

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

УДК 631.371-621.31

ПОГОДЖЕНО

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

Каплун В.В.

(підпис)

« _____ » 2021 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри
теплоенергетики

Антипов Є.О.

(підпис)

« _____ » 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Енергозабезпечення фермерського господарства "Агро-Вікторія"
Катеринопільського р-ну Черкаської обл. з використанням біогазу»

Спеціальність: 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

Жильцов А.В.

(підпис)

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

К.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Міщенко А.В.

(підпис)

(ПІБ)

Виконав

Зайченко Є.О.

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
теплоенергетики

к.т.н., доц.

Антипов Є.О.

(підпис)

2021 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Зайченку Євгену Олександровичу

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи роботи: Енергозабезпечення фермерського господарства "Агро-Вікторія" Катеринопільського р-ну Черкаської обл. з використанням біогазу

затверджена наказом ректора НУБІП України від 1.02.2021 № 175

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15/11/2021

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

«Правила улаштування електроустановок»; «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

Вступ

1. Виробничо-господарська характеристика фермерського господарства
2. Теплозабезпечення і вентиляція тваринницьких приміщень
3. Електрифікація технологічних процесів
4. Проектування системи електропостачання
5. Біогазова установка
6. Охорона праці

Література

Дата видачі завдання 02.02.2021 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Міщенко А.В.

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Зайченко Є.О.

(ПІБ)

Перелік умовних позначень, символів	5
Вступ	6
1. Характеристика господарства	10
2. Розрахунок теплової потужності та вибір опалювально-вентиляційного устаткування	14
2.1. Норми проектування тваринницьких приміщень	14
2.2. Тепловий баланс телятника для холодного періоду	16
2.3. Теплові надходження до тваринницького приміщення	17
2.4. Теплові втрати тваринницького приміщення	19
3. Електрифікація технологічних процесів	25
3.1. Розрахунок і вибір електроприводу вентиляторних установок	26
3.2. Короткий опис функціональної і кінематичної схеми вентиляторної установки	27
3.3. Розрахунок навантажувальної діаграми і механічної характеристики робочої машини. Визначення режиму роботи двигуна	28
3.4. Попередній вибір двигуна за потужністю та частотою обертання	33
3.5. Вибір електродвигуна за електричними модифікаціями, конструктивним виконанням, кліматичним виконанням, ступенем захисту від дії оточуючого середовища	35
3.6. Визначення зведеного до вала двигуна моменту інерції привода і порівняння його з гранично допустимим для вибраного двигуна	36
3.7. Розрахунок і побудова механічної характеристики і навантажувальної діаграми електродвигуна	36
3.8. Перевірка вибраного електродвигуна за тепловим режимом	39
3.9. Визначення тривалості пуску двигуна	41
3.10. Перевірка вибраного електродвигуна за тепловим режимом пуску	42
3.11. Перевірка вибраного електродвигуна на перевантажувальну здатність	43

3.12. Визначення повної, активної і реактивної потужності, споживаної електродвигуном з електричної мережі	44
3.13. Розробка схеми керування електроприводом установки, опис роботи схеми	44
3.14. Вибір апаратів керування і захисту, інших елементів схеми автоматичного керування, а також електропроводок	47
4. Електропостачання тваринницької ферми	49
4.1. Визначення розрахункових навантажень	49
4.2. Розрахунок повітряної лінії 0,38 кВ.	52
4.3. Робота апаратури захисту в аномальних режимах	55
5. Проектування біогазової установки	60
5.1. Біогаз та перспективи його використання для енергопостачання сільського господарства	60
5.2 Розрахунок біогазової установки	71
5.2.1. Визначення маси біосубстрату	71
5.2.2. Визначення об'єму товарного біогазу	73
5.3. Розрахунок метантенка	74
5.4. Техніко-економічна ефективність біогазової установки	81
6. Охорона праці	83
6.1. Аналіз стану охорони праці в господарстві	86
6.2. Безпечність об'єктів проектування	87
6.3. Заходи щодо забезпечення належних умов праці	89
6.4. Розрахунок потреби та вибір захисних засобів	90
6.5 Вибір і розрахунок елементів заземлюючого пристрою ТП	91
6.6. Блискавкозахист виробничих приміщень	99
6.7. Система протипожежного захисту	100
Висновки	102
Список використаної літератури	103

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ,

НУБІП України

$Q_{\text{ов}}$ – річні витрати тепла на опалення;

$Q_{\text{гв}}$ – річні витрати тепла на гаряче водопостачання;

$Q_{\text{від}}$ – річний відпуск тепла споживачам;

НУБІП України

$Q_{\text{в}}$ – річні витрати тепла;

Q_{max} і $Q_{\text{г}}$ – значення максимальних і поточних витрат теплоносія;

T – річне число годин використання встановленої потужності;

$C_{\text{п}}$ і $C_{\text{е}}$ – річна вартість палива та електроенергії;

$C_{\text{пн}}$ – вартість монтажу і пуско-налагодження;

НУБІП України

$C_{\text{а}}$ – амортизаційні відрахування;

$C_{\text{зк}}$ – загальнокотлові та інші витрати

АВ – автоматичний вимикач;

МП – магнітний пускач;

НУБІП України

ІТП – індивідуальний тепловий пункт

АСК – автоматизована система керування

КТП – комплектна трансформаторна підстанція

~ – змінний струм;

= – постійний струм;

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Джерел енергії на Землі існує багато, але, судячи по тому, як швидко ростуть ціни на енергоресурси, їх все одно не вистачає. Поряд з уже відомими альтернативними джерелами енергії, кожна країна намагається знайти такі, що є для неї перспективними.

Наприклад, в Японії розпочато розробку родовищ переохолодженого метану з дна океану. Світові запаси газового концентрату майже у 80 тисяч разів більші від запасів природного газу. Саме така енергія і може врятувати США [28].

Німецькі вчені пропонують різновид нової енергетики – без вуглецю і кисню. А саме: отримувати енергію не тільки традиційним чином, спалюючи у кисні вуглець, а й при взаємодії інших елементів: кремнію і азоту.

Солома, як альтернативний енергоносіє, є одним із видів нетрадиційного палива, які широко використовуються у Франції.

Найдешевшими поновлювальними джерелами енергії на сьогодні є вітроагрегати. Найрозвинутішою вітровою країною в Європі вважається Данія. Саме там минулого десятиріччя було встановлено більше половини усіх вітроагрегатів у Європі. За нею йде Німеччина та Голландія.

Але особливе місце у світовій енергетиці займає сонячна енергія, тому, що:

- доступна в кожній точці нашої планети, а значить приваблива для всіх країн, відповідаючи їх інтересам в напрямку енергетичної незалежності;
- є екологічно чистим джерелом енергії, що дозволяє використовувати його без негативного впливу на довкілля;

- є практично невичерпною.

Адже, загальна потужність сонячної радіації, що захоплюється нашою планетою приблизно в 500 разів перевищує граничні потреби людства. І лише 0,02% від цієї енергії підтримує життя на нашій планеті [26].

НУБІП УКРАЇНИ

За інформацією Міжнародного енергетичного агентства, сьогодні в світі 18% енергії виробляється за рахунок поновлюваних джерел енергії. Причому, за прогнозами, до 2020 року це число досягне 23%, до 2030-го – 25%.

Розвиток поновлюваної енергетики підтримується на законодавчому рівні в 80 країнах світу. Більш того – існують так звані «обов'язкові цілі» Євросоюзу, що передбачають, що до 2020 року в середньому 20% енергії, виробленої в Європі, матиме поновлювані джерела [27].

Перспективними напрямками розвитку альтернативних джерел енергії в Україні є:

1. Вітроенергетика. Економічно виправданим будівництво вітроелектростанцій буде лише тоді, коли середньорічна швидкість вітру у даному районі складає не менше 6 м/с. У нашій країні такі вітрові електростанції можна будувати на узбережжях Чорного і Азовського морів, у горах Криму і Карпат, а також у степових районах. Вітрові агрегати в Україні не новина. Вони були широко розповсюджені до другої світової війни, щоправда їх потужність не перевищувала кількох кіловат. Тоді річне виробництво вітроагрегатів Херсонського заводу сільськогосподарської техніки потужністю до 5 кіловат сягало 2 тисяч на рік. А по всій Україні працювало близько 6000 вітроагрегатів, які за окремим винятком були зруйновані. Сьогодні на українських підприємствах щомісяця випускається 10 турбін, сертифікованих Держкомстатом України. В експлуатації знаходиться Донузлавська, Сакська, Новосазовська та Трускавецька вітрові електростанції. При теперішніх високих цінах на енергоносії, можна вважати що вітрові двигуни будуть конкурентоздатними по вартості і зможуть частково задовольняти енергетичні потреби [28].

2. Біоенергетика. Перспективним в цій галузі є впровадження котлів, що працюють на біомасі (дрова, солома, тирса, пагони лози). Це дозволить замінити природний газ з низькими інвестиційними затратами. Переваги: зменшення залежності від імпортованих енергетичних ресурсів, підтримка сільськогосподарського сектора, шляхом створення нових робочих місць та нових

джерел доходів, зменшення шкідливого впливу на екологію. В нашій країні котли на твердому паливі частіше застосовуються в районах з низьким рівнем газифікації. Твердопаливні котли розрізняються за типом горіння. В одних відбувається пряме спалювання. В інших – паливо тліє за рахунок меншої подачі кисню, а згоряє вже сам газ, що виділяється під час горіння деревини. Їх ще називають піролізними або газогенераторними [29]. Газогенераторні котли є відносно новими на сучасному ринку опалювального обладнання. Головною перевагою цих котлів є у більш високий ККД. Основною відмінністю таких котлів є те, що в них горять не тільки самі дрова, але і деревний газ, що виділяється з них під впливом високої температури. Під час такого спалювання не утворюється сажа і з'являється мінімальна кількість попелу. До недоліків можна віднести необхідність електроживлення і більш високу в порівнянні з традиційними твердопаливними котлами ціну.

3. Використання біопалива. Біодизель – тип біопалива, виготовленого з біологічної сировини (наприклад рослинної олії). Використовується в якості заміника звичайного дизельного палива виготовленого з нафти. Звичайні, не модифіковані, дизельні двигуни можуть працювати на біодизелі. Сировиною для виготовлення біопалива в Україні може бути ріпак. Сприятливі умови для розширення посівних площ ріпаку мають господарства майже всіх областей України.

Проте, залучення геотермального потенціалу стримується відсутністю фінансування та конкретних розроблених схемних рішень.

6. Мала гідроенергетика. Гідропотенціал малих річок України, який орієнтовно складає 4,0 млрд кВт год. Фактично малі ГЕС виробляють до 350 млн кВт год. електроенергії, що становить лише 10% від потенціалу. На сьогодні в Україні збереглося понад 170 малих ГЕС,

7. Сонячна енергія. Серед відомих джерел енергії Сонце належить до так званих «поновлених енергетичних ресурсів» нашої планети, тобто цей вид енергії є практично невичерпним, на відміну від усіх традиційних джерел. Сонячне світло не

має потреби у видобутку і транспортуванні, він невагомий, безшумний, нешкідливий, а його утилізація не утворює прямих відходів і не порушує теплової рівноваги планети.

Такі властивості сонячної енергії роблять її унікальним «кандидатом» на головну роль енергетичної стратегії нового тисячоліття. Використовуючи енергію

Сонця, можна заощадити до 90% традиційного палива, необхідного для нагрівання гарячої води, і до 50% – для опалення.

На території України енергія сонячної радіації за один середньорічний світловий день складає в середньому 4 кВт за годину на 1 м² (у літні дні – до 6 – 6,5

кВт на годину) тобто близько 1,5 тисячі кВт на годину за рік на кожен квадратний метр. Це приблизно стільки ж, скільки в середній Європі, де використання сонячної

енергії носить досить широкий характер. Це дає підставу вважати, що на Україні існують всі необхідні та достатні умови для широкомасштабного впровадження

геліоенергетики та сонячних колекторів для виробництва теплової енергії в народному господарстві [26]. Використання сонячних колекторів дозволяє

економити на приготуванні гарячої води в середньому до 60–70% за рік і на опалюванні до 30% за рік з врахуванням зростання цін на енергоносії.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА

Фермерське господарство «Агро-Вікторія» обробляє 1200 га земель поблизу с.м.т. Катеринопіль. В господарстві вирощують кукурудзу, сою, горох, озимий ріпак, а також різні зернові культури: озиму пшеницю, ярий і озимий ячмінь, овес, просо й гречку. Тваринницький підрозділ налічує 450 голів ВРХ, тож частину земель тут використовують для вирощування конюшини на сінаж.

Ураховуючи, що в господарстві здебільшого чорноземи (тільки невелика частка піщаних), для сівби озимих культур (ріпаку, пшениці та ячменю) потрібен агрегат, що працював би в жорстких умовах.

Зазвичай у другій половині літа й на початку осені спостерігається тотальний дефіцит вологи, через що висів будь-якої культури ускладнюється. Перший обробіток ґрунту після попередників досить часто провокує швидке випаровування вологи з посівного горизонту, й будь-які подальші спроби успішно провести сівбу в більшості випадків невдалі. Тому потрібно сіяти практично відразу за комбайном, і для цього найкращим виявився посівний комплекс Contrast-Solitaire 9 із шириною захвату 4 м.

Минулого року було проведено кілька експериментів з отримання двох урожаїв за сезон, і вони дали цікаві результати. Після ріпаку посіяли просо та соняшник. Перша культура дала 4 т/га, що за ціни 15 тис. гривень принесло чималий прибуток. Соняшник виріс невисоким, але кошики були неочікувано великими. Незважаючи на труднощі з пізнім збиранням (за умов високої вологості — до 40%), експеримент довів, що другий урожай встигає дозріти. І що найголовніше — керівництво господарства переконалося, що посівний комплекс Contrast-Solitaire 9 забезпечує нормальні умови для сходів різних культур, висіяних навіть за несприятливих умов.

Ґрунтово-кліматичні умови сприяють вирощуванню високих врожаїв сільськогосподарських культур, районованих в даній зоні.

Територія господарства має неоднорідний горбистий рельєф. Клімат помірно-континентальний. Найбільш поширені ґрунти господарства: чорноземи типові, мало гумусні середньо суглинкові, дерново-підзолисті, осушені глинисто-піщані.

Особлива увага в ФГ приділяється електрифікації виробничих процесів. Вона створена для забезпечення безперервної роботи інших галузей, підвищення продуктивності праці та зниження собівартості продукції шляхом електрифікації та автоматизації виробничих процесів.

Для обслуговування електроустановок та електрообладнання в господарстві наявна електротехнічна служба, яку очолює технік – електрик.

До її складу входять також два електромонтери. Вони забезпечують експлуатацію і ремонт внутрішніх електропроводок, електрообладнання та електроустановок.

В господарстві експлуатується близько 80 електродвигунів, обладнаних магнітними пускачами та автоматичними вимикачами. Є електроводонагрівачі, кормороздавачі, гноєприбиральні транспортери, вентиляційні та освітлювальні установки.

Відповідальність за все електроустаткування несе технік-електрик. В його обов'язки також входить підтримання електрообладнання в справному стані. Лінії електропередач та трансформаторну підстанцію, що знаходиться на території господарства, обслуговують районні відділки РЕМ.

В господарстві застосовують стійлово-пасовищну систему утримання ВРХ. Тобто взимку тварин утримують в приміщеннях, а влітку їх випасають на пасовищі, що знаходиться неподалік від ферми.

Тварин в приміщенні утримують прив'язним способом. Це дає можливість нормувати годівлю, роздавати корми, спостерігати за станом здоров'я. Але цей вид утримання потребує повного забезпечення тварин, позбавлених можливості вільного пересування, усім необхідним на місці постійного перебування, тобто в стійлі.

Прив'язне утримання не дає можливості створити для тварин нормальний повітряно-світловий режим. Цьому сприяє недосконала конструкція будівлі, відсутність штучної вентиляції зумовлюють у телятнику підвищену вологість, а повітря містить більше від норми вуглекислоти та аміаку.

Тварини мало піддаються ультрафіолетовому опроміненню, під дією якого в організмі утворюється вітамін D, що бере участь у регулюванні мінерального обміну.

Прив'язне утримання потребує значно більших затрат праці на роздавання кормів, доїння, прибирання гною.

В тваринництві застосовують однозмінну організацію праці. Телят доглядають шість осіб які протягом дня мають дві перерви.

На госпдворі є такі приміщення: телятник, кормосховище, кормоцех, склади підстилки, ветеринарна будівля та інше.

Тварин утримують прив'язним способом. Для цього стійло обладнують годівницею, прив'яззю, напувалкою, системами прибирання гною.

Приміщення де утримуються тварини обладнане також системою освітлення. В темну пору доби територія госпдвору та виробничі приміщення освітлюються LED, люмінесцентними лампами розжарювання які знаходяться в світильниках.

Прибирання гною здійснюється горизонтальними скребковими транспортерами, а похилими транспортерами видаляється з приміщення на причіп трактора.

Роздачу кормів проводять кормороздавачем. Приготовані в кормоцеху корми і роздають в годівниці.

Водопостачання здійснюється від баштової в'єлки. Джерело водопостачання – артезіанська свердловина.

Електропривод в тваринницьких приміщеннях як і в більшості інших процесів сільськогосподарського виробництва працює в середовищі, параметри якого значно відхиляються від встановлених норм для електродвигунів і апаратури управління. До таких параметрів відносяться: підвищена вологість повітря, концентрація

вуглекислого газу, аміаку, сірководню при значних коливаннях температури.

Сукупність дій цих факторів викликає зволоженість і поступове руйнування ізоляцій.

Бологе повітряне середовище, яке містить агресивні гази, викликає корозію електричних контактів і конструктивних елементів електричних машин та апаратів.

Внаслідок цього збільшується перехідний опір контактів, підвищується їх нагрів, що сприяє ще більшій корозії і порушенню електричних контактів.

Внаслідок цього термін служби електрообладнання скорочується в декілька раз. Тому в процесі дипломного проектування я вибиратиму електрообладнання та електроустаткування сільськогосподарського призначення.

Частина процесів, що відбуваються в телятнику, є автоматизованими, а частина електрифікованими. До автоматизованих робіт належать часткове годування, водопостачання. Електрифікованими є процеси прибирання гною та освітлення.

Напування телят здійснюється за допомогою жолобкових напувалок, до яких підводиться вода через систему трубопроводів. Роздача кормів відбувається кормороздавачем типу РВК-Ф-74.

Суттєвим недоліком в схемах керування є те, що не використовуються пристрої захисту електродвигунів від ненормальних та аварійних режимів. В більшості випадків керування двигуном здійснюється тільки кнопковим постом та магнітним пускачем, без використання пристроїв захисту.

НУБІП України

НУБІП України

2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ ТА ВИБІР ОПАЛЮВАЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО УСТАТКУВАННЯ

2.1. Норми проектування тваринницьких приміщень

Максимальну потужність систем опалення та вентиляції телятника визначають розрахунками повітрообміну та теплового балансу приміщення ферми для холодного періоду року в залежності від нормативних параметрів зовнішнього та внутрішнього повітря, кількості теплоти, вуглекислого газу, водяної пари, які виділяють тварини.

Згідно норм проектування систем опалення [9], місце розташування фермерського господарства відноситься до кліматичної зони, параметри зовнішнього повітря якої наведені в таблиці 2.1.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря приймаємо згідно діючих нормативів [9]:

при проектуванні опалення – параметри Б;

при проектуванні вентиляції:

- для холодного періоду – параметри Б – в будівлях для крупного рогатого скоту і телят для районів з температурою найбільш холодних 5-ти діб нижче 10°C ; в цих будівлях, які проектуються для інших кліматичних районів – параметри

А:

- для теплого періоду – параметри А;

- для перехідного періоду:

- температура повітря 10°C ;

- відносна вологість 70 %.

Розрахункові параметри всередині приміщення, тепло, волого та газовиділення тварин приймаються згідно норм технологічного проектування тваринницьких ферм [9]. Відхилення від розрахункових температур допускається в границях $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря при проектуванні систем опалення та вентиляції будівель для Черкаської області [9]

Таблиця 2.1. Кліматичні параметри регіону розташування господарства

Найменування параметру	Період року	
	теплий	холодний
Географічна широта, град. с. ш.	50	
Барометричний тиск, мм.рт.ст.	745	
Зона клімату	нормальна	
Тривалість опалювального періоду, доба	187	
Середня температура за опалювальний період, °С	-1,1	
Параметр А:		
– температура, °С	23,7	-10
– теплоємність, кДж/кг	53,6	-6,7
– швидкість вітру, м/с	1,0	5,3
Параметр Б:		
– температура, °С	28,7	-22
– теплоємність, кДж/кг	56,1	-20,7
– швидкість вітру, м/с	1,0	4,2

Приміщення для утримання телят повинні бути обладнані вентиляцією, яка забезпечує такі норми (мінімальні) повітрообміну (на 1 центнер маси тварин) [9]:

– в холодний період року:

▪ для дорослих тварин – 15 м³/год;

▪ для телят – 18 м³/год;

– в теплий період року:

▪ для дорослих тварин – 70 м³/год;

▪ для телят – 100 м³/год;

Нормативні значення температури та відносної вологості внутрішнього повітря виробничих приміщень для утримання телят наведені в таблиці 2.2, а нормативні значення шкідливих виділень деякими групами телят – в таблиці 2.3.

Необхідні параметри внутрішнього повітря повинні бути забезпечені в робочій зоні утримання тварин, висоту якої для телят приймають на рівні 1,5 м.

Нормативні параметри мікроклімату в таблицях 2.2- 2.3 наведені для холодного та перехідного періодів року (при температурі зовнішнього повітря нижче +10 °С). В теплий період року (+10 °С і вище) температура повітря всередині ферми не повинна більш ніж на 5 °С перевищувати розрахункову літню температуру зовнішнього повітря для проектування вентиляції.

Відносну вологість повітря в приміщеннях утримання телят дозволяється знижувати до мінімального значення 40%; при цьому повинні бути забезпечені всі інші нормативні параметри внутрішнього повітря.

2.2. Тепловий баланс телятника для холодного періоду

Розрахунок потужності системи тепло споживання ферми ведеться для повітряної системи опалення, яка сумісна в холодний період року з системою примусової припливної вентиляції.

Вихідні дані для розрахунку потужності систем опалення та вентиляції тваринницької ферми:

- тип тваринницької ферми – ВРХ;
- тип системи опалення – повітряна, яка сумісна з припливною вентиляцією;
- технічні параметри будівлі ферми:
 - робочий об'єм ферми – 2612 м³;
 - площа поверхні – 816 м²;
 - висота стелі – 3,2 м;
- розрахункові параметри зовнішнього повітря:
 - температура $t_o = -22$ °С;
 - відносна вологість $\phi_o = 70\%$;
- розрахункові параметри внутрішнього повітря:
 - температура $t_i = 15$ °С;

– відносна вологість $\phi_v = 60\%$.

Теплову потужність системи опалення Q_o , кВт, визначимо з рівняння теплового балансу приміщення ферми для холодного періоду року

$$Q_o = Q_{т.втр} + Q_v + Q_{вип} + Q_{инф} - Q_{тв} - Q_{осв}, \quad (2.1)$$

де $Q_{т.втр}$, кВт – теплові втрати приміщення через огорожувальні будівельні конструкції;

Q_v , кВт – тепловий потік, який витрачається на підігрів припливного повітря;

$Q_{вип}$, кВт – тепловий потік на випаровування вологи з відкритих та змочених поверхонь;

$Q_{инф}$, кВт – тепловий потік на підігрів інфільтрованого повітря;

$Q_{тв}$, кВт – тепловий потік, який виділяється тваринами;

$Q_{осв}$, кВт – тепловий потік від електроосвітлення;

2.3. Теплові надходження до тваринницького приміщення.

2.3.1 Теплові надходження від тварин $Q_{тв}$, кВт, в холодний період року

обумовлені вільними тепловиділеннями і визначаються за формулою

$$Q_{тв} = K_t' \cdot q \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (2.2)$$

де K_t' – температурний коефіцієнт вільних тепловиділень; при

$t_v = 15^\circ\text{C}$ $K_t' = 0,90 [9]$;

q , Вт – тепловий потік вільних тепловиділень однією твариною; згідно даних таблиці 2.3 $q = 530$ Вт;

n – кількість голів; $n = 175$.

$$Q_{тв} = 0,90 \cdot 530 \cdot 175 \cdot 10^{-3} = 83,4 \text{ кВт.}$$

2.3.2 Теплові надходження від електроосвітлення $Q_{осв}$, кВт, приймаємо згідно розрахунків системи електроосвітлення приміщень.

$$Q_{осв} = 8,925 \text{ кВт}$$

Таблиця 2.2. Розрахункові параметри внутрішнього повітря в приміщеннях ВРХ

Групи тварин	Спосіб утримання	$t_{в}$, °C	$\phi_{в}$, %
Корови, телята старші року, бики	В стійлах, боксах, групових клітинах	10	40...75
Телята віком 6...12 місяців	В боксах, групових клітинах	12	40...75
Телята до 6 місяців	В боксах, групових клітинах	15	40...75
Корови дійні	Прив'язний	12	40...75

Таблиця 2.3. Виділення теплоти, вологи та вуглекислого газу тваринами [9]

Група тварин	Маса, кг	Тепловий потік тепловиділень, Вт		Волого виділення, т/год	Виділення CO_2 , л/год	
		повні	вільні			
Корови при рівні лактації:	■ 5 л/добу	400	614	442	253	82
		500	709	511	292	104
		600	797	574	326	128
	■ 10 л/добу	400	643	463	265	87
		500	736	530	303	110
		600	822	592	338	134
■ 15 л/добу	400	716	515	296	92	
	500	816	587	336	116	
	600	905	651	373	139	

2.4. Теплові втрати тваринницького приміщення

2.4/1 Теплова потужність системи опалення на підгрів вентиляційного повітря

$Q_{\text{в}}$, Вт, визначається за формулою

$$Q_{\text{в}} = 0,28 \cdot c_p \cdot \rho \cdot L_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t_{\text{о}}), \quad (2.3)$$

де c_p , кДж/(кг·К) – питома ізобарна теплоємність повітря; $c_p = 1,0$ кДж/(кг·К)

ρ , кг/м³ – густина внутрішнього повітря;

L , м³/год – витрати вентиляційного повітря;

$t_{\text{в}}$, $t_{\text{о}}$, °С – розрахункові температури припливного (підігрітого) та зовнішнього повітря.

Визначимо кількість вентиляційного повітря, яке потрібне для видалення шкідливих речовин, що надходять в приміщення ферми від тварин.

Вологовиділення тваринами $W_{\text{тв}}$, г/год, розраховується за формулою

$$W_{\text{тв}} = K_t'' \cdot W_{\text{тв}} \quad (2.4)$$

де K_t'' – температурний коефіцієнт волого виділень; при $t_{\text{в}} = 12$

°С $K_t'' = 1,26$ [9];

W , г/год – волого виділення однією твариною; $W = 303$ г/год

[9];

Для проектує мої ферми маємо;

$$W_{\text{тв}} = 1,26 \cdot 303 \cdot 175 \cdot 10^{-3} = 66,8 \text{ кг/год.}$$

Кількість вуглекислого газу V_{CO_2} л/год, яке виділяється тваринами,

визначається таким чином;

$$V_{\text{CO}_2} = K_t''' \cdot V_{\text{CO}_2} \cdot n, \quad (2.5)$$

де K_t''' – температурний коефіцієнт виділень вуглекислого газу; $K_t'' = 1,10$ [9];
 V_{CO_2}' л/ГОД – кількість вуглекислого газу, яке виділяється однією твариною; $V_{CO_2}' = 110$ л/год [9];

Для вихідних даних маємо
 $V_{CO_2} = 1,10 \cdot 110 \cdot 175 = 21175$ л/ГОД
Витрати вентиляційного повітря L_B , м³/ГОД, визначаємо за умови видалення з приміщення;

де W – водяної пари
 $L_B = \frac{W}{\rho \cdot (d_B - d_0)}$, (2.6)

де W , г/ГОД – сумарні волого виділення всередині приміщення;
 ρ , кг/м³ – густина внутрішнього повітря, $\rho = 1,2$ кг/м³;
 d_B, d_0 , г/(кг с.п.) – вологовміст внутрішнього та зовнішнього повітря.

Сумарні волого виділення в приміщенні W , г/ГОД, визначаються за формулою
 $W = W_{TB} + W_{M.P.}$, (2.7)
де $W_{M.P.}$, г/ГОД – волого виділення всередині приміщення з відкритих та змочених поверхонь; допускається приймати $W_{M.P.} = 1,1 \cdot W_{TB}$

Тоді
 $W = 1,1 \cdot W_{TB} = 84$ кг/ГОД.
Вологовміст внутрішнього d_B та зовнішнього d_0 повітря визначаємо за h – d

діаграмою вологого повітря:
 $d_B = 5$ г/(кг с.п.);

$$d_0 = 0,5 \text{ г/(кг с.п.)}$$

Витрати вентиляційного повітря, які потрібні для видалення з приміщення водяної пари дорівнюють

$$L_o = \frac{84000}{1,2 \cdot (5 - 0,5)} = 15556 \text{ м}^3/\text{год};$$

— вуглекислого газу

$$L_b = \frac{V_{CO_2}}{C_{гр} - C_o}, \quad (2.8)$$

де $C_{гр}$, л/м³ — гранично допустима концентрація вуглекислого газу всередині приміщення; згідно [9] $C_{гр}$ можна прийняти $C_{гр} = 2$ л/м³;

C_o , л/м³ — концентрація вуглекислого газу в зовнішньому (припливному) повітрі; приймаємо $C_o = 0,3$ л/м³ [9].

$$L_e = \frac{21175}{2 - 0,3} = 12453 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Витрати вентиляційного повітря згідно норми мінімального повітрообміну розраховуються за формулою:

$$L_b = l \cdot m, \quad (2.9)$$

де l , м³/год — норми мінімального повітрообміну на 1 ц маси тварин; для холодного періоду в комплексах ВРХ $l = 15$ м³/год;

m , ц — маса тварин; $m = 200$ ц.

Згідно норми мінімального повітрообміну необхідні витрати вентиляційного повітря дорівнюють:

$$L_e = 18750 \text{ м}^3/\text{год}.$$

З трьох розрахованих величин витрати вентиляційного повітря приймаємо

найбільшу:

НУБІП України
 $L_v = 18750 \text{ м}^3/\text{год.}$

За формулою (2.3) визначимо теплову потужність системи на підігрів

вентиляційного повітря:

НУБІП України
 $Q_v = 176932 \text{ Вт} \approx 176,932 \text{ кВт}$

2.4.2 Теплові втрати системи опалення на випаровування вологи з відкритих та

змочених поверхонь в робочому приміщенні $Q_{\text{вип}}$, кВт, визначається за формулою:

НУБІП України
 $Q_{\text{вип}} = 0,69 \cdot W_{\text{м.п.}}$ (2.10)

Для умов проекту:

НУБІП України
 $Q_{\text{вип}} = 57,96 \text{ кВт}$

2.4.3 Теплові втрати через огороджувальні конструкції розрахуємо за таких технічних характеристик будівлі ферми телятника:

– габарити технологічного приміщення ферми (за зовнішніми замірами):

НУБІП України
 $51,0 \times 16,0 \text{ м}^2$
 – об'єм приміщень для утримання тварин: 2612 м^3

Теплові втрати будівлі ферми $Q_{\text{т.втр.}}$, кВт, розраховуються за укрупненими

показниками за формулою:

НУБІП України
 $Q_{\text{т.втр.}} = q_{\text{ов}} \cdot V \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{о}}) \cdot 10^{-3}$ (2.11)

де $q_{\text{ов}}$, Вт/($\text{м}^3 \cdot \text{К}$) – питома опалювальна характеристика будівлі; для вихідних

умов проектування, згідно [9], $q_{\text{ов}} = 1,06 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$.

НУБІП України

$$Q_{m.втр.} = 1,06 \cdot 2612 \cdot (15 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 102,442 \text{ кВт.}$$

2.4.4 Теплові втрати будівлі на підгрів інфільтрованого повітря $Q_{інф.}$ кВт, в нормах проектування тваринницьких комплексів [9] рекомендується приймати на рівні 30% від теплових втрат через огорожувальні конструкції:

$$Q_{інф.} = 0,30 \cdot Q_{т.втр.} = 49,7 \text{ кВт.}$$

З рівняння теплового балансу будівлі ферми (2.1) для холодного періоду року при розрахункових параметрах внутрішнього та зовнішнього повітря визначаємо максимальну теплову потужність системи повітряного опалення, сумісної з системою вентиляції

$$Q_{ОВС}, \text{ кВт}$$

Таблиця 2.4. Теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій

Найменування та умовне позначення огорожувальної конструкції та її складові	Параметри		
	$\delta, \text{ м}$	$\lambda, \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$	$\delta_{\Sigma}, \text{ м}$
Зовнішня стіна (ЗС):			
– кладка в 2 цегли на важкому цементному розчині	0,510	0,810	0,525
– внутрішня штукатурка	0,015	0,930	
Перекрыття (СТ):			
– залізобетонна плита	0,035	1,630	0,200
– настил з дощок	0,025	0,170	
– пароізоляція з рубероїду	0,0015	0,170	
– утеплювач – мінеральна вата	0,140	0,070	
Підлога (ПЛ):			
– плита керамзитобетонна	0,150	0,350	0,350
Вікно у дерев'яній коробці (ВП):			
– подвійне зашклення	0,050		0,050

Таблиця 2.5. Розрахункові теплові втрати через огорожувальні конструкції:

№	Позначення конструкції	R_0 , ($m^2 \cdot K$)/Вт	n	N	$Q_{\text{од.конт.}}$, %		$Q_{\text{од.конт.}}$, кВт
					вітер	напрям	
1	ЗС	0,804	1,0	1	5	0	5,275
2	ЗС	0,804	1,0	1	5	10	5,777
3	СТ	2,43	0,9	1	-	-	10,545
4	Двері (Д)	0,5	1,0	2	0	0	1,265
5	ВП	0,345	1,0	12	5	5	2,269
6	ПЛ: - I зона	2,580	1,0	1	-	-	3,861
	- II зона	4,730					
	- III зона	9,030					
ВСЬОГО:							28,993

$$Q_{\text{овс}} = 345,932 \text{ кВт.}$$

3. ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Широке і всебічне використання електричної енергії в сільському господарстві є однією з умов стійкого розвитку сільськогосподарського розвитку.

Нинішній етап розвитку електрифікації сільського господарства характеризується переходом до комплексної електрифікації.

Комплексна електрифікація – це вища, економічно ефективніша і раціональна стадія електрифікації виробничих процесів. Вона передбачає гармонійне поєднання прогресивної машинної технології виробництва, автоматизованої системи електрифікованих машин, раціональної організації праці і виробництва при всебічному використанні електроенергії, що забезпечує значне зростання продуктивності праці, збільшення кількості та підвищення якості сільськогосподарської продукції.

При комплексній електрифікації широко використовують електричний привод, електронагрівальні установки електричне освітлення й опромінення, електротехнологічні установки різних видів та призначення.

Електрифікація сільськогосподарського виробництва створила умови для розвитку автоматизації технологічних процесів. Автоматизація є найвищим етапом розвитку машинної техніки. Відомо, що автоматизація дає можливість в 1,5...2 рази зменшити трудомісткість продукції, істотно поліпшити умови праці сільських працівників, зекономити до 20% електроенергії. Широке застосування засобів і систем автоматизації в майбутньому сприятиме докорінному удосконаленню технологій і техніки сільського господарства, зменшенню трудо- і енерговитрат на одиницю продукції.

Технологічне обладнання для корівника вибираємо виходячи з того, щоб всі технологічні процеси догляду за тваринами були механізовані і автоматизовані.

Корми для годування тварин приготуються в кормоцеху, розміщеному в окремому приміщенні. Роздача корму проводиться за допомогою кормороздавачів ТВК – 80А.

Прибирання гною відбувається за допомогою двох скребкових транспортерів для прибирання і видалення гною ТСН – 160.

Витяжна вентиляція виконана осьбовими вентиляторами. Нагрівання води в корівнику проводиться водонагрівачем САОС – 400.

3.1. Розрахунок і вибір електроприводу вентиляторних установок

Визначаємо кількість повітря, яку потрібно поміняти у приміщенні протягом години.

$$L_p = U \cdot L_n, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.1)$$

де, U – сумарна маса тварин, що знаходяться у приміщенні, кг;

L_n – норма повітрообміну на 1 кг маси тварин за годину, $\text{м}^3/\text{год}$.

Так, в нашому випадку тварини будуть влітку знаходитись на вигульних майданчиках, то норму повітрообміну приймаємо для перехідного періоду $L_n = 0,25 \text{ м}^3/\text{год}$

$$L_p = 215 \cdot 500 \cdot 0,25 = 26875 \text{ м}^3/\text{год};$$

3.2. Короткий опис функціональної і кінематичної схеми

вентиляторної установки

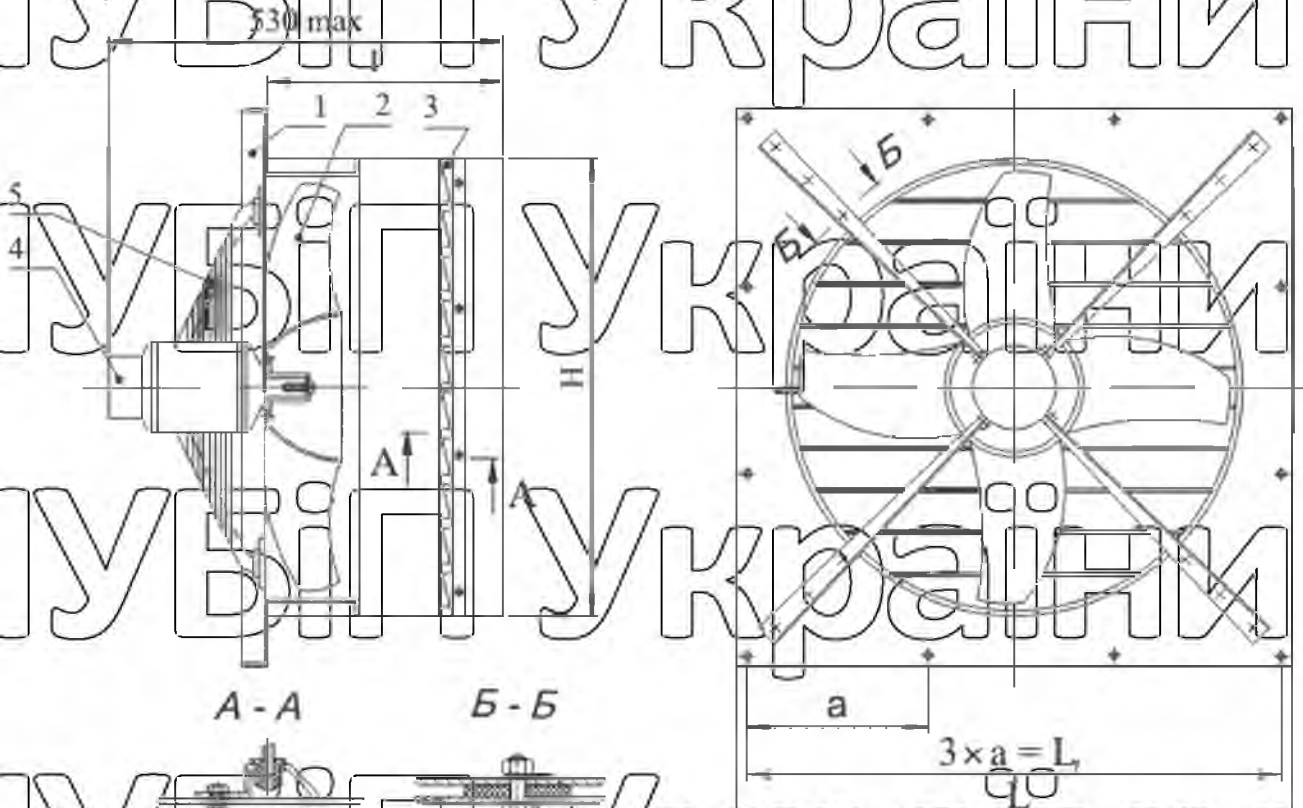


Рис. 3.1. Сьвовий вентилятор ВО-Ф-5.6 1 – корпус; 2 – робоче колесо, 3 – доіатка жалюзі; 4 – електродвигун; 5 – огорожуючи решітка.

Вентилятори цієї серії призначені для вентиляції великих сільськогосподарських і виробничих приміщень. Квадратний корпус призначений для монтажу в стіні або віконні прорізи. Дані вентилятори виготовляються з оцинкованої сталі.

У комплектацію вентиляторів входять гравітаційні жалюзі. Застосування спеціального двигуна з підвищеним ступенем ковзання забезпечує можливість глибокого регулювання частоти обертання робочого колеса тиристорними станціями керування. Разом з автоматичними станціями керування вентиляцією вентилятори можуть регулювати свою продуктивність у широких діапазонах, не допускаючи перевантаження електродвигуна.

3.3. Розрахунок навантажувальної діаграми і механічної характеристики робочої машини. Визначення режиму роботи двигуна

Технічні дані вентилятора ВО-Ф-5,6:

- подача $L = 3000 \text{ м}^3/\text{год} = 0,833 \text{ м}^3/\text{с}$;
- напір $P = 42 \text{ кг/м}^2 = 412 \text{ Па}$;
- частота обертання $n = 1370 \text{ об/хв.}$

Оскільки частота обертання $n = 1370 \text{ об/хв.}$, то необхідно вибрати двигун з синхронною частотою обертання $n_c = 1500 \text{ об/хв.}$

Режим роботи двигуна S1 – тривалий із сталим навантаженням.

Ступінь захисту електродвигуна від впливу навколишнього середовища IP54.

Потужність, яку споживає вентилятор визначаємо за формулою:

$$P_B = \frac{L \cdot \rho}{1000 \cdot \eta_B},$$

де P_B – потужність, споживана вентилятором, кВт;

L – подача вентилятора, $\text{м}^3/\text{с}$;

ρ – напір вентилятора, Па;

η_B – коефіцієнт корисної дії вентилятора, $\eta_B = 0,8$.

Звідси:

$$P_B = \frac{0,833 \cdot 412}{1000 \cdot 0,8} = 0,43 \text{ кВт},$$

Потужність електродвигуна для приводу вентилятора визначається за формулою:

$$P_{\text{дв.ном}} \geq \frac{k_{\text{зан}} \cdot P_B}{\eta_{\text{пер}}},$$

де $P_{\text{дв.ном}}$ – номінальна потужність двигуна, кВт;

$K_{зан}$ – коефіцієнт запасу, що залежить від типу і потужності електродвигуна,

$$K_{зан} = 1,5;$$

$\eta_{пер}$ – коефіцієнт корисної дії передачі, оскільки вал електродвигуна і вал вентилятора з'єднані жорстко, то $\eta_{пер} = 1$.

$$P_{дв.ном} \geq \frac{1,5 \cdot 0,43}{1} = 0,645 \text{ кВт.}$$

Вибираємо електродвигун загального промислового виконання з найближчою більшою номінальною потужністю – АИР 71В4. ТУ 16-51.649-85.

Паспортні дані електродвигуна:

$$P_{н.дв.} = 0,75 \text{ кВт};$$

$$I_n = 2,14 \text{ А};$$

$$\eta = 73 \%$$

$$n = 1350 \text{ об/хв.};$$

$$\frac{M_{пуск}}{M_H} = 2,2; \frac{M_{мин}}{M_H} = 1,6; \mu_K = \frac{M_{max}}{M_H} = 2,2; J_P = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Виконаємо перевірку обраного двигуна на відповідність робочій машині, тобто осьовому вентилятору ВО-Ф-5,6.

Використовуючи каталожні дані електродвигуна побудуємо його природну

механічну характеристику $M_{об} = f(n)$ за п'ятьма точками:

1 точка – неробочий хід: $M_1 = 0; S_1 = 0;$

2 точка – номінальний режим роботи: $M = M_H; S_1 = S_H.$

$$M_H = \frac{9550 \cdot P_{н.дв.}}{n_H},$$

де M_H – номінальний обертовий момент електродвигуна, Н·м;

P – номінальна потужність електродвигуна, кВт;

n – номінальна частота обертання електродвигуна, об/хв;

$$S_H = \frac{(n_c - n_H)}{n_c},$$

де S_H - номінальне ковзання електродвигуна;

n_c - синхронна частота обертання, об/хв.

Підставивши числові значення у формули і отримуємо:

$$M_H = \frac{9550 \cdot 0.75}{1350} = 5.31 (\text{Н} \cdot \text{м}),$$

$$S_H = \frac{(1500 - 1350)}{1500} = 0,01.$$

- 3 точка - точка максимального моменту $M_3 = M_{\max}$, $S_3 = S_{\max} = S_{KP}$,

$$M_{\max} = \mu_K \cdot M_H = 2.2 \cdot 5.31 = 11.682 (\text{Н} \cdot \text{м})$$

$$S_{KP} = \frac{S_H + \sqrt{S_H \cdot \frac{\mu_K - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{S_H \cdot \frac{\mu_K - 1}{\mu_1 - 1}}},$$

де $\mu_1 = \frac{M_{\max}}{M_{\text{пуск}}}$ визначається таким чином.

$$\mu_1 = \frac{M_{\max}}{M_{\text{пуск}}} = \frac{11,682}{11,682} = 1,$$

Оскільки $\mu_1 = 1$, то дана формула для розрахунку не підходить.

Знаходимо S_{KP} за довідковими даними.

Таким чином, $M_{\max} = 11,682 \text{ Н} \cdot \text{м}$; $S_{KP} = 0,55$.

- 4 точка - точка мінімального моменту $M_4 = M_{\min}$; $S_4 = 0,8$.

$$M_{\min} = 1.8 M_H,$$

$$M_{\min} = 1.8 \cdot 5.31 = 9.56 (\text{Н} \cdot \text{м})$$

- 5 точка - точка пускового моменту $M_5 = M_{\text{пуск}}$, $S_5 = 1$;

$$M_{\text{пуск}} = \mu_H M_H,$$

$$M_{\text{пуск}} = 2,2 \cdot 5,31 = 11,682 (\text{Н} \cdot \text{м})$$

Визначимо дані для побудови штучної механічної характеристики $M_{дв}^I = f(n)$ при зниженні напруги споживача на 5 % від номінальної. Згідно ГОСТ 13109-95 „Електрична енергія. Вимоги до якості електричної енергії в лініях загального призначення” використовуємо формулу:

$$M^I = (0,95)^2 M,$$

де M – відповідні значення моментів двигуна, Н м;

Отримуємо:

$$M_{ном}^I = (0,95)^2 * 5,31 = 4,79 \text{ (Н м)}$$

$$M_{max}^I = (0,95)^2 * 11,682 = 10,54 \text{ (Н м)}$$

$$M_{min}^I = (0,95)^2 * 9,56 = 8,63 \text{ (Н м)}$$

$$M_{пуск}^I = (0,95)^2 * 11,682 = 10,54 \text{ (Н м)}$$

Для другої штучної механічної характеристики $M_{дв}^{II} = f(n)$ визначають відхилення моментів:

$$\Delta M_{кр(max)} = -10\%; \Delta M_{min} = -20\%; \Delta M_{пуск} = -15\%.$$

Тоді:

$$M_{max}^{II} = 0,9 * M_{max} = 0,9 * 11,682 = 10,51 \text{ (Н м)}$$

$$M_{min}^{II} = 0,8 * M_{min} = 0,8 * 9,56 = 7,65 \text{ (Н м)}$$

$$M_{пуск}^{II} = 0,85 * M_{пуск} = 0,85 * 11,682 = 9,93 \text{ (Н м)}$$

$$M_{ном}^{II} = M_{ном} = 5,31 \text{ (Н м)}$$

Розрахункові дані для побудови механічних характеристик двигуна АИР71В4У3 зводимо до таблиці 1.

Таблиця 3.1 Розрахункові дані для побудови механічних характеристик двигуна АИР 71В4У3

S						Найменування характеристики
0	0,1	0,55	0,8	1		
M, Н м						Природна M=f(ω)
0	5,31	11,682	9,56	11,682		
M, Н м						Штучна, при ΔU = -5%
0	4,79	10,54	8,63	10,54		
M^{II}, Н м						Штучна, при відхиленні моментів ΔM
0	5,31	10,51	7,65	9,93		

Механічну характеристику робочої машини, в нашому випадку – вентилятора, будемо використовувати рівняння:

$$M_c = M_{поч} + (M_{с.ном} - M_{поч}) * (\omega / \omega_H)^x,$$

де M_c – момент статичних опорів вентилятора при частоті обертання ω , Н м;

$M_{поч}$ – момент статичних опорів тертя, Н м;

$M_{с.ном}$ – момент статичних опорів при номінальній частоті обертання вентилятора $\omega_{ном}$, Н м;

x – показник степеня, що характеризує групу машин. Для вентилятора $x=2$.

$$M_{с.ном} = M_{н.дв.} = 5,31 \text{ (Н м)}$$

$$M_{поч} = 0,1 \text{ } M_{с.ном} = 0,1 * 5,31 = 0,531 \text{ (Н м)}$$

Тоді:

$$\omega_H = \pi n_H / 30 = 3,14 * 1350 / 30 = 141,3 \text{ (рад/с)}$$

Підставимо різні значення частоти обертання ω у формулу $M_c = M_{поч} + (M_{с.ном} - M_{поч}) * (\omega / \omega_H)^x$, результати зведемо до таблиці 2.

Таблиця 3.2. Розрахункові дані для побудови механічної

характеристики вентилятора ВО-Ф-5,6

ω , рад/с	15,7	31,4	47,1	62,8	78,5	94,2	109,9	125,6	141,3	157,0
M, Н*м	0,59	0,77	1,06	1,48	2,01	2,66	3,42	4,31	5,31	6,43

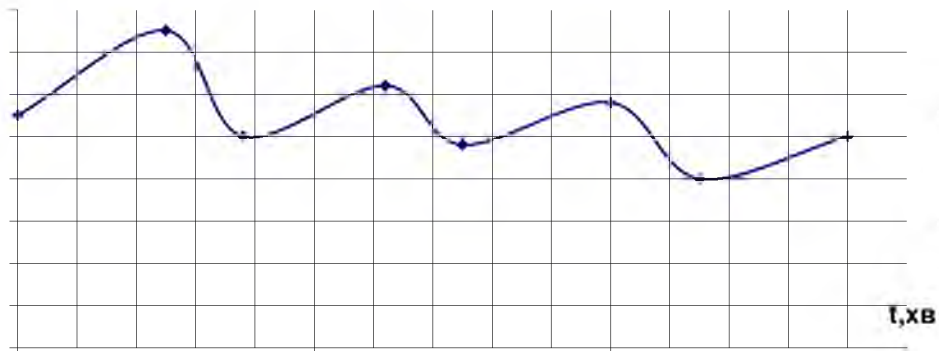
На основі цих таблиць 3.1 і 3.2 будемо механічні характеристики електродвигуна і вентилятора.

3.4. Попередній вибір двигуна за потужністю та частотою обертання.

1. За частотою обертання приймаємо двигун з $n_n=1410$ об/хв.
2. Вибір двигуна за потужністю.

а) Розбиваємо діаграму на ділянки (по точках згину кривої):

I, A



Навантажувальна діаграма.

б) Визначаємо еквівалентний струм на ділянках:

$$I_{EKB1} = \sqrt{\frac{I_1^2 + I_1 \cdot I_2 + I_2^2}{3}} = \sqrt{\frac{5,5^2 + 5,5 \cdot 7,5 + 7,5^2}{3}} = 6,53 A$$

$$I_{EKB2} = \sqrt{\frac{I_2^2 + I_2 \cdot I_3 + I_3^2}{3}} = \sqrt{\frac{7,5^2 + 7,5 \cdot 5 + 5^2}{3}} = 6,29 A$$

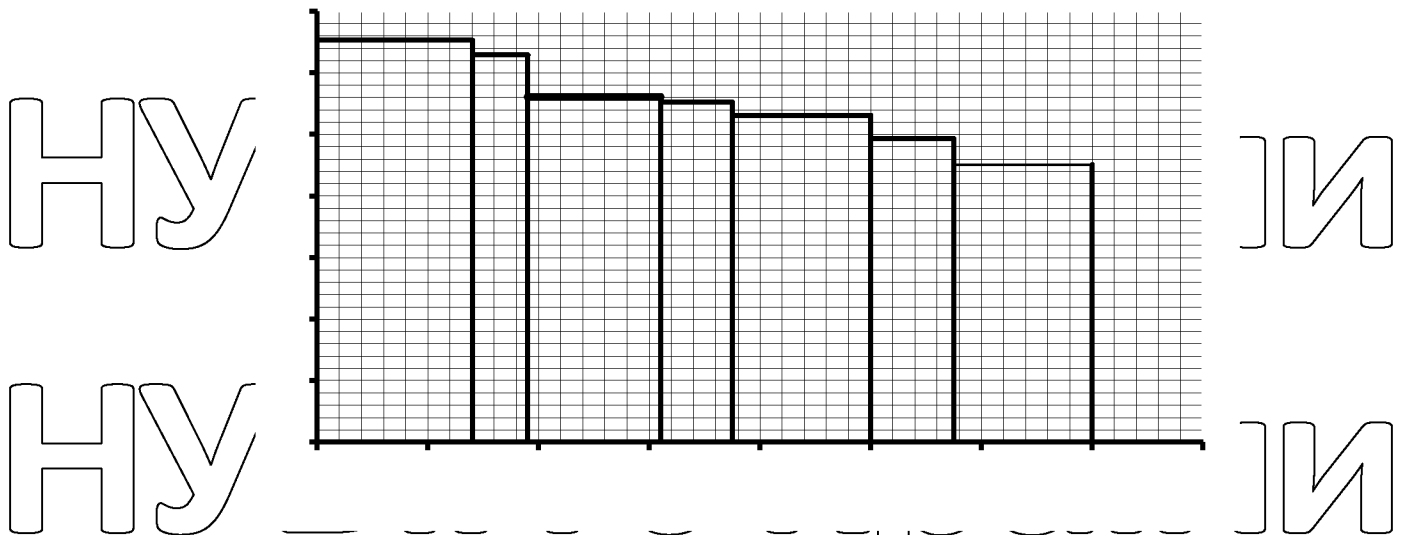
$$I_{EKB3} = \sqrt{\frac{I_3^2 + I_3 \cdot I_4 + I_4^2}{3}} = \sqrt{\frac{5^2 + 5 \cdot 6,2 + 6,2^2}{3}} = 5,61 A$$

$$I_{EKB4} = \sqrt{\frac{I_4^2 + I_4 \cdot I_5 + I_5^2}{3}} = \sqrt{\frac{6,2^2 + 6,2 \cdot 4,8 + 4,8^2}{3}} = 5,52 A$$

$$I_{EKB5} = \sqrt{\frac{I_5^2 + I_5 \cdot I_6 + I_6^2}{3}} = \sqrt{\frac{4,8^2 + 4,8 \cdot 5,8 + 5,8^2}{3}} = 5,31 A$$

$$I_{EKB6} = \sqrt{\frac{I_6^2 + I_6 \cdot I_7 + I_7^2}{3}} = \sqrt{\frac{5,8^2 + 5,8 \cdot 4 + 4^2}{3}} = 4,93 A$$

$$I_{EKB7} = \sqrt{\frac{I_7^2 + I_7 \cdot I_8 + I_8^2}{3}} = \sqrt{\frac{4^2 + 4 \cdot 5 + 5^2}{3}} = 4,51 A$$



Навантажувальна діаграма еквівалентних струмів.

НУБІП України

в) Визначаємо загальний еквівалентний струм діаграми

$$I_{\text{ЕКВ.ЗАГ.}} = \sqrt{\frac{I_{\text{E1}}^2 \cdot t_1 + I_{\text{E2}}^2 \cdot t_2 + \dots}{t_1 + t_2 + \dots}} = \sqrt{\frac{6,53^2 \cdot 2,8 + 6,29^2 \cdot 1 + 5,61^2 \cdot 2,4 + 5,52^2 \cdot 1,3 + 5,31^2 \cdot 2,5 + 4,93^2 \cdot 1,5 + 4,51^2 \cdot 2,5}{2,8 + 1 + 2,4 + 1,3 + 2,5 + 1,5 + 2,5}} = 5,554 \text{ A}$$

г) За струмом з довідника вибираємо двигун з умови:

$$I_{\text{ном.дв.}} \geq I_{\text{екв.заг.}}$$

$$8,5 \text{ A} > 5,554 \text{ A}$$

Умова виконується, отже вибираємо двигун АІР71В4У3, у якого: $I_{\text{ном.дв.}} =$

$$8,5 \text{ A}, n_n = 1350 \text{ об/хв}, P_{\text{н.дв.}} = 4,0 \text{ кВт}, \mu_{\text{пуск}} = 2,0; \mu_{\text{мін}} = 1,6; \mu_{\text{макс}} = 2,2; K_i = 7,0;$$

$$J_{\text{рот}} = 11 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \cos \phi = 0,84; \eta = 73\%$$

3.5. Вибір електродвигуна за електричними модифікаціями, конструктивним виконанням, кліматичним виконанням, ступенем захисту від дії оточуючого середовища.

- 1) За модифікацією: АІР71В4У3 – загального виконання;
- 2) За кліматичним виконанням: СУ2;

С – з підвищеним пусковим моментом;

У – помірний клімат);

2 – для роботи у приміщеннях, де коливання температури і вологості неістотно відрізняються від коливань на відкритому повітрі (відсутня дія сонячної радіації і атмосферних опадів на виріб).

3) Ступінь захисту від навколишнього середовища: ІР54

5 – повний захист персоналу від випадкового дотику до струмоведучих частин, що знаходяться під оболонкою, і захист обладнання від шкідливих відкладень пилу ;

4 – захист від бризок, що попадають під будь-яким кутом. Бризки не повинні шкідливо діяти на обладнання, що знаходяться під оболонкою.

3.6. Визначення зведеного до вала двигуна моменту інерції привода і порівняння його з гранично допустимим для вибраного двигуна.

Зведений момент інерції задано в завданні:

$$j_{зв} = 0,076 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Визначаємо гранично допустимий момент двигуна за формулою:

$$j_{\text{гран. доп.}} = K \cdot K_m \cdot P_{2\text{ном}}^{\nu} \cdot \rho^{\gamma}$$

де K , K_m – коефіцієнти, $K = 0,045$, $K_m = 0,46$;

$P_{2\text{ном}}$ – потужність двигуна, кВт;

ν, γ – показник степеня, $\nu = 1,0$, $\gamma = 2,0$.

$$j_{\text{гран. доп.}} = 0,045 \cdot 0,46 \cdot 4,0^1 \cdot 2^2 = 0,33 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$j_{\text{гран. доп.}} > j_{зв}$$

$$0,33 > 0,076$$

Умова виконується, отже двигун вибрано правильно.

3.7. Розрахунок і побудова механічної характеристики і навантажувальної діаграми електродвигуна.

Побудову механічної характеристики асинхронного двигуна виконуємо за 5-ма характерними точками.

1. Ідеальний холостий хід $S = 0$ і $M = 0$

2. Номінальне ковзання

$$s_m = \frac{n_0 - n_n}{n_n} \quad i \quad M_n = 9550 \frac{P_n}{n_n}$$

де P_n – номінальна потужність двигуна, кВт; $P_n = 4,0$ кВт;

n_n – номінальна частота обертання, об/хв; $n_n = 1410$ об/хв;

n_0 – номінальна частота обертання, об/хв; $n_0 = 1500$ об/хв

$$S_n = \frac{1500 - 1410}{1410} = 0,064 \quad i \quad M_n = 9550 \frac{4,0}{1410} = 27,1 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$S_{кр} = \frac{S_n + \sqrt{S_n \cdot \frac{\mu_k}{m_1 - 1}}}{1 + \sqrt{S_n \cdot \frac{\mu_k - 1}{m_1 - 1}}}$$

3. Критичне ковзання

$$m_1 = \frac{\mu_k}{\mu_n} = 2,2$$

де, μ_k – кратність максимального моменту, $\mu_k = 2,2$
 μ_n – кратність пускового моменту, $\mu_n = 2,0$

$$m_1 = 2,2 / 2 = 1,1$$

$$S_{кр} = \frac{0,064 + \sqrt{0,064 \cdot \frac{2,2 - 1}{1,1 - 1}}}{1 + \sqrt{0,064 \cdot \frac{2,2 - 1}{1,1 - 1}}} = 0,5$$

$$M_{кр} = \mu_k \cdot M_n, \quad M_{кр} = 2,2 \cdot 27,1 = 59,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{мін} = \mu_{мін} \cdot M_n, \quad 4. S_{мін} = 0,8$$

де $\mu_{мін}$ – кратність мінімального моменту

$$M_{мін} = 1,6 \cdot 27,1 = 43,36 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_n = \mu_n \cdot M_n, \quad 5. S_n = 1$$

$$M_n = 2 \cdot 27,1 = 54,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Побудова механічної характеристики асинхронного двигуна з урахуванням допустимого відхилення моментів теж виконується за 5-ма точками:

Побудова механічної характеристики асинхронного двигуна з урахуванням допустимого відхилення напруги – 5% :

$$1. S = 0; M' = 0$$

$$2. S_{\text{н}}=0,064 ; M_{\text{н}}'=0,95^2 \cdot M_{\text{н}} = 0,9025 \cdot 27,1 = 24,46 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$3. S_{\text{кр}}=0,5 ; M_{\text{кр}}'=0,95^2 \cdot M_{\text{кр}} = 0,9025 \cdot 59,6 = 53,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$4. S_{\text{мін}}=0,8 ; M_{\text{мін}}'=0,95^2 \cdot M_{\text{мін}} = 0,9025 \cdot 43,36 = 39,1 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$5. S_{\text{н}}=1 ; M_{\text{н}}'=0,95^2 \cdot M_{\text{н}} = 0,9025 \cdot 54,2 = 48,9 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Побудова механічної характеристики асинхронного двигуна з урахуванням допустимого відхилення напруги – 10%.

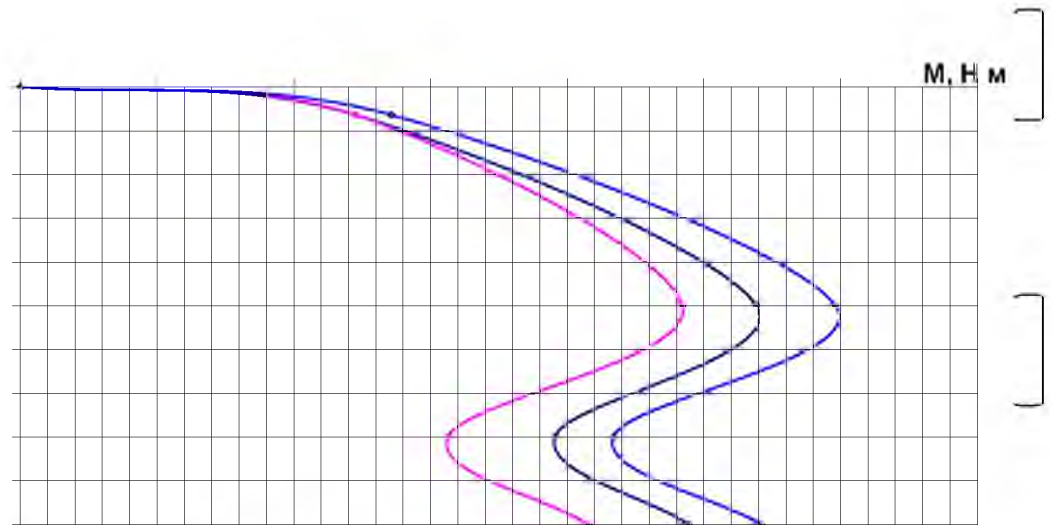
$$1. S=0 ; M''=0$$

$$2. S_{\text{н}}=0,064 ; M_{\text{н}}'' = M_{\text{н}}' = 24,46 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$3. S_{\text{кр}}=0,5 ; M_{\text{кр}}''=0,9 \cdot M_{\text{кр}}' = 0,9 \cdot 53,8 = 48,42 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$4. S_{\text{мін}}=0,8 ; M_{\text{мін}}''=0,8 \cdot M_{\text{мін}}' = 0,8 \cdot 39,1 = 31,28 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$5. S_{\text{н}}=1 ; M_{\text{н}}''=0,85 \cdot M_{\text{н}}' = 0,85 \cdot 48,9 = 41,57 \text{ Н}\cdot\text{м}$$



s

Механічні характеристики двигуна

а) природна;

б) при відхиленні напруги – 5%;

в) при відхиленні напруги – 10%.

3.8. Перевірка вибраного електродвигуна за тепловим режимом під час роботи.

Перевірку виконуємо виходячи з умови:

Визначаємо втрати потужності за формулою:

$$\Delta P_{\text{т}} \leq \Delta P_{\text{н}}$$

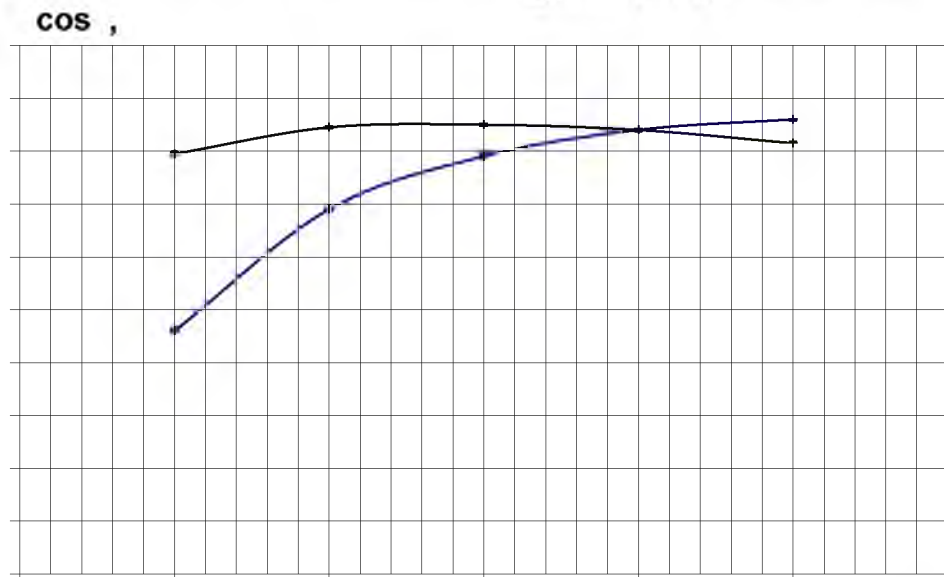
$$\Delta P_{\text{т}} = P_{\text{н}} \cdot \left(\frac{1}{\eta_{\text{к}}} - 1 \right)$$

де $\eta_{\text{н}}$ – каталожне значення к.к.д. електродвигуна.

$$\Delta P_{\text{т}} = 4,0 \cdot \left(\frac{1}{0,85} - 1 \right) = 0,71 \text{ кВт}$$

η	0,795	0,845	0,85	0,84	0,815
$\cos \varphi$	0,46	0,69	0,79	0,84	0,86
$P/P_{\text{н}}$	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25

Будуємо графік залежності $\eta = f(P/P_{\text{н}})$ та $\cos \varphi = f(P/P_{\text{н}})$:



$P/P_{\text{н}}$

Визначаємо потужність кожної ділянки навантажувальної діаграми за

формулою:

$$\Delta P_i = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_i \cdot \cos \varphi_i \cdot \left(\frac{1}{\eta_i} - 1 \right)$$

де U – напруга живлення електродвигуна, В;

I_i – споживаний струм на даній ділянці діаграми, А;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності двигуна при відношенні $P/P_{\text{н}}$;

η_i – значення к.к.д. електродвигуна при відношенні $P/P_{\text{н}}$.

$$\Delta P_1 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 6,53 \cdot 0,825 \cdot \left(\frac{1}{0,85} - 1 \right) = 0,625 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_2 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 6,29 \cdot 0,82 \cdot \left(\frac{1}{0,85} - 1 \right) = 0,6 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_3 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 5,61 \cdot 0,80 \cdot \left(\frac{1}{0,85} - 1 \right) = 0,52 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_4 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 5,52 \cdot 0,79 \cdot \left(\frac{1}{0,85} - 1 \right) = 0,507 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_5 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 5,31 \cdot 0,78 \cdot \left(\frac{1}{0,85} - 1 \right) = 0,48 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_6 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 4,93 \cdot 0,77 \cdot \left(\frac{1}{0,85} - 1 \right) = 0,44 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_7 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 4,51 \cdot 0,725 \cdot \left(\frac{1}{0,85} - 1 \right) = 0,38 \text{ кВт};$$

Визначаємо середнє значення втрат потужності:

$$\Delta P_{\text{сер}} = \sqrt{\frac{0,625 \cdot 2,8 + 0,6 \cdot 1 + 0,52 \cdot 2,4 + 0,507 \cdot 1,3 + 0,48 \cdot 2,5 + 0,44 \cdot 1,5 + 0,38 \cdot 2,5}{2,8 + 1 + 2,4 + 1,3 + 2,5 + 1,5 + 2,5}} = 0,706 \text{ кВт};$$

Отже, умова виконується:

$$0,706 \leq 0,71$$

3.9. Визначення тривалості пуску двигуна.

Час пуску електричного двигуна визначають графоаналітичним методом. Для цього будують механічну характеристику двигуна і робочої машини. При побудові механічної характеристики електродвигуна за ковшанням розраховуємо кутову швидкість за формулою:

де ω - синхронна кутова швидкість, рад/с

$$\omega = \omega_0(1-s),$$

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_p}{30} = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157,1 \text{ рад/с}$$

1) Наносимо механічну характеристику електродвигуна $\Omega_{дв} = f(M)$;

1. $S=0$; $M'=0$; $\omega = 157,1 \text{ рад/с}$

2. $S_n=0,064$; $M_n'=24,46 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $\omega = 147,1 \text{ рад/с}$

3. $S_{кр}=0,5$; $M_{кр}'=53,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $\omega = 78,55 \text{ рад/с}$

4. $S_{min}=0,8$; $M_{min}'=39,1 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $\omega = 31,42 \text{ рад/с}$

5. $S=1$; $M_n'=48,9 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $\omega = 0 \text{ рад/с}$

2) Наносимо характеристику робочої машини $\Omega_{р.м} = f(M_c)$;

3) Розбиваємо на 5 ділянок вісь Ω ;

4) На кожній ділянці визначаємо динамічний момент привода $M_{дин}$ з

формули:

$$M_{зв} = \frac{M_c}{i \cdot \eta} [M_{дв} + M_c],$$

$M_{зв}$ – зведений до вала момент машини, Н·м;

i – передаточне число;

η – ККД машини.

$M_{зв1} = 2,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$

$M_{дин1} = 0 \text{ Н}\cdot\text{м}$

$M_{зв2} = 3,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$

$M_{дин2} = 38 - 3,5 = 34,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$

$M_{зв3} = 6 \text{ Н}\cdot\text{м}$

$M_{дин3} = 52,5 - 6 = 46,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$

$M_{зв4} = 10,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$

$M_{дин4} = 52 - 10,5 = 41,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$

$$M_{зв5} = 21 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{дин5} = 39,1 - 21,5 = 17,6 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

5) У середньому динамічний момент на ділянках;

6) Визначаємо на кожній ділянці Δt ;

$$\Delta t = j_{зв} \cdot \frac{\Delta \omega_j}{M_{дин.ср}}$$

$$\Delta t_1 = \frac{j_{зв} = 0,076 \text{ кг}\cdot\text{м}^2}{20} \cdot 31,2 = 0,12 \text{ с}$$

$$\Delta t_2 = \frac{0,076 \cdot 31,2}{40,8} = 0,058 \text{ с}$$

$$\Delta t_3 = \frac{0,076 \cdot 31,2}{44,8} = 0,053 \text{ с}$$

$$\Delta t_4 = \frac{0,076 \cdot 31,2}{30} = 0,079 \text{ с}$$

$$\Delta t_5 = \frac{0,076 \cdot 31,2}{33,2} = 0,071 \text{ с}$$

7) Визначення часу пуску електродвигуна:

$$t_{пуск} = \sum \Delta t_i$$

$$t_{пуск} = 0,12 + 0,058 + 0,053 + 0,079 + 0,071 = 0,38 \text{ с.}$$

3.10. Перевірка вибраного електродвигуна за тепловим режимом під час пуску.

Умова перевірки:

$$\tau_{\phi} \leq \tau_{доп},$$

де τ_{ϕ} – фактичне перевищення температури двигуна під час пуску над температурою навколишнього середовища, °С;

$\tau_{доп}$ – допустиме перевищення температури, °С.

$$\tau_{\phi} = \theta_t \cdot t_{пуск} + \theta_{ок.ср},$$

де, θ_t – швидкість наростання температури двигуна, °С/с; $\theta_t = 7,1 \text{ °С/с}$.

$$\tau_{\phi} = 7,1 \cdot 0,38 + 40 = 42,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_{\text{доп}} = \Theta_{\text{доп.із}} - \Theta_{\text{ох.ср}}$$

де, $\Theta_{\text{доп.із}}$ – допустима температура нагрівання для даного класу ізоляції, $^{\circ}\text{C}$

$\Theta_{\text{ох.ср}}$ – температура охолоджуючого середовища, $^{\circ}\text{C}$.

Для АИРС $\Theta_{\text{доп.із}} = 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\Theta_{\text{ох.ср}} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_{\text{доп}} = 130 - 40 = 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Таким чином, $42,7 < 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$, отже умова виконується, і нагрівання двигуна

під час пуску є допустимим.

3.11. Перевірка вибраного електродвигуна на перевантажувальну здатність

Оскільки вибраний електродвигун має пікові навантаження, його перевірку на перевантажувальну здатність виконують за умовою:

$$0,8 \cdot M_{\text{кр}} \geq M_{\text{мах.дв.}}$$

$$0,8 \cdot 59,6 = 47,68 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{\text{мах.дв.}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{мах.граф}} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta}{\omega_n}$$

де, $I_{\text{мах.граф}}$ – максимальний струм навантажувальної діаграми, А;

$$M_{\text{мах.граф}} = \frac{1,73 \cdot 7,3 \cdot 380 \cdot 0,84 \cdot 0,85}{147,1} = 23,3 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$47,68 > 23,3 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

За перевантажувальною здатністю електродвигун задовольняє умову.

3.12. Визначення повної, активної і реактивної потужності,

споживаної електродвигуном з електричної мережі.

Активна потужність споживана електродвигуном із мережі визначається

за формулою:

$$P = \sqrt{3} U \cdot I_e \cdot \cos \varphi,$$

де, U – номінальна напруга, В;

I_e – еквівалентний струм, А ;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності для $K_3 = \frac{I_e}{I_{н.дв.}}$:

$$K_3 = \frac{I_{екв}}{I_n} = \frac{5,55}{8,5} = 0,65$$

де K_3 – коефіцієнт завантаження.

$$P = 1,73 \cdot 380 \cdot 5,55 \cdot 0,74 = 2,7 \text{ кВт};$$

Визначаємо повну споживану потужність за формулою.

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{2,7}{0,74} = 3,65 \text{ кВА}$$

Визначаємо реактивну потужність за формулою:

$$Q = S \cdot \sin \varphi = 3,65 \cdot 0,67 = 2,45 \text{ кВАр}$$

3.13. Розробка схеми керування електроприводом установки,

опис роботи схеми.

Схема складається з силового кола та кола керування. Силове коло складається з електропривода вентиляторів, а також апарати керування і захисту (автоматичні вимикачі та рубильник). В колі керування передбачено автоматичне

і ручне керування: автоматичне керування здійснюється за допомогою реле часу

KT1 та KT2, а ручне за допомогою кнопок SB1...SB4.

Керування в автоматичному режимі. Перемикач SA1 встановлюємо в положення "А". Котушки реле часу КТ1 та КТ2 отримують живлення. Реле КТ1 здійснює запуск установки: своїм контактом КТ1.1 подається живлення на котушку магнітного пускача КМ1, який своїми силовими контактами вмикає двигун М1 (похилого транспортера), через витримку часу замикається контакт КТ1.2, який подає живлення на котушку магнітного пускача КМ2, який своїми силовими контактами вмикає двигун М2 (шнеків – підживників). Зупинка установки здійснюється за допомогою реле часу КТ2. Спочатку своїм контактом КТ2.1 розмикає коло живлення котушки КМ2 (зупиняються шнеки - підживники), а потім з витримкою часу контактом КТ2.2 розмикається коло живлення котушки КМ1 (зупиняється похилий транспортер).

Керування в ручному режимі здійснюється за допомогою кнопок SB1.. SB4: управління похилим транспортером здійснюється кнопками SB1...SB2, шнеками – підживниками – SB3, SB4. При запуску установки спочатку вмикається похилий транспортер, потім шнеки – підживники. Зупинка установки здійснюється у зворотному напрямку.

Захист двигунів від перевантажень і коротких замикань здійснюється за допомогою автоматичних вимикачів QF1 та QF2, кола керування за допомогою запобіжника FU.

НУБІП України

3N ~50Гц, 380В

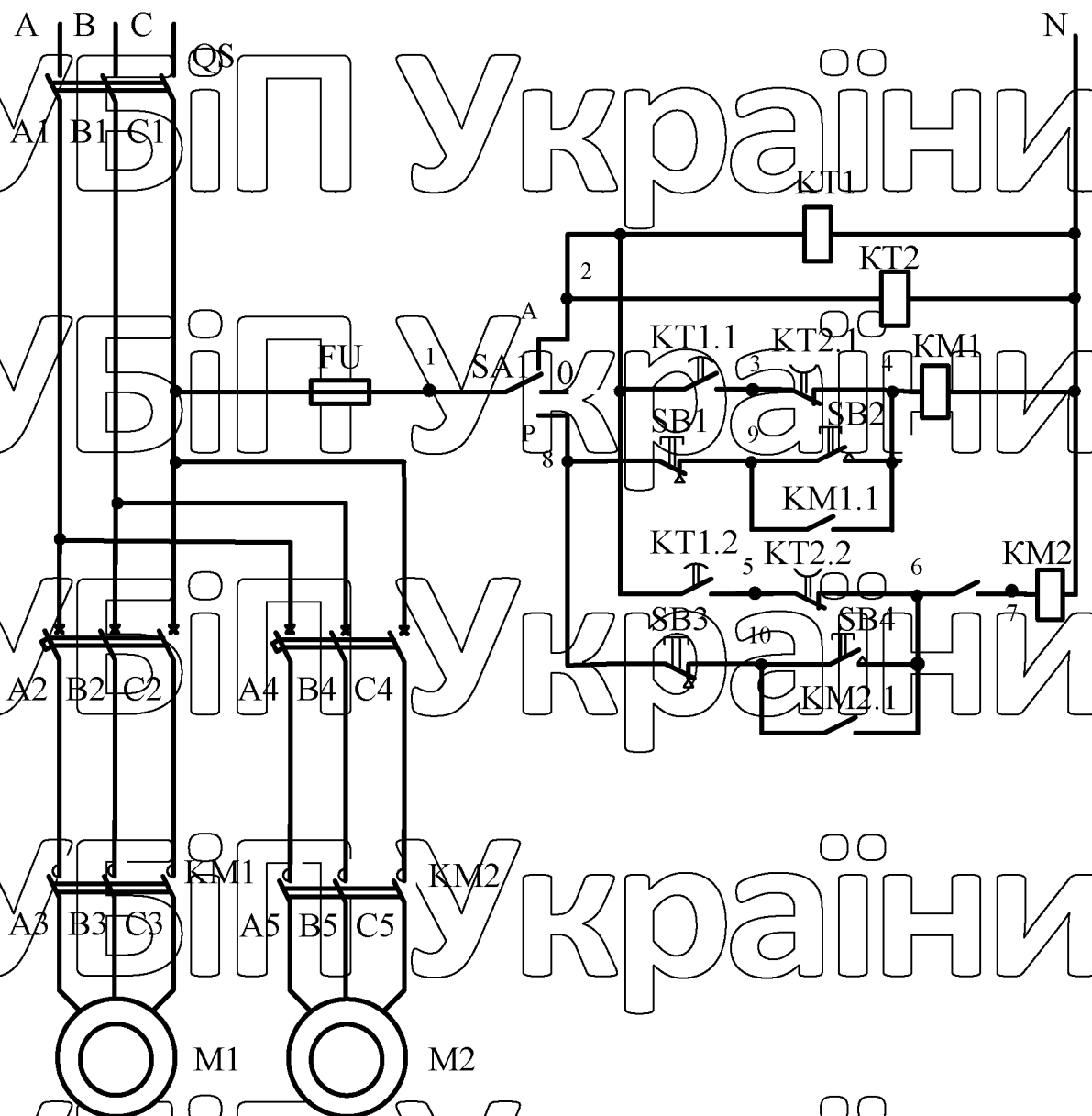


Рис. 3.2. Схема керування вентиляторною установкою

НУБІП України

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

Апаратуру захисту та керування вибираємо для двигуна приводу вентилятора. Номінальні дані двигуна: $P_H = 4,0$ кВт; $n_H = 1410$ об/хв; $I_H = 8,5$ А;

$$I_{\text{пуск}} / I_H = 7,0.$$

Автоматичний вимикач вибираємо із умови:

1. $U_{\text{н.авт.}} \geq U_{\text{мер.}}$
2. $I_{\text{н.авт.}} \geq I_{\text{н.дв.}}$
3. $I_{\text{н.розч.}} \geq I_{\text{н.дв.}}$
4. $I_{\text{відс.}} \geq 1,5 \cdot I_{\text{пуск.дв.}}$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА51Г25341130Р30У5 $U_{\text{п.авт.}} = 380$ В, триполюсний з комбінованим розчіплювачем IP20.

$$I_{\text{н.ав.}} = 25 \text{ А}; I_{\text{уст.розч.}} = 10 \text{ А};$$

$$I_{\text{відс.}} = 14 \cdot 8,5 = 119 \text{ А};$$

$$I_{\text{пуск.дв.}} = 1,5 \cdot 7 \cdot 8,5 = 89,25 \text{ А}$$

$$119 > 89,25 \text{ А}$$

Умова виконується.

Електромагнітний пускач для вентилятора вибираємо із умови:

1. $U_{\text{пуск.}} \geq U_{\text{мер.}}$
2. $I_{\text{н.пуск.}} \geq I_{\text{р.к.}}$
3. $U_{\text{кат.}} = U_{\text{кола керув.}}$

Вибираємо електромагнітний пускач ПМД1101СУ5А $I_{\text{н.мп.}} = 10$ А, переверсивний без теплового реле, ступінь захисту IP00.

Пост керування для вентилятора ПKE – 122 – 2У5.

Перемикач для схеми керування вибираю серії ПКС П25–44–У2Х – номінальна сила струму $I_H = 25$ А, ступінь захисту IP54 для сільського

господарства, ввід провода в гумовій оболонці, кліматичне виконання У2, комутаційна здатність класу 1.

Реле часу вибираємо так, щоб напруга, витримка часу, кількість і розривна потужність контактів відповідали вимогам коло керування електроустановки.

Для вмикання установки вибираємо реле типу ВС-10-31, з витримкою часу від 2 до 60с; для вимикання установки – ВС-10-36, з витримкою часу від 4хв до 4год 30хв.

Ввідний апарат – рубильник Р20 – 3034054У5

Вибираємо НКП типу Я5126 – 3074У5.

Вибираємо кабель для підключення електродвигунів за умовою:

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

Вибираємо кабель марки ВРГ 4х2,0. В колі керування струм близький до 5А, провід для кола керування вибираємо марки ППВ 1х1,5.

Таблиця 3.3. Перелік вибраного електрообладнання.

Позн.	Найменування	Кількість	Примітка
QS	Рубильник Р20 – 3034054У5 //ТУ 16.525.005–74	1	
QF	Вимикач автоматичний ВА51Г25340030Р30У5 ТУ 16.522.157–83	2	$I_{\text{авт}} = 25\text{А}$ $I_{\text{уст.р.}} = 10\text{А}$
KM	Пускач магнітний ПМЛП101СУ5А//ТУ 16.644.001–83	2	$I_{\text{н.п.}} = 10\text{А}$
KT	Реле часу ВС-10-36// ТУ 16.647.014 - 84	2	
SA	Перемикач пакетно-кулачковий ПКП25-44-У2Х ТУ 16.526.308 – 77	1	
SB	Пост керування ПКЕ-122 –2У5//ТУ 16.642.006 – 83	2	
M	Електродвигун АИР71В4У3//ТУ 16.525.564 – 84	1	$P_{\text{н}} = 4,0\text{кВт}$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

4. ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ

4.1. Визначення розрахункових навантажень

При розрахунку навантажень застосовується метод додавання розрахункових потужностей на вводах споживачів з врахуванням коефіцієнта одночасності. Для приміщень ферми ВРХ максимальне навантаження на вводі визначаємо розрахункове навантаження на вводах за значеннями денного та вечірнього максимуму та відповідних їм коефіцієнтів потужності.

Значення потужності денного та вечірнього максимуму ферми ВРХ зведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Вечірні та денні максимуми

№ п/п	Назва об'єкту	Кількість	Руст. кВт	Розрахункове навантаження	
				Р _{ден.} , кВт	Р _{веч.} , кВт
1	Корівник на 200 голів	2	46	17	17
2	Телятник з профілакторієм	1	14	6	9
3	Молочний блок	1	35	15	15
4	Кормоцех	1	47	20	10
5	Водокачка	1	11	11	11
6	Котельня	1	10	10	10
7	Будинок тваринника	1	6	3	5
8	Ветамбулаторія	1	1,1	0,6	0,8
9	Ветізолятор з пунктом штучного запліднення	1	6	2	4
10	Вагова	1	4	4	4
11	Пологове відділення	1	14	6	9
12	Кормобульбосховище	1	5	5	2

Таблиця 4.2. Розрахункове навантаження по ділянках мережі

Розрахункова ділянка	Денне навантаження				Вечірнє навантаження			
	$P_{д.б.}$	$P_{д.м.}$	ΔP	$P_{д.}$	$P_{в.б.}$	$P_{в.м.}$	ΔP	$P_{в.}$
Лінія 1								
3-4	17	-	-	17	17	-	-	17
2-3	17	17	10,5	27,5	17	17	10,5	27,5
1-2	27,5	17+15	10,5+9,2	47,2	27,5	17,5	10,5+9,2	47,2
0-1	47,2	3	1,8	49,0	47,2	5	3	50,2
Лінія 2								
3-4	5	-	-	5	2	-	-	2
2-3	10	5	3	13	10	2	1,2	11,2
1-2	20	13	7,9	27,9	11,2	10	6	17,2
0-1	27,9	4	2,4	30,3	17,2	4	2,4	19,6
Лінія 3								
3-4	6	-	-	6	9	-	-	9
2-3	6	2	1,2	7,2	9	4	2,4	11,4
1-2	7,2	0,6+6	0,4+3,6	11,2	11,4	0,8+9	0,5+5,4	17,3
0-1	11,2	11	6,7	17,9	17,3	11	6,7	24,0

Додамо навантаження денного та вечірнього максимумів:

$$P_{д.} = P_{д.б.} + \Delta P \cdot (P_{д.м.}) + \dots + P \cdot (P_{д.м.}) \tag{4.1}$$

$$P_{д.} = 49,0 + \Delta P(30,3) + \Delta P(17,9) = 49 + 19,3 + 11,1 = 79,4 \text{ кВт.}$$

Підрахуємо денне та вечірнє навантаження за цією ж формулою. Навантаження зовнішнього освітлення території ферми прийнятого з розрахунку 250 Вт на

будівлю.

НУБІП України

$$P_{\text{осв.}} = P \cdot m, \text{ кВт}, \quad (4.2)$$

де m – кількість будівель, $m = 15$

$$P_{\text{осв.}} = 250 \cdot 15 = 3750 \text{ Вт} \approx 3,7 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{в.}} = P_{\text{в.б.}} + \Delta P(P_{\text{в.м.}}) + \dots + \Delta P(P_{\text{в.м.}})$$

$$P_{\text{в.}} = 77,31 + 3,7 = 81 \text{ кВт.}$$

У зв'язку з перевагою силового навантаження вечірній максимум більше денного, тому по вечірньому максимумі вибираємо трансформаторну підстанцію.

Визначимо повну вечірню потужність

$$S_{\text{в.}} = P_{\text{р.в.}} / \cos \varphi_{\text{в.}}, \text{ кВт} \cdot \text{А}$$

де $\cos \varphi_{\text{в.}}$ – вечірній коефіцієнт потужності, який залежить від виду навантаження

Для виробничого $\cos \varphi_{\text{в.}} = 0,75$, $\cos \varphi_{\text{д.}} = 0,7$;

$$S_{\text{в.}} = 81 / 0,75 = 108 \text{ кВт} \cdot \text{А}$$

Потужність трансформаторної підстанції вибираємо за інтервалами економічних потужностей за умовою:

$$S_{\text{е.н.}} < S_{\text{р}} < S_{\text{е.в.}},$$

де $S_{\text{е.н.}}$ та $S_{\text{е.в.}}$ – відповідно нижня та верхня межі економічних інтервалів навантажень (кВт·А);

$S_{\text{р}}$ – розрахункове навантаження трансформатора.

Для даної МТФ вибираємо трансформаторну підстанцію потужністю 160 кВт·А.

Тип трансформатора ТМ – 160.

Таблиця 4.3. Характеристики КТП

Тип ТП	Номинальна потужність, кВт	Номинальний струм, А			Номинальний струм фідерів, А			Виміри освітлення
		Вн	Нн	Плавної вставки	1	2	3	
КТП 160	160	10кВ	0,4кВ	для захисту трансформатора	80	160	100	15

КТП під'єднана до лінії 10кВ роз'єднуювачем РЛНД – 10/200 з проводом ПР 11 через запобіжник типу ПК – 10. Захист від перенапруги здійснюється розрядником

РС – 10 з високої сторони та РВН – 0,5 на стороні низької напруги.

4.2. Розрахунок повітряної лінії 0,38 кВ.

Розрахунок мережі 0,38 кВ виконується по мінімуму приведених затрат.

Величини еквівалентної потужності визначаємо за формулою:

$$S_{\text{екв.}} = S_{\text{макс}} \cdot K_g, \text{кВ} \cdot \text{А}, \quad (4.3)$$

де $S_{\text{макс}}$ – максимальне проєктоване навантаження на кінець розрахункової ділянки.

K_g – коефіцієнт, який враховує динаміку росту навантаження, $K_g=0,7$.

Фермерське господарство знаходиться в III кліматичному районі, тоді максимальна стінка ожеледі складас 10 мм.

Вибираємо марки та переріз проводів для кожної ділянки мережі 0,38 кВ.

Розрахунок мережі за допустимою стратою напруги виконуємо виходячи з

максимального розрахункового навантаження ділянок.

Для визначення допустимою втратою напруги в лінії 0,38 кВ складаємо таблицю відхилення напруги для споживачів, підєднаних до підстанції 10/0,4 кВ. Відхилення напруги для даних споживачів повинно бути не більше -5% при 100% навантаження $+5\%$ при 25% навантаження. Втрати в лінії 10 кВ задані енергопостачальною організацією. Слід мати на увазі, що втрати напруги в лінії електропередач приводять до погіршення роботи споживачів електроенергії. Вони, як правило, раніше вказаного терміну виходять з ладу. Тому ці вимоги, які вказані вище необхідно виконувати з точністю. Відхилення напруги у споживачів зведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4. Відхилення напруг у споживачів

Елементи схеми електропостачання	Навантаження в %	
	100	25
Шини 10 кВ РТП 35/10 кВ	+ 5	0
ЛПІ – 10 кВ	- 6	+ 5
Трансформатор 10/0,4 кВ		
- витрати напруги	- 4	- 1
- постійна надбавка	+ 5	+ 5
- регульована надбавка	+ 2,5	+ 2,5
мережа 0,38 кВ	+ 7,5	0
Відхилення напруги у споживача	- 5	+ 5
Допустиме відхилення напруги у споживача	- 5	+ 5

Фермерське господарство розміщене в районі з такими кліматичними умовами

: III район по ожеледі; III район по вітру

Таблиця 4.5. Вибір проводів за економічним інтервалом

Марка та переріз проводів мережі 0,38 кВ	Економічний інтервал потужності, кВ·А
$A_{16} + A_{16}$	0 – 3,1
$2A_{16} + A_{16}$	3,1 – 5,8
$3A_{16} + A_{16}$	5,8 – 13,5
$3A_{25} + A_{25}$	13,5 – 25,4
$3A_{50} + A_{50}$	> 25,4

Втрати напруги визначаються за формулою:

$$\Delta U_{\text{max.дл.}} = S_{\text{max.дл.}} + \ell_{\text{дл.}} \cdot \gamma_{\text{пр}} / \nu_{\text{н}},$$

де $S_{\text{max.дл.}}$ – максимальна потужність ділянки, кВ·А ;

$\ell_{\text{дл.}}$ – довжина ділянки, км ;

$\gamma_{\text{пр}}$ – провідність, Ом/км

$$\gamma_{\text{пр}} = \tau_0 \cdot \cos\varphi_0 + x_0 \cdot \sin\varphi_0$$

Дані для марки проводів зведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6. Проводи повітряних ліній

№ п/п	Провід	$\gamma_{\text{пр}}$	τ_0	x_0	$\cos\varphi_0$	$\sin\varphi_0$
1	A16	1,82	1,98	0,4	0,8	0,6
2	A25	1,26	1,28	0,4	0,8	0,6
3	A35	0,981	0,98	0,4	0,8	0,6
4	A50	0,752	0,64	0,4	0,8	0,6

4.3. Робота апаратури захисту в аномальних режимах.

Особливості розрахунків стимулів короткого замикання в сільських мережах 380 та 220 В полягає в тому, що опори лінії 10 кВ можна знехтувати та врахувати тільки опір трансформатора та проводів лінії 0,38 кВ. Напруга на шинах ВП підстанції 10/0,4 кВ вважається незмінною на протязі всього короткого замикання.

Для перевірного розрахунку приймаємо точку короткого замикання на двигун водокачки. Однофазний струм короткого замикання буде найменший.

Опір трансформатора при однофазному короткому замиканні дорівнює :

$$Z_{m.o} = 26 / 5n = 26 / 160 = 0.16 \text{ Ом}$$

Повний опір петлі фаза – нуль :

$$Z_n = \sqrt{(\sum R_n)^2 + (\sum X_n)^2}, \text{ Ом}, \quad (4.4)$$

де $R_n = R_\phi + R_o + R_k$

R_ϕ – опір фазового проводу, Ом ;

R_o – опір нульового проводу, Ом ;

R_k – опір контактів, Ом ;

Знаходимо активний опір проводів :

$$R(A_{25}) = 1,28 \cdot 0,19 \cdot 2 = 0,35 \text{ Ом}$$

$$R(A_{16}) = s \cdot \ell / s = 18,4 \cdot 0,5 / 16 = 0,06 \text{ Ом}$$

Активний опір проводу приводимо до розрахункової температури :

$$R_t = K_t \cdot R_{r.o.}; K_t = 1 + \alpha (t + 20^\circ),$$

де α – температурний коефіцієнт електричного опору, для міді

$$\alpha = 0,0004 \text{ Ом/}^\circ\text{C}$$

$$K_t = 1 + 0,0004 (75 - 20) = 1,28$$

$$R_t = 1,28 \cdot 0,06 = 0,013 \text{ Ом}$$

Загальний опір лінії, Ом:

$$\sum R_n = R(A_{25}) + R_t + R_{\text{конт}} = 0,359 + 0,013 + 0,003 = 0,4872$$

Визначаємо зовнішній індуктивний опір проводу, обумовлений взаємодією між нульовим та фазним проводами.

$$\chi = 0,145 \lg \alpha_{\text{ф.н.}}, \alpha_{\text{ф.н.}} = 400$$

$$\chi = 0,145 \lg 400 = 0,145 \cdot 2,16 = 0,38 \text{ Ом}$$

$$\chi(A_{25}) = 0,38 \cdot 0,15 = 0,057 \text{ Ом};$$

$$\chi_{\text{ф.н.}} = 0,057 \cdot 2 = 0,114 \text{ Ом}$$

Активний опір всієї петлі :

$$\Sigma R_n = 0,4872 \text{ Ом};$$

Індуктивний опір всієї петлі :

$$\Sigma X_n = X_{\text{ф.н.}} = 0,114 \text{ Ом.}$$

Повний опір петлі

$$Z = \sqrt{(0,4872)^2 + (0,114)^2} = \sqrt{0,24 + 0,013} = 0,51 \text{ Ом}$$

Струм однофазного короткого замикання дорівнює :

$$I_{\text{к.з.}} = 220 / 0,51 + 0,16 = 220 / 0,67 = 328,4 \text{ А}$$

Захист електродвигуна водоканки здійснюється автоматичним вимикачем АЕ

2046 – 10 РУ 3 ; $I_{\text{н.т.р.}} = 25 \text{ А}$

Умови надійного спрацювання його виконуються

$$I_{\text{к.з.}} \geq I_{\text{сл.м.мезг.}} \quad I_{\text{к.з.}} / I_{\text{с.тр.м.}} = 328,4 / 12 \cdot 25 = 1,12 > 1$$

Оскільки значення струмів трьох фазного короткого замикання необхідні для перевірки стійкості апаратури, то знаходимо струм короткого замикання в точці К₁

на шинах 380 В

$$I_{\text{к.з.}}^{(3)} = U_6 / \sqrt{3} \cdot Z_{\text{трз}}; \text{ де } Z_{\text{рез}} = Z_{\text{тр}};$$

де U_6 – базисна напруга, $U_6 = 380 \text{ В}$,

$Z_{\text{тр}}$ – опір трансформатора при трьохфазному к.з. ,

$$Z_{\text{тр}} = U_{\text{к}}\% / U_6^2 \cdot 100 \cdot S_{\text{н}},$$

де $U_{\text{к}}\%$ – напруга короткого замикання, $U_{\text{к}} = 4,5\%$

$$Z_{\text{тр}} = 4,5 \cdot 300 / 100 \cdot 160 \cdot 10^3 = 0,041 \text{ Ом};$$

$$I_{\text{к.з.}}^{(3)} = 380 / \sqrt{3} \cdot 0,041 = 5359,7 \text{ А.}$$

В трансформаторній підстанції КТП – 160 на фідерах встановлені автоматичні вимикачі АЗУ16. розмикаючий струм для них до 15-20 кА. Струм трьохфазного короткого замикання 5379,7 А, отже автоматичний вимикач АЗУ16 в даних

умовах буде спрацювати.

Перевірка мережі на допустиме зниження напруги при пуску самого потужного двигуна.

Електричні мережі повинні перевірятися на зниження напруги при пуску самого більшого двигуна за потужністю , при цьому допускається зниження напруги на зажимах найбільшого електродвигуна до величини , при якій забезпечується запуск , а у других двигунів зниження напруги не більше ніж на 20%.

Зниження напруги при пуску електродвигуна визначається за формулою

$$\Delta U = Z_{\text{н}} / (Z_{\text{м}} + Z_{\text{дв}}) \cdot 100\%, \quad (4.5)$$

де $Z_{\text{м}}$ – повний опір мережі, Ом ;

$Z_{\text{дв}}$ – повний опір електродвигуна, Ом.

Для розрахунку приймаємо електродвигун водокачки :

$$P_{\text{н}} = 11 \text{ кВт}; I_{\text{н}} = 25 \text{ А}; K_i = 6$$

Опір мережі знаходимо за формулою:

$$Z_m = Z_n + Z^1 + Z_{тр.}, \text{ Ом},$$

де Z_n – повний опір лінії, Ом ;

$Z_{тр.}$ – опір трансформатора , Ом ;

Z^1 – опір лінії до електродвигуна від шафи керування , Ом

$$Z_n = \sqrt{(\tau_n)^2 + (\chi_n)^2}, \text{ Ом}.$$

На ділянці лінії прийнятий провід А25.

$$\tau_n = \tau_0(A_{25}) \cdot \ell(A_{25}) = 1,28 \cdot 0,15 = 0,192 \text{ Ом};$$

$$\chi_n = \chi_0(A_{25}) \cdot \ell(A_{25}) = 0,4 \cdot 0,15 = 0,06 \text{ Ом};$$

$$Z_n = \sqrt{(0,192)^2 + (0,06)^2} = \sqrt{0,039} = 0,2 \text{ Ом}.$$

До електродвигуна прокладений провід марки ВПП-16 ГОСТ 5 1618-72

довжина ділянки 50 м. Індуктивним опором проводу знехтуємо так, як він малий

$$\tau = \rho \cdot (\ell / s), \text{ Ом},$$

де ρ – питомий опір мідного проводу ;

$$\rho = 18,4 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}; \ell = 0,05$$

$$\tau = 18,4 \cdot (0,05 / 16) = 0,058 \text{ Ом}.$$

Опір електродвигуна :

$$Z_{ел.дв.} = U_H / \sqrt{3} \cdot I_H \cdot k = 380 / \sqrt{3} \cdot 25 \cdot 6 = 1,46 \text{ Ом}$$

Опір трансформатора :

$$Z_{тр.} = U_H \cdot U_{к.з.} / 100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_H; \text{ Ом}$$

$$I_{тр.} = S_{тр.} / \sqrt{3} \cdot U_H = 160 / \sqrt{3} \cdot 0,4 = 231,2 \text{ А}$$

$$Z_{тр.} = 400 \cdot 4,5 / 100 \cdot 1,73 \cdot 231,2 = 1800 / 39963 = 0,045 \text{ Ом}.$$

Опір мережі дорівнює :

НУБІП України

$$Z_{\text{гр}} = 0,2 + 0,058 + 0,045 = 0,303 \text{ Ом}$$

Зниження напруги при вмиканні електродвигуна складає :

$$\Delta U = 0,303 / 0,303 + 1,46 = (0,303 / 1,763) \cdot 100\% = 17,2 \%$$

Що відповідає вимозі. В даному випадку водочаска запускатиметься і буде стійко працювати.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

5. ПРОЕКТУВАННЯ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

5.1. Біогаз та перспективи його використання для енергопостачання сільського господарства

Біомаса є сконцентрованою енергією сонця, її можна перетворити у різноманітні види палива - рідке, газоподібне або ж використовувати як тверде для одержання тепла. Біомаса - це відходи рослинництва, виробничі відходи сільськогосподарських і промислових підприємств, лісоматеріали, морські рослини.

Одержання енергії з біомаси здійснюється як малоефективним способом - спалюванням, так і шляхом її газифікації. У результаті одержують біогаз, що використовують для забезпечення теплових потреб сільськогосподарських підприємств і для одержання електроенергії. У ФРН спеціалістами підраховано, що

при одержанні 540 - 1080 м³ за добу і річному завантаженню господарства 300 - 6000 годин у рік забезпечується робота генератора в 100 кВт. Інший продукт - біошлак - не поступається по поживності традиційному органічному добриву.

Біогаз належить до місцевих джерел енергії. Його одержують при збуджуванні органічних відходів, у результаті чого утвориться суміш газів, що містять 50 - 80% метану, 50 - 20 вуглекислого газу, менше 1% сірководню і сліди аміаку. Вміст метану в біогазі коливається, що істотно впливає на теплоту згоряння цього палива. Так, при спалюванні 1 м³ біогазу з 50%-ним вмістом метану одержують 17,8 МДж енергії, при 70%-ному вмісті - 25,0 МДж. При спалюванні 1 м³ природного газу одержують 34 МДж, при спалюванні 1 кг рідкого палива - 42 МДж.

У залежності від складу органічних речовин гною одержують різну кількість біогазу. Наприклад, із курячого посліду одержують більше біогазу, ніж із свинячого гною або гною великої рогатої худоби. Кількість отриманого біогазу залежить також від тривалості біохімічних процесів. При постійній температурі

усередині реактора (30 °C) відбувається безупинне утворення біогазу і на 10-ту добу максимальний вихід його в розрахунку на 1 кг органічних речовин складає : для свинячого гною 0,5 м³, для гною великої рогатої худоби одержують 0,2 - 0,5 м³ біогазу. Добовий вихід гною від однієї корови забезпечує при 30-добовому зброджуванні можливість одержати 1,0-2,4 м³ біогазу. Таку ж кількість біогазу одержують від гноювих стоків дев'яток свиней живою масою 60 кг кожна.

У зв'язку з конструктивною і технологічною недосконалістю експлуатованих установок вихід біогазу набагато нижче. Так, у США на біогазових установках вихід газу складає біля 0,5 м³ у добу на одну тварину.

Сучасний рівень розвитку анаеробної ферментації гноювих стоків дозволяє поліпшити енергетичний потенціал, спроможний покрити біля 30% потреби тваринницьких комплексів в енергії. Подальший розвиток цієї проблеми дозволяє збільшити ефективність застосування біогазу, забезпе-чити до 50% енергетичних потреб ферм і комплексів.

Установки застосовувані для одержання біогазу повинні бути герметичними, усередині них необхідно підтримувати постійну температуру і безупинно перемішувати зброджуваний субстрат.

Постійна температура в біогазовій установці забезпечується завдяки підігріву умонтованими джерелами тепла, надійної теплоізоляції, безупинній подачі свіжої сировини. При перемішуванні субстрату процес утворення і відводу біогазу відбувається більш інтенсивно.

Більшість біогазових установок засновано на потоковому принципі дії. Це означає, що сировина, що надходить, негайно витискує відпрацьовану. Свіжа біомаса надходить безупинно, відбір біогазу і видалення шламу відбуваються в міру необхідності.

Для функціонування біогазових установок потрібна енергія двох видів: електрична та теплова.

У сільськогосподарському виробництві Швейцарії експлуатується біля 100 біогазових установок. Проте при проектуванні їх допущено чимало прорахунків, що

послужили причиною втрат теплоти, біогазу, занадто високих затрат механізованої енергії на перемішування сировини та інше.

Спеціалісти вважають, що багато біогазових установок нерентабельні. Біогаз на одиницю об'єму містить енергії в 1600 разів менше, ніж рідке паливо. Витрати на збереження газу під високим тиском також великі (вартість компресора, газових балонів, підіймача для їхнього переміщення, пускорегулюючу і контрольно-вимірювальну апаратуру).

У ряді міст України процеси очищення міських стоків здійснюються з одержанням біогазу. Наприклад, Бортницька станція по переробці побутових каналізаційних стоків може виробляти 100 млн. м³ і більше біогазу в рік. При цьому метанове анаеробне збраживання рахується одним із варіантів знезаражування й очищення стічних вод поряд з аеробними процесами.

Знаходить застосування досконала біоенергетична установка для переробки відходів тваринницьких ферм у біологічний газ і добрива. Установка призначена для переробки гною великої рогатої худоби з вологістю 88% (вмістом подрібненої підстилки до 2 кг на одну тварину в добу). Технологічна схема роботи біоенергетичної установки передбачає подачу гною з тваринницького приміщення в гноеприймальник, а потім у проміжну дозаторну ємність нагнітальної системи, де нагрівається до температури 35-37 °С.

У процесі бродіння гній обеззаражується і розкладається з виділенням горючого газу. Одержуваний біогаз використовується в основному газовому агрегаті АГВ-8 для нагрівання води. Максимальний вихід біогазу 16,2 - 20,3 м³/сут.

Зброджений гній також використовують у якості добрива. У Дніпропетровській області на свиновідгодівельному комплексі «Агро-Овен» використовують експериментальну біологічну установку для переробки гною в біогаз.

Сьогодні біогаз використовують у 55 країнах світу. Серед різноманітних установок для його одержання найбільше поширена установка "Габор". У Китаї нараховується більш 7 млн. дрібних біогазових установок корисним обсягом до 8-

10 м³, що використовують у побуті більш 30 млн. людей.

Із усіх застосовуваних палив досить економічним є біогаз, котрий має майже однакову теплотворну спроможність з дизельним паливом. Використовується він у двигунах з іскровим запалюванням або в передобладнаних дизельних двигунах після попереднього очищення (до 90%) і зміни ступеня стиску.

У ФРН в останні роки інтенсивно використовують біогаз у якості палива для тракторів. При цьому максимальний ККД двигуна дещо нижче, ніж при використанні дизельного палива, а рівень шуму зменшується на 5 децибел.

В даний час тут розробили спосіб одержання етанолу (на заміну палива) із зерна з феноловими речовинами, що містяться, зокрема, у просі, рапсі або сорго. Їх затирають у солод, подрібнюють і просівають, застосовуючи термостабільну α -амілазу при 90 - 100 °С для ферментативного розкладання крохмалю. Запропоновано нову поліпшену технологію одержання етанолу, при котрій необрушене зерно піддають перед здрібнюванням гідротермічній обробці кислотою і після цього змішують із α -амілазою.

У перспективі в багатьох країнах основними джерелами енергії лишиться паливо, отримане з кам'яного вугілля, скрапленого природного газу, а в деяких - із рослинної олії (соевих бобів, пальмового дерева, соняшнику). Двигуни, що працюють на суміші (40 % соєвої олії і 60 % дизельного палива) мають більш високий термічний ККД, ніж такий же двигун тільки на дизельному паливі.

Застосування водню як палива для сільськогосподарських тракторів вважають не перспективним. Схильність водню до передчасного запалення дозволяє використовувати його тільки для заміни частини дизельного палива.

Оцінку різноманітних видів палива з погляду спроможності їх до самозапалювання роблять по етановому числу. Одним із методів пристосування до палива з низьким етановим числом є регулювання впорску палива з запізненням, щоб скоротити зсув за часом горіння.

НУБІП України

У ФРН для одержання біогазу на тваринницьких фермах побудовані крупні установки, у яких одержуваний біогаз заміняє біля 8 % дизельного палива, використовуваного в сільському господарстві.

При роботі двигунів на газовому паливі до метану додають дизельне паливо в кількості 10 - 15 % від звичайного. У районах з інтенсивним тваринництвом і птиківництвом на 290 тваринницьких підприємствах одержують 290 млн. біогазу за рік, використовуваного в якості палива, і пального газу для одержання тепла й електроенергії для сушіння сільськогосподарської продукції в літню пору, а також для мобільних і стаціонарних установок.

При використанні біогазу в якості палива в газових двигунах його очищають від домішок аміаку і сполук сірки, що містяться в ньому у великих кількостях. Газові двигуни використовують для приводу аераційних агрегатів і установок біологічного очищення стічних вод,

Для прискорення технологічного циклу в реакторі при одержанні біогазу рідкий гній зберігається в гноєприймальниках, де проходить процес ферментації й утворення низькомолекулярних органічних кислот. Процес біотехнологічної переробки безвідстилкового гною на біогаз протікає поетапно.

На етапі ферментації високомолекулярні біополімери (білки, вугле-води, жири і нуклеїнові кислоти) розпадаються на більш дрібні компоненти (амінокислоти, цукор, жирні кислоти і нуклеотиди), що на етапі низькомолекулярних органічних кислот перетворюються за допомогою вуглекислого газу і водню в метан.

У Франції запропоновані установки для одержання газу ферментацією органічних матеріалів і для біологічного перетворення рослинної сировини, що одержали широке застосування, як у промисловому, так і в сільськогосподарському виробництві.

Збереження рідкого гною в анаеробних умовах відрізняється присутністю ферментативних, ацетогенних і метаногенних мікроорганізмів, що потребують особливих умов для їхньої життєдіяльності. При збереженні субстратів в

анаеробних умовах відбувається перетворення проміжних продуктів у метан.

Продуктами обміну речовин ферментативних мікроорганізмів є продукти розщеплення вуглеводів, білків, жирів, а також двоокису вуглецю і летучих жирних кислот.

По присутності метану у повітрі судять про початок протікання ферментації.

У рідкому гної, що зберігається якийсь час, концентрація масних кислот у залежності від кількості сухої речовини складає 3-6, 6 р/л. При збереженні рідкого гною більш 20 днів вихід біогазів зменшується.

У ФРН для забезпечення ефективності біореакторів використовується рідкий гній великої рогатої худоби із високим вмістом сухої речовини, що сприяє різкому уповільненню осідання твердих фракцій. Використання рідкого гною зі збірних резервуарів, у яких зберігався гній, підвищує швидкість виходу біогазу за рахунок життєдіяльності анаеробних мікроорганізмів, що містяться в екскрементах, і підвищенню вмісту летучих жирних кислот. Ці чинники роблять позитивний вплив на динаміку протікання процесу ферментації в біореакторі, сприяють збільшенню виходу і прискоренню одержання біогазу.

Для одержання концентрату біомаси зі свинячого рідкого гною, останній необхідно розділити на рідкі і тверді фракції, використовуючи для цього осадкові басейни (сховища) або встановлені в біореакторі решета для затримки твердих фракцій і одержання сухої речовини, що є сировиною для одержання біогазу.

У ФРН розроблені біореактори з анаеробними фільтрами, за допомогою яких підвищується концентрація мікроорганізмів у свіжій масі свинячого гною, при цьому скорочується тривалість технологічного циклу і підвищується вихід біогазу.

У якості фільтрів застосовують різноманітні інертні матеріали (щебінь, цеглу, граніт і ін.).

Досліджено також вплив домішок різноманітних дезінфікуючих (ридагазол) і лікарських засобів (пеніцилін, тетрациклін) на виробництво біогазу. Зазначені засоби в практичних умовах не впливають на життєдіяльність мікроорганізмів, що беруть участь у метановому бродінні свинячого рідкого гною.

Для експлуатації установки по виробництву метану її завантажують безпідстилочним гноєм 4-місячної давнини збереження з метою формування змішаної популяції мікроорганізмів, що беруть участь у виробництві метану. Після нагрівання біомаси до робочої температури через декілька днів починається інтенсивне виділення біогазу.

Важливе значення набуває кількість біомаси, що завантажуються в установку. При меншій кількості біомаси сповільнюється встановлення рівноваги, а при більшій кількості завантаження відбувається передокислення біомаси в реакторі і сповільнюється виділення біогазу. Стабільність протікання процесу в реакторі забезпечується постійною подачею маси в реактор.

При сучасній інтенсифікації сільськогосподарського виробництва все більше порушується замкнутість кругообігу речовин, що були випущені рослинами з ґрунту.

У Чехії принцип використання біологічного процесу, заснованого на анаеробній ферментації органічних речовин у гної, полягає у тому, що бактеріальне розкладання використовується лише в такому обсязі, що не призвів би до порушення кругообігу речовин у природі.

У перспективі для виробництва біогазу в сільськогосподарському виробництві в Чехії передбачена переробка пташиного гною (50%), свинячого (25%) і гною великої рогатої худоби (10%), тобто використання приблизно 15% усіх екскрементів тварин, що складає річне виробництво біогазу 360 млн. м³ (енергетичний еквівалент 27 тис. т. у. П.).

В даний час у промислово розвинених країнах Європи (ФРН, Великобританії, Франції, Італії, Швеції та інших) діє приблизно 15% біогазових станцій різноманітних конструкцій.

В умовах Чехії та Словаччини (за умови переробки всіх екскрементів сільськогосподарських тварин) можливо одержати щорічно 3 - 3,5 млн. м³ біогазу, що складає еквівалент 12,3 - 18,4 млрд. кВт. годин електроенергії або 1,5 - 2,3 млн.

т. у. П.

Біогаз використовують при нагріванні води для опалення будинків, для сушіння сінної муки, зеленої маси, насіння зернових, досушки сіна, лікарських рослин, а також як паливо для стаціонарних газових двигунів, виробництва рідких азотистих добрив і інше.

Одним із важливих напрямків використання біогазу є одержання електроенергії. До 2000 року збільшиться попит на установки одичної потужності (0,5 - 5 мвт). Попит будуть мати теплові двигуни (термодинамічні цикли Ото, Дизеля, Тринклера) на біогазі. Слід зазначити, що ККД газових двигунів у порівнянні з паросиловими установками вище, вони простіші в експлуатації.

Економія енергії в Угорщині забезпечується довгостроковою державною програмою. Сільськогосподарські підприємства для досягнення поставлених цілей вводять нові методи організації виробництва та енергоекономні технологічні рішення для заміни викопних палив. Господарства переходять на використання інших енергоносіїв, серед них і такі, котрі уже використовували в минулому, проте потім припинили, через зміну економічних умов. Так поряд із використанням різноманітних нетрадиційних енергоносіїв з'явилася проблема виробництва і застосування біогазу.

В умовах тваринницьких ферм, побудованих 4-50 років тому, утримання тварин потребувало значних обсягів енергії. Для опалення приміщень, одержання теплої води використовувалися звичайно теплові установки, що працюють на мазуті. Їхня експлуатація значно збільшувала виробничі витрати через підвищення цін на паливо. Тому виникла необхідність зменшення використання мазуту за рахунок застосування інших енергоносіїв. Для такої заміни, крім природного газу, вугілля, і різних побічних продуктів можна застосовувати і біогаз. Це обумовлено і тою обставиною, що для його виробництва є якісна сировина у виді гною, що щодня утворюється на фермах.

Переробці рідкого гною найбільшою мірою відповідає спосіб анаеробного бродіння. Застосування даного методу дозволяє одержати:

- 1) новий енергоносіє у вигляді біогазу;

2) добриво рідкої консистенції, що характеризується кращими властивостями в порівнянні із початковим станом гною;

3) зменшення небезпеки забруднення навколишнього середовища.

Застосування анаеробного методу переробки гною стримувалося низкою обставин. Крім великих капіталовкладень це можна пояснити також і тим, що спеціалісти відносили даний метод лише до засобів одержання енергії. Проте в процесі виробництва біогазу, в результаті переробки рідкого гною утворюється не тільки новий енергоносіє, а також і рідке добриво більш високої якості. При цьому зменшується його шкідливий вплив на навколишнє середовище.

На створення біогазової установки і її рентабельної експлуатації впливає багато чинників. Основні з них зазначені нижче:

1. Необхідно визначити кількість та хімічний склад рідкого гною, призначеного для анаеробної ферментації. У тому числі, знайти показники вмісту органічної речовини, розміру Ph, числа патогенних мікроорганізмів, розміри NPK.

Проаналізувати, у якій кількості містяться в гної речовини, що перешкоджають ферментації (антибіотики, отрути та інші).

2. Визначити масу гною, що утвориться фактично шляхом ферментації рідкого, у лабораторному приладі. На підставі отриманих даних слід уточнити, чи достатньо органічної речовини в гної для одержання передбаченого виходу газу, або ж визначити як його збільшити. Підвищений вихід газу досягається при 8-10% вмісті сухої речовини в рідкому гної, призначеному для ферментації. Особливо важливо це враховувати в зимовий період, коли для підтримки бродіння гною при середній температурі використовується приблизно вдвічі більше енергії, ніж влітку.

Для збільшення виходу газу до рідкого гною доцільно додавати органічні речовини, що розкладаються швидко, (пташиний попіл, солом'яна січка або інші органічні речовини, наприклад силосовані стебла кукурудзи). Було б бажано досліджувати в перспективі питання використання соломи і кукурудзяних стебел у якості цінного органічного добрива замість їхнього спалювання.

Для збільшення вмісту органічної речовини можна застосувати метод згущення рідкого гною.

Проте використовувати даний спосіб не рекомендується, оскільки виділена рідка фракція гною не піддається ферментації і тому залишається небезпечною для навколишнього середовища.

3. Варто розглянути також і можливість повного використання біогазу, що утвориться, і ферментованого рідкого гною. На рентабельність виробництва біогазу впливають затрати на перемішування сировини в метантенку.

У виробничих умовах при 25 - 30 денній ферментації рідкого гною при середній температурі можна розраховувати на одержання 300 - 350 м³ біогазу в розрахунку на 1 тону органічної речовини. У той же час приблизно 25% газу, що утвориться, потрібно для підтримки температури бродіння на рівні +34 - +35 °С при використанні рідкого гною з вмістом 6 - 8 % - органічної речовини.

Підключення теплообмінника дозволяє збільшити чистий вихід газу приблизно на 10%.

Щоб правильно оцінювати значення цієї проблеми, приведемо такий приклад. З гною, що утвориться в добу від 800 - 1000 голів великої рогатої худоби, утворюється біля 1400 м³ біогазу, використання якого дозволяє заощадити майже 700 кг мазуту.

У деяких країнах широке застосування знайшов метод використання біогазу для виробітку електроенергії. За допомогою електрогенератора, що приводиться в дію від двигуна, що працює на біогазі, цілком вирішується проблема його рівномірного використання.

Перевага полягає в тому, що через постійну потребу в біогазі необхідні лише невеличкі за обсягом газосховища, при цьому тепло, що скидається системами охолодження двигунів, може бути використане для підтримки необхідної температури шумування гною, а залишкове тепло - для підігріву води й інших цілей. Одержувана електроенергія використовується для приводу електродвигунів або, наприклад, у літній період для роботи холодильних установок.

З метою визначення техніко-економічних чинників великомасштабного виробництва біогазу має бути розроблена програма його розвитку з урахуванням матеріальної підтримки з боку міністерства АПК і харчової промисловості.

Необхідно почати роботи зі створення малогабаритних установок по виробництву біогазу для присадибних господарств. Одержуваний при цьому біогаз можна використовувати для опалення житлових будинків, а шлам – як добриво.

Паралельно з будівництвом біогазових установок із метою підвищення їх рентабельності в багатьох країнах ведеться інтенсивна робота з їхнього

дослідження і подальшого удосконалення. Розробки проводяться за такими

напрямами :

- ❖ Створення і використання програм ЕОМ із метою визначення конструктивних і експлуатаційних параметрів біогазових установок. За допомогою таких програм можна враховувати дію всіх чинників, що обумовлюють рентабельність виробництва і використання біогазу,

- ❖ Створення систем автоматичного керування біогазовими установками з метою економії живої праці і забезпечення оптимального регулювання технологічного процесу.

- ❖ Підвищення частки органічної речовини до оптимальної норми, що забезпечує збільшення питомого виходу газу.

- ❖ Селекція і розведення штамів анаеробних бактерій спроможних швидко розкласти визначений вид органічної речовини для прискорення процесу ферментації. Створення умов, що сприяють збільшенню маси бактерій у ферментованому матеріалі.

5.2 Розрахунок біогазової установки

5.2.1. Визначення маси біосубстрату

Розрахунок виходу гною зробимо по наявній кількості тварин. Для цього скористаємось таблицею 5.1.

Таблиця 5.1. Добовий вихід екскрементів

Групи тварин	Склад екскрементів						
	Всього маса, кг/добу	у тому числі				сеча	
		вологість, %	кал маса, кг/добу	вологість, %	маса, кг/добу	вологість, %	
Бугаї-плідники	40	86	30	83	10	95	
Корови	55	88,4	35	85,2	20	94,1	
Телята:							
до 3-місячного віку	4,5	91,8	1	80,0	3,5	95,1	
від 3 до 6 місяців та відгодівельні до 4- місячного віку	7,5	87,4	5	83,0	2,5	96,2	
на відгодівлі віком 4-6 місяців	14	87,2	10	83,5	4	96,3	
Молодняк (телиці і нетелі):							
6-12 місяців	26	86,2	14	79,5	12	94,1	
12-18 місяців та нетелі	27	86,7	20	83,5	7	96,0	
Молодняк на відгодівлі:							
6-12 місяців	26	86,2	14	79,5	12	94,1	
старше 12 місяців	35	84,9	23	80,1	12	94	

Добовий вихід екскрементів, кг/добу:

$$Ve = \sum_{i=1}^n Be_i \cdot n_i$$

де Be_i — добовий вихід екскрементів тварин даної групи, кг/добу;

n_i — кількість тварин даної групи.

$$Ve = 11880 \text{ кг/доб}$$

Добовий вихід рідкого гною свиней:

$$B_{гн} = B_e + M_v + K + Z + П$$

де M_v - маса води, яка потрапляє в систему гноєвидалення, при застосуванні соскових поїлок втраги води складають 5 л на 1 голову за добу. При застосуванні самопливних систем витрата води в середньому 5-7 кг на голову за добу;

K - маса кормів, яка надходить в систему гноєвидалення (пісок, ґрунт, дрібні предмети), приймаємо 10% від виходу екскрементів;

Z - маса забруднень, яка потрапляє в систему гноєвидалення, приймаємо 1% від B_e , кг;

$П$ - маса підстилки (маса сухої підстилки 1,2 кг на голову);

$$B_{гн} = 11880 + 9000 + 1188 + 118,8 + 14256 = 36442,8$$

Вологість гною визначаємо за формулою:

$$W_{гн} = \frac{B_e \cdot W_e + 100 \cdot M_b}{B_e + M_b}$$

де W_e - вологість екскрементів, $W_e = 88,7\%$

$$W_{гн} = \frac{11880 \cdot 87 + 100 \cdot 9000}{11880 + 9000} = 92\%$$

Густина гною приймаємо $\rho_{гн} = 1050 \text{ кг/м}^3$, вольність гною - 13,6%

Об'ємна густина гною при заданій вологості визначається за формулою:

$$\rho_{об} = \frac{\rho_{гн}}{100 + W_{гн} \cdot (\rho_{гн} \cdot 10^{-3} - 1)} \cdot 100$$

$$\rho_{об} = \frac{1050}{100 + 92 \cdot (1050 \cdot 10^{-3} - 1)} \cdot 100 = 1003,8 \text{ кг/м}^3$$

Концентрація сухої беззольної речовини завантажувального в метантенк гною визначається за формулою:

$$S = \rho_{об} (100 - W_{гн}) (100 - A) \cdot 10^{-4}$$

де A - зольність гною, $A = 13,6$

$$S = 1003,8 \cdot (100 - 92) \cdot (100 - 13,6) \cdot 10^{-4} = 69,3 \text{ кг/м}^3 \text{ добу}$$

5.2.2. Визначення об'єму товарного біогазу

Тривалість зброджування для коров'ячого гною приймається $t = 10$ діб.
 Граничний вихід біогазу на 1 кг сухої беззольної речовини $B = 0,65$ м³/кг
 Температуру процесу приймаємо $t = 33^\circ\text{C}$.

вантаження на метантенк по сухій речовині:

$$\alpha = \frac{S}{t} = \frac{69,3}{10} = 6,93 \text{ кг/м}^3 \text{ добу}$$

Максимальна питома швидкість росту біомаси:

$$\mu_M = 0,013 \cdot t - 0,129 = 0,013 \cdot 33 - 0,129 = 0,3 \text{ доба}^{-1}$$

Для визначення питомого виходу газу знайдемо коефіцієнти пропорційності:

$$K = \frac{(38 \cdot S - 205) \cdot p}{100 \cdot (t - 17,8)}$$

де t - температура зброджування $t = 33^\circ\text{C}$;

p - поправочний коефіцієнт, при $t = 33^\circ\text{C}$ $p = 1$.

$$K = \frac{(38 \cdot 69,3 - 205) \cdot 1}{100 \cdot (33 - 17,8)} = 0,86$$

Критична концентрація речовини:

$$S_{kp} = \frac{100 \cdot B \cdot \mu_M^{-1} \cdot (t - 17,8) + 205}{38p}$$

$$S_{kp} = \frac{100 \cdot 0,65 \cdot 0,3^{-1} \cdot (33 - 17,8) + 205}{38} = 83,2$$

При $S < S_{kp}$ користуємося формулою:

$$B_{num} = B - K \cdot t^{-1}$$

$$B_{num} = 0,65 - 0,086 = 0,56 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Густина біогазу приймаємо $\rho = 1$ кг/м³

Розклад органічної речовини визначаємо за формулою:

$$R_p = B_{num} \cdot \rho \cdot 100$$

$$R_p = 0,56 \cdot 1 \cdot 100 = 56\%$$

Швидкість виходу біогазу:

$$v/g = B_{num} \cdot \alpha = 0,56 \cdot 6,93 = 3,88$$

де Q_p - кількість речовини, яка завантажується за 1 добу, м³/добу, $Q_p=38$

м³/добу

$$V=Q_p \cdot T$$

Загальний вихід біогазу:

$$V_{\text{заг}} = v/c \cdot V = 3.88 \cdot 38 = 147.4 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Річний вихід біогазу

$$V_{\text{річ}} = V_{\text{заг}} \cdot 365 = 53801 \text{ м}^3/\text{рік}$$

5.3. Розрахунок метантенка

Для біогазової установки приймаємо біореактор об'ємом $V=500 \text{ м}^3$. Розміри метантенка: діаметр 8700мм, висота 7450 мм.

Форму метантенка приймаємо циліндричну вертикальну. Матеріал -сталь, товщиною 6 мм. Всередині ємності антикорозійне покриття. Теплоізоляція мінеральна вата ПІ-125-100 по ДСТУ 95-73-82 товщина приймається $\delta=100 \text{ мм}$.

Тип реактора двохсекційний напівзаглибний. Оболонка металева, герметична. Видалення густого шлаку горизонтальним шнековим

транспортером. Рідкого - фекальним насосом 2 1/2НФ.

Подача рідкого гною насосом НШ-50. Підігрів подаваної речовини зовнішній за допомогою двохступеневого теплообмінника типу ТТ (труба в трубі). теплоносієм в першій ступені є рідкий шлак, в другій вода з температурою 60°C.

Для підтримання теплового балансу всередині метантенка вмонтовується змійовиків теплообмінник. Змійовики вбудовуються в перегородку між секціями.

Складаємо рівняння теплового балансу:

$$Q=Q_n+Q_o$$

де Q_n - кількість тепла необхідного для підігрівання субстрату, кДж;

Q_o - теплові втрати в оточуюче середовище, кДж.

Визначимо кількість тепла, необхідну для підігріву субстрату перед завантаженням в біореактор, кДж

$$Q_n = C_c \cdot M_c \cdot (t_k^c - t_n^c)$$

де M_c - маса субстрату; $M_c = 38017$ кг/добу

t_k^c, t_n^c - розрахункові температури відповідно кінцева та початкова. За кінцеву температуру приймаємо температуру процесу $t_n^c = 33^\circ\text{C}$ Початкова температура для

холодного періоду приймаємо $t_k^c = 5^\circ\text{C}$; для теплого періоду $t_k^c = 15^\circ\text{C}$.

C_c - теплоємність субстрату, кДж/кг $^\circ\text{C}$ визначається за формулою:

$$C_c = \frac{C_b \cdot W + C_{cm} \cdot (100 - W)}{100}$$

де C_b - теплоємність води, кДж/кг $^\circ\text{C}$; $C_b = 4,19$ кДж/кг $^\circ\text{C}$;

W - відносна вологість субстрату;

C_{cm} - теплоємність сухої маси субстрату; $C_{cm} = 3,7$ кДж/кг $^\circ\text{C}$.

$$C_c = \frac{4,19 \cdot 92 + 3,7 \cdot (100 - 92)}{100} = 4,15$$

Кількість тепла для теплого періоду:

$$Q_n^{tm} = 4,15 \cdot 38017 \cdot (33 - 15) = 2682099,8 \text{ кДж}$$

Кількість тепла для холодного періоду:

$$Q_n^{tm} = 4,15 \cdot 38017 \cdot (33 - 5) = 4235621 \text{ кДж}$$

Втрати тепла в оточуюче середовище умовно можна поділити на втрати тепла через поверхню біореактора та виніс тепла при видаленні шлаку.

Так як надходження субстрату рівне видаленому і виніс тепла компенсується його надходженням, то будемо розглядати лише втрати через поверхню реактора.

Тоді Q_0 рівне:

$$Q_0 = 3,6 \cdot A \cdot k \cdot (t_6 - t_3)$$

де A - площа поверхні реактора, м 2 ;

k - коефіцієнт теплопередачі метантенка, Вт/м ^2K

t_6 - температура зовнішнього оточуючого середовища, $^\circ\text{C}$;

τ - період роботи, годин за добу; приймаємо неперервна робота $\tau = 24$;

Так як метантенк напівзаглибний, то втрати тепла розділяться на втрати тепла через наземна та підземну частини метантенка,

Визначимо площу поверхні виступаючої частини метантенку:

$$A_e = H_e \cdot \pi \cdot d^2 / 4 + \pi \cdot d \cdot L$$

де H_e - висота виступаючої частини, м; $H_e = 2$ м;

d - діаметр метантенка по зовнішніх оомірах, м;

L - довжина твірної конусної частини верху метантенка, $L = 4,6$ м;

$$A_e = 2 \cdot 3.14 \cdot 8,8^2 / 4 + 3.14 \cdot 8,8 \cdot 4,6 = 248 \text{ м}^2$$

Так як $K = 1/2$ надалі будемо використовувати значення термічного опору:

$$R_6 = R_{i3} + R_3$$

де R_{i3} - термічний опір ізоляції, мК/Вт;

R_3 - термічний опір теплопередачі на зовнішній поверхні.

Термічний опір теплоізоляції визначаємо використовуючи формулу теплопередачі плоскої стінки, так як товщина ізоляції порівняно з діаметром метантенка невелика.

Термічний опір теплопровідності теплоізоляційного шару:

$$R_{i3} = \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}$$

де δ_{i3} - товщина ізоляції, м;

λ_{i3} - теплопровідність ізоляції, Вт/мК;

$$\lambda_{i3} = \lambda_o + \epsilon \cdot t_{cp}$$

де λ_o - теплопровідність при $t_3 = 0^\circ \text{C}$

ϵ - температурний коефіцієнт значення якого беремо $\epsilon = 0,00031$

t_{cp} - середня температура теплоізоляційного шару, $^\circ \text{C}$.

Допускається вважати температуру теплоізоляційного шару на 10 % більше середньоарифметичного з температури в середині метантенка та навколишнього середовища. Температуру навколишнього середовища беремо розрахункові температури холодного та теплого періоду, а також середньорічну $t_x = -21^\circ \text{C}$; $t_T = 22^\circ \text{C}$; $t_{cp} = 8^\circ \text{C}$.

Тоді середня температура теплоізоляційного шару визначиться:

$$t_{cp} = 1,1 \cdot \frac{33 - 21}{2} = 6,6^\circ \text{C}$$

$$t''_{cp} = 1.1 \cdot \frac{33 + 22}{2} = 30.25^\circ\text{C}$$

$$t''_{cp} = 1.1 \cdot \frac{33 + 8}{2} = 22.5^\circ\text{C}$$

Тоді теплопровідність ізоляції:

$$\lambda'_{iz} = 0.04 + 0.00031 \cdot 6.6 = 0.042 \text{ Вт/мК};$$

$$\lambda''_{iz} = 0.04 + 0.00031 \cdot 30.25 = 0.049 \text{ Вт/мК};$$

$$\lambda'''_{iz} = 0.04 + 0.00031 \cdot 22.5 = 0.046 \text{ Вт/мК}$$

Термічний опір ізоляції:

$$R'_{iz} = 0.1 / 0.042 = 2.37 \text{ мК/Вт};$$

$$R''_{iz} = 0.1 / 0.049 = 2.02 \text{ мК/Вт};$$

$$R'''_{iz} = 0.1 / 0.0469 = 2.13 \text{ мК/Вт};$$

Термічний опір тепловіддачі на зовнішній поверхні визначимо з виразу:

$$R_{iz} = 1 / \alpha_{3n}$$

де α_{3n} - коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній поверхні, Вт/м²К

$$\alpha_{3n} = 11.6 + \sqrt{V}$$

де V - швидкість руху повітря, м/с; $V = 7$ м/с.

$$\alpha_{3n} = 11.6 + 7 \sqrt{7} = 30.12 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Загальний термічний опір

$$R' = 2.37 + 0.0332 = 2.4 \text{ мК/Вт};$$

$$R'' = 2.02 + 0.0332 = 2.05 \text{ мК/Вт};$$

$$R''' = 2.13 + 0.0332 = 2.16 \text{ мК/Вт};$$

Втрати тепла за добу для трьох випадків:

$$Q'_e = 3.6 \cdot 248 \cdot 1/2.4 \cdot (33 + 21) \cdot 24 = 482111.98 \text{ кДж/добу};$$

$$Q''_e = 3.6 \cdot 248 \cdot 1/2.05 \cdot (33 - 8) \cdot 24 = 261307.32 \text{ кДж/добу};$$

$$Q'''_e = 3.6 \cdot 248 \cdot 1/2.16 \cdot (33 - 22) \cdot 24 = 109120 \text{ кДж/добу};$$

В теплий період року мають місце тепло надходження за рахунок сонячної радіації потужність тепло надходження визначимо по формулі

$$\Phi_p = k \cdot A_n \cdot (At_1 - At_2)$$

де k - коефіцієнт теплопередачі, Вт/мК;

A_n - площа покрівлі, м²;

Δt_1 - еквівалентна різниця температур, приймаємо $\Delta t_1 = 2^\circ\text{C}$;

Δt_2 - еквівалентна різниця температур в залежності від широти, типу та кольору покрівлі. В таблиці для даної широти та легкої конструкції $\Delta t_2 = 32,6^\circ\text{C}$.

Площу покриття визначають за формулою:

$$A_n = \pi R \cdot L = 3,14 \cdot 8,8 \cdot 4,6 = 127 \text{ м}^2$$

$$\Phi_p = 1/2,05 \cdot 127 \cdot (2 + 32,6) = 2143,5 \text{ Вт}$$

Кількість тепла, яке надходить від сонячної енергії:

$$Q_p = 3,6 \Phi_p \cdot \tau$$

де τ - тривалість дії сонячної радіації, приймаємо $\tau = 10$ годин.

$$Q_p = 3,6 \cdot 2143,5 \cdot 10 = 77,166 \text{ кДж}$$

Площа підземної частини метантенка визначається за формулою:

$$A_n = H_n \cdot \pi \cdot d^2/4 + \pi \cdot d^2/4$$

де H_n - висота підземної частини, $H_n = 5,5$ м

$$A_n = 5,5 \cdot 3,14 \cdot 8,8^2/4 + 3,14 \cdot 8,8^2/4 = 211 \text{ м}^2$$

Термічний опір підземної частини метантенка визначається як:

$$R_n = R_{i3} + R_{ep}$$

де R_{ep} - опір ґрунту.

Термічний опір ізоляції:

$$R_{i3} = \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}$$

$$\lambda = 0,04 + 0,00031 \cdot 22,5 = 0,0469 \text{ Вт/мК}$$

$$R_{i3} = \frac{0,1}{0,0469} = 2,13 \text{ мК/Вт}$$

Для визначення термічного опору ґрунту приймаємо коефіцієнт теплопровідності для глинистих ґрунтів.

Так як температура ґрунту коливається ближче до поверхні, а на більшій глибині можна вважати постійною. Термічний опір ґрунту визначимо на глибині

2,7 м.

$$R_{sp} = \frac{2.7}{1.75} = 1.55 \text{ мК/Вт}$$

Загальний опір підземної частини метантенка.

$$R_n = 2.13 + 1.55 = 3.68 \text{ мК/Вт}$$

Втрати тепла з підземної частини метантенка для холодної пори року:

$$Q_n = 3.6 \cdot 1/3.68 \cdot 149 \cdot (33-5) \cdot 24 = 97951 \text{ кДж/добу}$$

Втрати тепла з підземної частини метантенка для теплої пори року:

$$Q_n = 3.6 \cdot 1/3.68 \cdot 149 \cdot (33-15) \cdot 24 = 62968 \text{ кДж/добу}$$

Втрати тепла з підземної частини метантенка для середньорічної температури:

$$Q_n = 3.6 \cdot 1/3.68 \cdot 149 \cdot (33-8) \cdot 24 = 87456 \text{ кДж/добу}$$

Повні втрати тепла в оточуюче середовище для холодної пори року:

$$Q_o = 230947 + 9795 = 328898 \text{ кДж/добу}$$

Повні втрати тепла в оточуюче середовище для теплої пори року:

$$Q_o = 55076.8 + 62968 - 38583 = 79461.8 \text{ кДж/добу}$$

Повні втрати тепла в оточуюче середовище для середньорічної температури:

$$Q_o = 118800 + 87456 = 206256 \text{ кДж/добу}$$

Загально середньодобові витрати тепла для холодної пори року:

$$Q_x = 4423560.9 + 328898 = 4752458 \text{ кДж}$$

Загально середньодобові витрати тепла для теплої пори року:

$$Q_T = 2843717 + 79461.8 = 2923178.8 \text{ кДж}$$

Біогазова установка належить до споживача з цілорічним споживанням тепла.

Для розрахунку річних витрат тепла, доцільно буде ввести розрахунок для опалювального та решти року окремо використовуючи середні розрахункові температури опалювального та неопалювального періоду, та тривалості опалювального періоду.

$$Q_o^p = 3.6 \cdot \left[\Phi_o^x \cdot z_o \cdot n_o \cdot \frac{t_b - t_{sp,o}}{t_b - t_o} + \Phi_o^T \cdot z_o \cdot (360 - n_o) \cdot \frac{t_b - t_{sp,T}}{t_b - t_T} \right]$$

де Φ_o^x , Φ_o^T - розрахункові теплові потужності обігріву реактора, кВт для холодного та теплового періоду року;

z_o - тривалість роботи опалення, $z_o = 24$;

n_o - тривалість опалювального періоду, $n_o = 187$ днів;

$t_{cp,o}$ - середня температура для опалювального періоду, $t_{cp,o} = 1,10$ °C;

$t_{cp,T}$ - середня температура для теплого періоду, $t_{cp,T} = 15,94$ °C.

Розрахункові потужності визначаються як:

$$\Phi_x^p = \frac{Q_x}{24 \cdot 3600} = \frac{47524589}{24 \cdot 3600} = 550, \text{ кВт}$$

$$\Phi_o^p = \frac{Q_T}{24 \cdot 3600} = \frac{29231788}{24 \cdot 3600} = 33,8, \text{ кВт}$$

$$Q_o^p = 3,6 \cdot \left[550 \cdot 24 \cdot 187 \cdot \frac{33 - 1,1}{33 - 21} + 33,8 \cdot 24 \cdot (360 - 187) \cdot \frac{33 - 15,4}{33 - 22} \right] = 62,2$$

Річна витрата палива в тис м³ визначається за формулою:

$$B = k_3 \cdot \frac{Q_o^p}{Q_H^p \cdot \eta} \cdot 10^{-3}$$

де k_3 - коефіцієнт запасу на невраховані витрати теплоти приймаємо $k_3 = 1,2$

Q_H^p - теплота згоряння палива для біогазу, $Q_H^p = 2,5$ МДж/м³

η - ККД котельної установки, $\eta = 0,8$

$$B = 1,2 \cdot \frac{6419840,7}{25 \cdot 0,8} \cdot 10^{-3} = 385,19 \text{ тис. м}^3$$

При застосуванні природного газу $Q_H^p = 35,7$ МДж/м³, $B = 269,7$ тис. м³ При

застосуванні очищеного біогазу $Q_H^p = 32$ МДж/м³, $B = 300,9$ тис. м³

Як видно з розрахунків витрати тепла на підтримання процесу значні. Для їх зменшення та досягнення реальної економії палива, необхідно застосувати

енергозберігаючі технології. Головні витрати тепла йдуть на підігрів завантажувальної сировини. В холодний період на це витрачається вже 97% всієї

потрібної теплоти. Реальним шляхом є використання тепла шламу, який видається з установки для підігрівання свіжої речовини перед її завантаженням в біореактор. Для цього застосовуємо швидкісний підігрівач типу ТТ (труба в трубі).

В теплий період року обігрів біогазової установки здійснюватиме система сонячного тепlopостачання. Можна використати тепло димові газу котельної

установки для нагрівання гною безпосередньо в накопичувальній ємності. Для цього необхідні повітропровід та калориферна установка, яка здатна працювати при високих температурах.

5.4. Техніко-економічна ефективність біогазової установки

Для біогазової установки головними показниками є собівартість виходу газу. Для визначення цього показника необхідно встановити:

- строк служби установки;
- витрати на ремонт;
- власні потреби в енергії;
- витрати на технічне обслуговування;
- трудомісткість експлуатації та відповідні витрати на оплату праці;
- оцінка аспекту охорони праці;
- можлива економія мінеральних добрив;

Собівартість газу визначається за формулою:

$$G = \left[\frac{X}{100} \cdot A + L + M \cdot b - (U - D + Z) / N \right]$$

де А — кошторисна вартість установки, грн.

X - доля постійних витрат в % від А, крім амортизаційних відрахувань 5%, при терміні експлуатації 20 років, сюди входять витрати на ремонт - 3,5% та технічне обслуговування 1,5%;

L - витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн.

M - річний вихід біогазу, м³/рік;

b - питомі витрати електроенергії на виробництво 1 м³ біогазу, кВт г/м³, або грн./м³;

U — річна економія міңдобрив;

D - додатковий ефект від застосування біошлану;

Z - економічний ефект застосування біогазової установки, економія затрат на знезараження с.г. відходів;

N - вихід товарного біогазу, $\text{м}^3/\text{рік}$

Кількість замщеного палива:

$$V_{\text{зам}} = V_m \cdot Q_{\text{н.б}}^p \cdot Q_{\text{н.п}}^p$$

де V_m - річний вихід товарного біогазу, $\text{м}^3/\text{рік}$

$Q_{\text{н.б}}^p$ - нижча теплота згоряння біогазу, $Q_{\text{н.б}}^p = 25 \text{ МДж}/\text{м}^3$

$Q_{\text{н.п}}^p$ - нижча теплота згоряння природного газу, $Q_{\text{н.п}}^p = 35 \text{ МДж}/\text{м}^3$

$$V_{\text{зам}} = 264857,6 \cdot 25/35 = 191121 \text{ м}^3$$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Від значення, розуміння і правильного виконання електротехнічним персоналом вимог електробезпеки під час проектування, монтажу та експлуатації електроустановок залежить безпека всіх осіб, що користуються цими установками на виробництві і в побуті. Дотримання вимог безпеки праці має велике значення

вже на етапі конструювання нових машин, апаратів і різноманітного електрообладнання. Зміни у всіх галузях народного господарства і насамперед в аграрному секторі передбачають підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва шляхом всебічної електрифікації та автоматизації як окремих

технологічних (особливо фізично тяжких) процесів, так і цілих технологічних ліній, виробництв та підприємств. Це обумовлює зростання інтенсивності та взаємодії практично всіх категорій працівників сільськогосподарської та промислової галузей з електроустановками різноманітного призначення і напруги живлення.

При цьому важливого значення набуває впровадження та наступне вдосконалення електрозахисних засобів, що запобігають травматизму.

Охорона праці та здоров'я працівників, запобігання професійним захворюванням і виробничому травматизму приділяється велика увага, як органами законодавчої, так і виконавчої влади в Україні. На ці цілі виділяються кошти, витрачення яких не за призначенням забороняється. Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах пріоритету життя і здоров'я працівників.

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

1. Закон України "Про охорону праці". Постанова Верховної Ради України від 14.11.92 № 2695-XII
2. Закон України "Про пожежну безпеку". Постанова Верховної Ради України від 17.12.93 № 3747-XII
3. Закон України "Про дорожній рух". Постанова Верховної Ради від 28.01.93

4. Закон України “Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення”. Постанова Верховної Ради України від 24.02.94

5. ГОСТ 12.1.009-76 ССБТ “Электробезопасность. Термины и определения”

6. ССБП ДСТУ 2293-93. “Система стандартів безпеки праці. Терміни і визначення”.

7. ДСТУ 2272-93. Пожежна безпека. Терміни і визначення.

8. ДБН А.3. 1-3-94. Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об’єктів.

9. Єдина державна система показників обліку умов і безпеки праці. Затверджена наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 31.03.94 №27.

10. НАПБ А.01.001.-95. Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом МВС України від 22.06.95 №400, зареєстровані Мінюстом України 14.07.95 за №219/95.

11. Типове положення про службу охорони праці: затв. наказом Держнагляд охорони праці України від 03.08.93 №73, зареєстроване в Мінюсті України від 30.09.93 за № 140

12. ДНАОП 0.0-4 12-94. Типове положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з охорони праці, затверджене наказом Держнагляд охорони праці України від 04.04.94 № 30, зареєстровано в Мінюсті України 12.05.94 за № 95/309.

13. Положення про медичний огляд працівників певних категорій: затв. наказом Міністерства охорони здоров’я України від 31.03.94 № 45, зареєстроване в Мінюсті України 21.06.94 за № 136/345

14. Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, установах і організаціях: затв. постановою Кабінету Міністрів України від 10.08.93 № 623.

15. ДНАОП 0.03-3-30-96. Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. Зареєстровано в Мінюсті України 18.11.96 №667/1692. Введене в дію 29.11.96

16. ДНАОП 0.03-3.30-96 . Державні стандартні норми і правила захисту населення

від впливу електромагнітних вимірювань. Зареєстровано в Мініюсті України

18.11.96 № 488/1513. Введене в дію 29.11.96

17. Правила устройства электроустановок./ Минэнерго СССР.- 6-е изд. перераб. и доп. с изменениями N1 и N2- М.: Энергоатомиздат., 1985.-64с.

18. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей / Минэнерго СССР. – 14-е изд. перераб. и доп. С изменениями N1 и N2 РД 34.20.501-

М.: Энергопромиздат, 1989.-288с.

19. ПРАВИЛА технічної експлуатації електроустановок споживачів /Держенергонагляд України.-к.:Дисконт,1995.-260с.

20. Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж / Держенергонагляд України .:-кю;Дисконт,1995.-81с.

21. Правила безпечної експлуатації електроустановок. ДНАОП 1.1.10-1.01-97 Держнагляд охорон праці України.-К.:Основа,1997.-265с.

22. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів . ДНАОП 0.00.1.21.-98./ Держнагляд охорони праці України.-К.:Основа,1998.-380с.

23. ГКД 34.03.103-96. Система управління охороною праці в Міненерго України . Положення : затверджене Міненерго України 24.04.96.

24. ГКД 34.12.102-9/5. Навчання , інструктаж та перевірка знань працівників підприємств, установ і організацій Міненерго України з питань охорони праці та експлуатації обладнання . Положення.

25. Правила пожежної безпеки у кампаніях , на підприємствах і в організаціях енергетичної галузі України.

6.1. Аналіз стану охорони праці в господарстві

При профспілковій організації фермерського господарства існує комісія з охорони праці, яка відповідно розробляє заходи та річний план покращення умов

праці. Адміністрація виділяє необхідні ресурси та кошти для здійснення намічених планів.

На жаль в господарстві трапляються нещасні випадки. Дані, що характеризують стан охорони праці в господарстві наведені в таблиці 6.1.

На об'єктах проектування мають місце шкідливі та небезпечні виробничі фактори, такі, дія яких на людину при певних умовах може призвести до захворювання, зниження працездатності, травмування та летального випадку.

Таблиця 6.1. Характеристика стану охорони праці на підприємстві

Показник	Значення показника за роками		
	2018	2019	2020
Середньостатистична чисельність працюючих Р, осіб	87	60	56
Плановий обсяг фінансування заходів з охорони праці $A_{пл}$, грн./працівника	2200	2400	2400
Фактичний обсяг фінансування з охорони праці $A_{факт}$, грн./працівника	2000	2350	2300
Загальна кількість нещасних випадків Т зокрема за травмуючи ми факторами:	1	2	1
- ураження електричним струмом;	-	-	-
- падіння з висоти;	-	-	-
- дорожньо-транспортні пригоди;	-	1	-
- попадання до робочих органів сільськогосподарських технік;	-	-	1
- опіки;	-	-	-
- отруєння;	-	-	-
- інші;	-	-	-
Основні причини травматизму (% загальної кількості нещасних випадків):			
- незадовільна організація робіт			
незадовільний стан споруд і будівель		50	
- незадовільний стан сільськогосподарської техніки			
- порушення трудової і виробничої дисципліни (порушення вимог ПБЕ електроустановок споживачів)	100		
- порушення правил дорожнього руху			100

– незастосування засобів індивідуального захисту		100	
Розподіл потерпілих за професіями (% загальної кількості травм):			
– електромонтери			
– не електротехнічний персонал в електротехнічних установках			
– елюсар		100	
– механізатори			
– водії			100
– інженерно-технічний персонал		50	
Втрачено робочих днів із-за непрацездатності Д, днів	32	46	44
Збитки, пов'язані із нещасними випадками (виплати за листком непрацездатності; вартість пошкодження обладнання, інструменту, матеріалів, вартість зруйнованих споруд, приміщень; інші витрати), грн.	8500	3700	5000

6.2. Безпечність об'єктів проектування

6.2.1. Визначення категорії приміщень

У приміщенні для утримання худоби, в пункті технічного обслуговування встановлено значну кількість різноманітного електрообладнання, що може стати джерелом небезпеки ураження тварин і обслуговуючого персоналу електричним струмом.

Інформація про категорії виробництв, приміщень та класи виробничих зон представлена в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2. Категорії виробництв приміщення та класи виробничих зон

Назва виробництва, приміщення та електроустановок	Категорія приміщення за умовами навколишнього середовища (за ПУЕ)	Категорія приміщення стосовно небезпек ураження струмом	Категорія приміщення за вибухо- та пожежонебезпечністю	Категорія виробництва за вибухо- та пожежонебезпечністю	Клас пржежонебезпечних зон (за ПУЕ-85)	Клас вибухонебезпечних зон (за ПУЕ-85)	Санітарний клас підприємств
Корівник	сире	з підвищеною небезпекою	Б	Д	-	В-16	Ш
Телятник	сире	з підвищеною небезпекою	Б	Д	-	В-16	Ш
Кормоцех	сире	з підвищеною небезпекою	Б	Д	-	В-16	Ш
Свинарник-відгодівельник	сире	з підвищеною небезпекою	Б	Д	-	В-16	Ш
Котельня	жарке	з підвищеною небезпекою	Г	Г	ІІ-І	В-1	Ш

6.2.2. Визначення джерел небезпеки

Джерело небезпеки – це технологічний об'єкт, який за певних обставин (тривалий вплив або аварія) може стати небезпечним для працівника, зони забудови села, навколишнього середовища (повітря, ґрунтові води, ставок, річка, рослинність і т. д.). Можливі джерела небезпеки та їх дислокація вказані в таблиці

6.3

НУБІП України

Таблиця 6.3 Перелік та розташування джерел небезпеки (за ДСТУ 2156 - 93)

Вид джерела небезпеки	Об'єкт - джерело небезпеки назва	місце розташування
Джерело електромагнітної небезпеки	Силовий трансформатор шини 10 кВ	Трансформаторна підстанція.
Джерело пожежної небезпеки	Силовий трансформатор 10/0,4 кВ. Природний газ.	Трансформаторна підстанція ГРП котельні.
Вибухонебезпечне джерело	Силові трансформатори 10/0,4 кВ. Газорозрядна станція. ГРП.	Трансформаторна підстанція. Котельня
Джерело шуму	Дробарка Вентилятори	Виробничі приміщення
Джерело біологічної небезпеки	Гноєсховище	Ферма ВРХ

6.3. Заходи щодо забезпечення належних умов праці

На основі результатів приведеного аналізу охорони праці в господарстві та умов праці з урахуванням класифікації та категорії приміщень передбачається здійснити такі заходи:

- заземлення і занулення всіх металевих частин електрообладнання, що в нормальному режимі не знаходиться під напругою;
- встановлення розподільчих пунктів в сухих приміщеннях – електрошитових чи будівель у спеціальних прибудовах;
- влаштування пристрою для вирівнювання потенціалів у тваринницьких приміщеннях;
- блискавкозахист виробничих будівель і споруд.

6.4. Розрахунок потреби та вибір захисних засобів

Для безпечної експлуатації електроустановок проектом передбачена необхідна кількість індивідуальних засобів захисту, плакатів, інструменту, пристроїв (табл. 6.4) та необхідна кількість спецодягу і спецвзуття (табл. 6.5).

Таблиця 6.4. Перелік засобів індивідуального захисту персоналу

Найменування захисних пристроїв	Тип	Кількість
Вказівник напруги понад 1000 В	ПНВ-2	1
Оперативна ізолююча універсальна штанга	ШОК-10	1
Вказівник напруги 0,4 кВ	УНН-1	2
Переносне заземлення 10 кВ	ПЗЗ-1-5	2
Переносне заземлення 0,4 кВ	ТУ-34-3820-77	2
Переносні плакати і знаки безпеки	ГОСТ 12.4026-76	2
Захисна каска	А	2
Шланговий протигаз	ПНН-1	2
Захисні окуляри	С2	2

Таблиця 6.5. Перелік спецодягу та взуття, яким має забезпечуватись персонал

Професія за посадами персоналу	Кількість	Спецодяг спецвзуття та запобіжні засоби	Кількість
Електромонтер	1	Калоші діелектричні Рукавиці комбіновані Чоботи кирзові	Пара/чергові Пара/10 Пара/12
Електромонтер	1	Комбінезон бавовняний Рукавиці комбіновані Рукавиці	1/12 пара/чергові пара/чергові

Таблиця 6.6 Перелік небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Найменування приміщень	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори			
	фізичні	хімічні	біологічні	психофізичні
Тваринницькі приміщення	Підвищена вологість повітря	Подразнюючі пари гною	Тварини. Гризуни	-
Котельня	Підвищена температура поверхні котлів Загазованість повітря	Витікання газу і диму	-	Наявність видів робіт, під час виконання яких можливі фізичні та нервові перевантаження

6.5 Вибір і розрахунок елементів заземлюючого пристрою ТП

Розрахунок заземлюючого пристрою виконуємо для прохідної трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ, яка має один силовий трансформатор потужністю $S=160$ кВА і займає земельну ділянку площею 20 м^2 .

Для розрахунку заземлюючого пристрою цієї підстанції необхідні такі дані:

- загальна довжина електричного зв'язаних ліній напругою 10 кВ та 0,38 кВ:

$$L_{\text{ЛП}10}=185 \text{ км}$$

$$L_{\text{КЛ}10}=15 \text{ км}$$

$$L_{\text{ЛП}0,38}=0.64 \text{ км}$$

- питомий опір ґрунту для чорнозему: $\rho=200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$;

- тривалість стояння льоду – 100 днів

- мінімальна товщина активного шару ґрунту – 1,8 м

- коефіцієнт сезонності $k_{\text{сез}}=2$, при вимірюванні питомого опору ґрунту за середньою вологістю; при використанні довідкових значень питомого опору ґрунту

для вертикальних електродів $I_B=2-3$ м і глибиною розміщення вершини $t=0,5...0,8$,

$k_{сезв}=1,4...1,6$, але $I_B=5$, $t=0,7...0,8$ м $k_{сезв}=1,15$, для горизонтальних штаб $k_{сезв}=2...2,5$ м;

рівень грозової активності - 60...80 год/рік.

Схема мережі напругою 0,38 кВ, що живиться від ТП-10/0,4 кВ наведена на
рисунок 6.1.

Опір заземлюючого пристрою (R) не повинен перевищувати допустимого значення, яке визначається ПУЕ-85:

- по-перше, з боку мережі 10 кВ величиною 10 Ом;

- по-друге, з боку мережі 0,4 кВ величиною 4 Ом;

- по-третє, відношення напруги на заземлюючому пристрої $U_{зз}$ до струму $I_{зз}$.

$$R_{зп} \leq 250 / I_{зз} \leq 10$$

$$R_{зп} \leq 125 / I_{зз} \leq 10$$

Для визначення допустимої величини опору заземлюючого пристрою визначаємо еквівалентний питомий опір двошарового ґрунту за формулою:

$$\rho_{екв} = \frac{k \cdot \rho_1 \cdot \rho_2 \cdot l}{\rho_1(t + kl - ht) + \rho_2(hl - t)} \quad (6.1)$$

де $k=1$ при $\rho_1 > \rho_2$

ρ_1 - питомий опір верхнього шару ґрунту, $\rho_1=200$ Ом·м;

ρ_2 - питомий опір нижнього шару ґрунту, $\rho_2=30$ Ом·м;

h - товщина верхнього шару землі, м;

t - глибина закладання вертикального електрода, м;

l - довжина вертикального електрода;

$$\rho_{екв} = \frac{1 \cdot 200 \cdot 30 \cdot 5}{200 \cdot (0,8 + 1 \cdot (5 - 1,8)) + 30 \cdot (1,8 - 0,8)} = 36,14 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

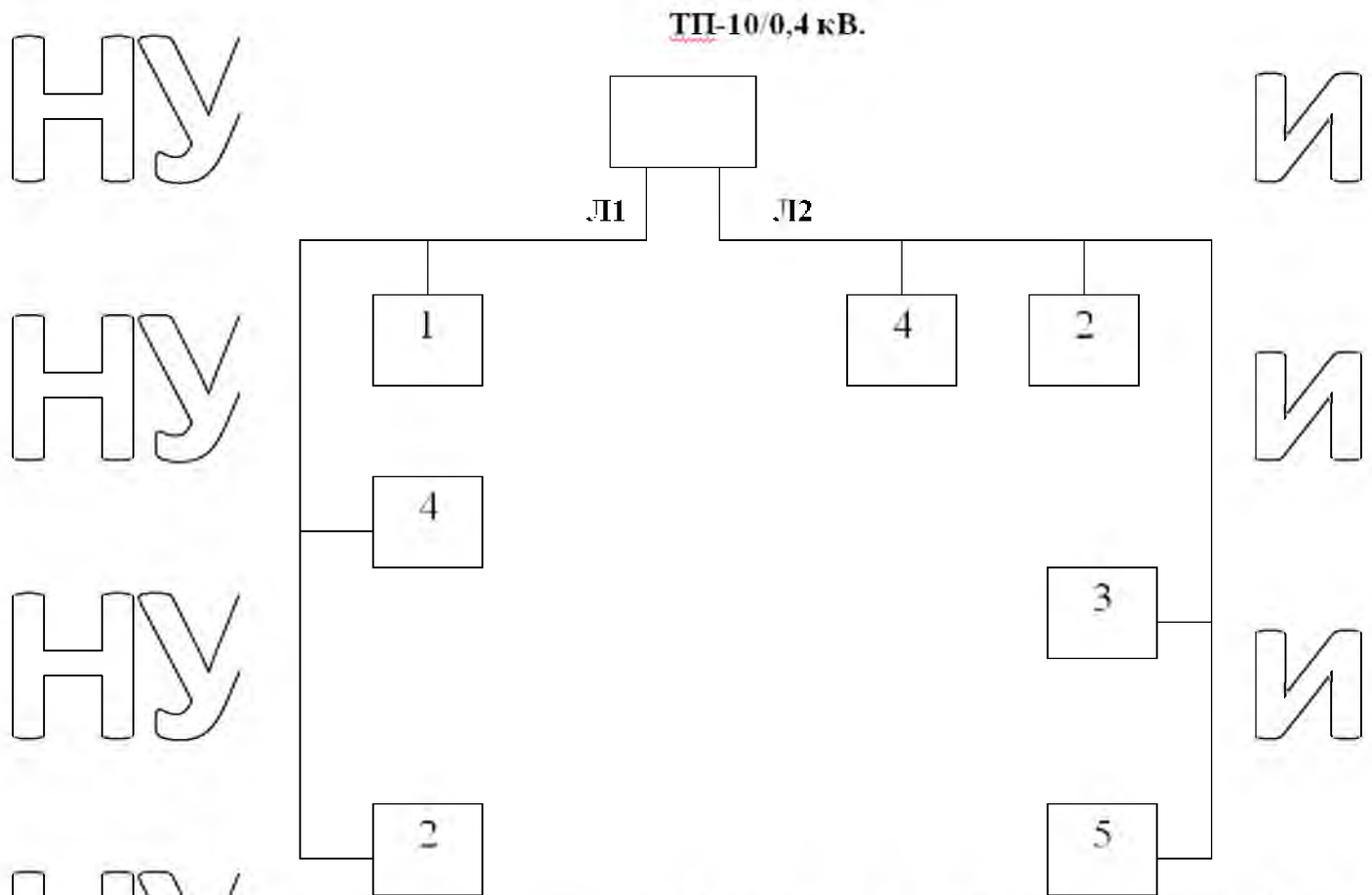


Рис. 6.1. Схема електричної мережі 0,38 кВ із нанесенням повторних заземлень нульового проводу:

1, 2 – корівник; 3 – телятник; 4 – свинарник-відгодівельник; 5 – котельня.

Тоді допустима величина опору заземлюючого пристрою, до якого приєднується нейтраль трансформатора з урахуванням, що питомий опір ґрунту менше 100 Ом·м, дорівнює 4 Ом.

n_i – кількість повторних заземлень нульового проводу.

$$R_{n1} = R_{n0} / n_1$$

$$R_{n1} = 30 / 3 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_{n2} = 30 / 4 = 7,5 \text{ Ом}$$

Сумарний опір всіх заземлюючих пристроїв у мережі 0,38 кВ буде:

$$R_{\text{пов}} = R_{\text{п1}} \cdot R_{\text{п2}} / R_{\text{п1}} + R_{\text{п2}} = 10 \cdot 7,5 / 10 + 7,5 = 1 \text{ Ом}$$

Знаючи $R_{\text{пов}}$ і $R_{\text{пр}}$ визначаємо їх сумарне значення.

$$R_{\text{екв}} = R_{\text{пр}} \cdot R_{\text{пов}} / R_{\text{пр}} + R_{\text{пов}} = 17,85 \cdot 1 / 17,85 + 1 = 1,06 \text{ Ом}$$

Оскільки $R_{\text{екв}} < R_{\text{д}}$, то $R_{\text{шт0,38}}$ приймається максимально допустимим за ПУЕ, тобто $R_{\text{шт0,38}} = 30 \text{ Ом}$. Висуваємо вимоги до заземлюючого пристрою з боку мережі 10 кВ.

Допустима величина опору заземлюючого пристрою визначається за формулою:

$$R_{\text{д}} = 125 / I_{\text{з3}} < 10 \text{ Ом} \quad (6.2)$$

де $I_{\text{з3}}$ – струм замикання на землю, А.

$$I_{\text{з3}} = \frac{U_{\text{л}} \cdot (Ln + 35Lk)}{350} \quad (6.3)$$

$$I_{\text{з3}} = \frac{10 \cdot (180 + 35 \cdot 15)}{350} = 20,3 \text{ А}$$

Тоді $R_{\text{д}} = 125 / 20,3 = 6,16 \text{ Ом}$

Цей опір, повинен бути забезпечений з урахуванням природного заземлювачів $R_{\text{пр}}$, літучих заземлювачів $R_{\text{шт}}$ і сумарного опору всіх повторних заземлень повітряної лінії 0,38 кВ:

$$1/R_{\text{д0,38}} = 1/R_{\text{пр}} + 1/R_{\text{шт}} + 1/R_{\text{пов}}$$

Визначаємо величину опору природного заземлювача $R_{пр}$, Ом - залізобетонного фундаменту підстанції будівлі за формулою:

$$\rho_{эф} = \rho_1 \left(1 - e^{-\frac{\alpha h}{\sqrt{S}}} \right) + \rho_2 \left(1 - e^{-\frac{\beta \sqrt{S}}{h}} \right) \quad (6.4)$$

де β і α – безрозмірні коефіцієнти, що залежать від співвідношення питомих електричних опорів в шарів землі;

$$\rho_{эф} = 200 \cdot \left(1 - e^{-\frac{3,6 \cdot 1,8}{\sqrt{20}}} \right) + 30 \cdot \left(1 - e^{-\frac{0,1 \cdot \sqrt{20}}{1,8}} \right) = 159,63 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Тоді $R_n = 0,5 \rho_{эф} / \sqrt{S_{ф}} = 0,5 \cdot 159,63 / \sqrt{20} = 17,848 \text{ Ом}$

Визначаємо загальний опір заземлюючих пристроїв на лінії 1:

$$1/R_{л.1} = 1/R_{11} + 1/R_{12} + 1/R_{13} \quad (6.5)$$

Оскільки $R_{11} = R_{12} = R_{13}$, то $R_{л.1} = R_{13} / R_{л.1} = 30 / 3 = 10 \text{ Ом}$

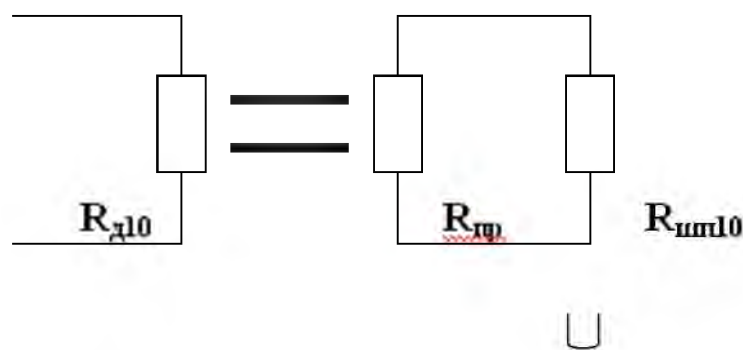


Рис. 6.2. Схема заміщення заземлюючого пристрою

Оскільки $R_{пр} > R_{д10}$, то опору штучного заземлювача $R_{шт10}$ визначається за схемою заміщення за формулою:

$$R_{шт10} = R_{пр} \cdot R_{д10} / (R_{пр} - R_{д10}) = 17,85 \cdot 6,16 / (17,85 - 6,16) = 9,14 \text{ Ом}$$

Після порівняння отриманих величин $R_{шт0,38}$ і $R_{шт10}$ для розрахунку приймаємо меншу з них, тобто $R_{шт10} = 9,14 \text{ Ом}$.

Визначаємо опори вертикальних і горизонтальних елементів заземлювача.

Опір одного вертикального заземлювача визначаємо за формулою:

$$R_e = \frac{k_c \rho_{екв}}{2\pi l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot h + l}{4 \cdot h - l} \right) \quad (6.6)$$

де k_c – коефіцієнт сезону;

h – відстань від поверхні землі до середини стержня;

d – діаметр стержня з круглим поперечним перерізом, м;

$$R_e = \frac{1,5 \cdot 159,6}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,012} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 5}{4 \cdot 3,3 - 5} \right) = 54,25 \text{ Ом}$$

Тоді провідність буде:

$$q_B = 1/R_B = 1/54,25 = 0,026 \text{ См}$$

Визначаємо попередню кількість вертикальних стержнів без урахування екранування між ними:

$$n = R_e / R_{шт}$$

$$n = 54,25 / 9,14 = 5,93 \text{ шт.}$$

Приймаємо 6 вертикальних стержнів.

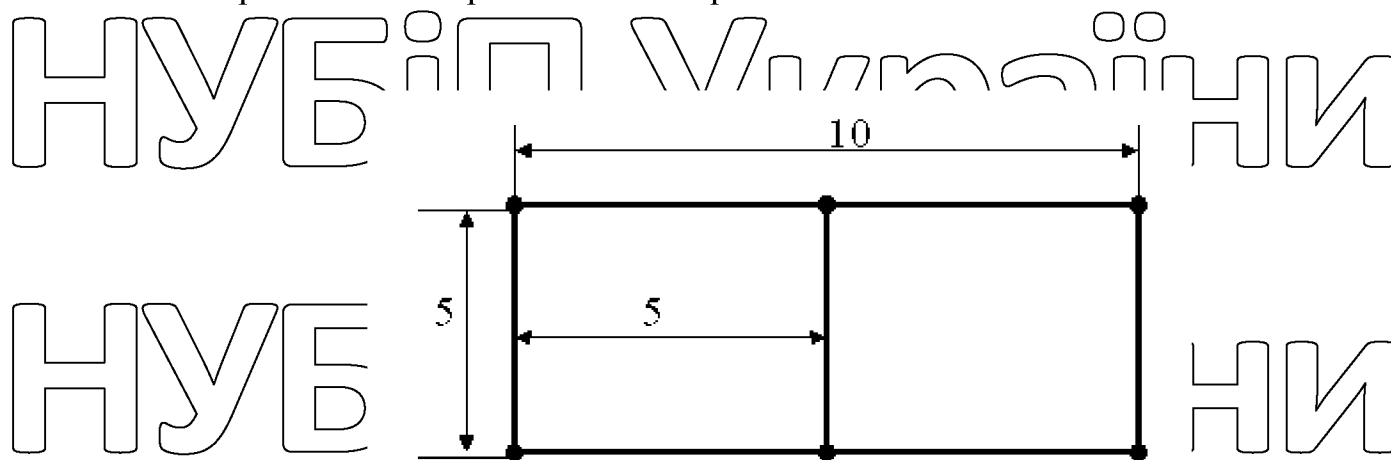


Рис. 6.3. Схема контуру заземлення підстанції.

Схема контуру заземлювача у вигляді прямокутника із відстанню між стержнями $a=5$ м, наведена на рис. 7.3., звідки видно, що довжина горизонтальних елементів заземлювача складає $L_r=30$ м. Для визначення опору горизонтальних елементів спочатку визначаємо еквівалентний опір ґрунту $\rho_{екв}$ з використанням лінійної інтерполяції:

$$\rho_1/\rho_2=200/30=6,6$$

$$h=2,5 \text{ м} \quad L_r=30 \text{ м}$$

$$\rho_1/\rho_2=6,6 \quad h=1 \text{ м} \quad L_r=30 \text{ м}$$

$$\rho_{екв}/\rho_r=2,6+(4,51-2,6) \cdot (6,6-5)/(10-5)=3,21$$

$$\rho_1/\rho_2=6,6 \quad h=3,3 \text{ м} \quad L_r=30 \text{ м}$$

$$\rho_{екв}/\rho_r=3,83+(7,33-3,83) \cdot (6,6-5)/(10-5)=4,95$$

$$\rho_1/\rho_2=6,6 \quad h=2,5 \text{ м} \quad L_r=30 \text{ м}$$

$$\rho_{екв}/\rho_r=3,21+(4,95-3,21) \cdot (2,5-1)/(3-1)=4,51$$

Тоді $\rho_{гг} = \rho_2 \cdot 4,51 = 30 \cdot 4,51 = 135,2 \text{ Ом}$

Тепер можна визначити опір горизонтального елемента заземлюючого контуру за формулою:

$$R_{\Gamma} = \frac{k_c \rho_{\text{е}}}{2\pi l_{\Gamma}} \cdot \ln \frac{2l_{\Gamma}}{b \cdot t}$$

$$R_{\Gamma} = \frac{2 \cdot 135,2}{2 \cdot 3,14 \cdot 30} \ln \frac{2 \cdot 30}{0,04 \cdot 0,8} = 3,25$$

Провідність горизонтальних елементів заземлювача буде:

$$q_{\Gamma} = 1/R_{\Gamma} = 1/3,25 = 0,307 \text{ См}$$

Визначаємо загальний опір заземлюючого пристрою $R_{\text{за}}$, для цього визначаємо коефіцієнт використання складного заземлювача.

Дано:

$$\rho_1/\rho_2 = 6,6 \quad h = 5 \text{ м} \quad h/l = 0,5 \quad a/l = 1 \quad n = 6 \quad \eta = 0,545$$

$$\rho_1/\rho_2 = 6,6 \quad h = 5 \text{ м} \quad h/l = 1 \quad a/l = 1 \quad n = 6 \quad \eta = 0,536$$

$$\rho_1/\rho_2 = 6,6 \quad h = 5 \text{ м} \quad h/l = 0,8 \quad a/l = 1 \quad n = 6 \quad \eta = 0,5429$$

Тоді опір штучного заземлювача трансформаторної підстанції визначається за формулою:

$$R_{\text{шт}} = \frac{1}{0,5429 \cdot (6 \cdot 0,026 + 0,307)} = 3,979 \text{ Ом}$$

Таким чином ($3,979 < 9,14$) штучний заземлювач є замкненим контуром, що включає 6 вертикальних стержнів довжиною 5 м, які з'єднанні штабою довжиною 30 м.

Загальний опір заземлюючого контуру з урахуванням природного заземлювача і повторних заземлювачів повітряної лінії при цьому буде:

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_n} + \frac{1}{R_{\text{шт}}} + \frac{1}{R_{\text{пов}}}$$

$$R_3 = \frac{1}{17,85} + \frac{1}{3,97} + \frac{1}{2,5} + \frac{1}{0,707} = 1,41 \text{ Ом}$$

Тоді $R_3 = 1,41 < 4 \text{ Ом}$, що задовольняє вимоги ПУЕ

6.6. Блискавкозахист виробничих приміщень

Розрахунок блискавкозахисту виконуємо для телятника. Приміщення знаходиться в зоні з середньорічною тривалістю гроз 60...80 годин, з середнім числом блискавок на 1 км^2 земної поверхні протягом року – 5, відноситься до III категорії влаштування блискавкозахисту, тип зони – Б.

Довжина будівлі $A = 78 \text{ м}$, ширина $B = 21 \text{ м}$, висота $h_0 = 5 \text{ м}$ (рис. 6.4). Для захисту від прямого удару приймаємо одиничний тросовий блискавковідвід.

Заземлення блискавковідводу виконане сталюю штабою $25 \times 4 \text{ мм}$, покладеною на ребро вздовж будівлі на відстані $0,8 \text{ м}$ від фундаменту.

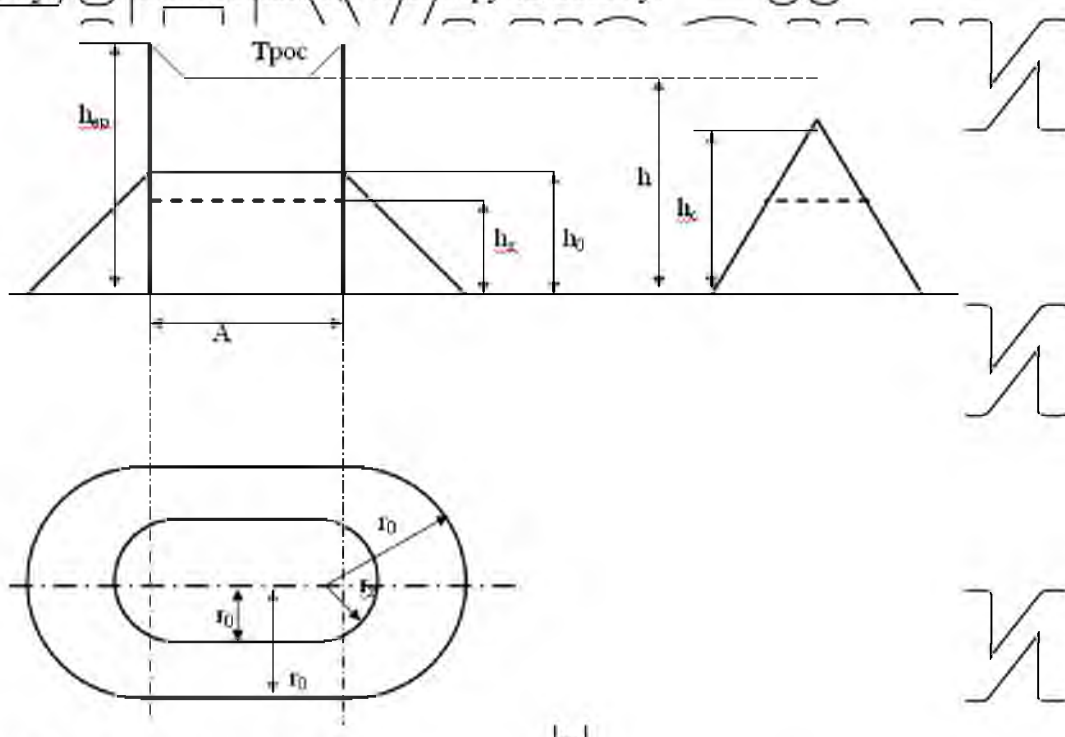


Рис. 6.4. Схема блискавкозахисту :

r_0 – радіус зони захисту на рівні поверхні землі;

r_0 – радіус зони захисту на висоті h від поверхні землі.

Характеристика зони захисту тросового блискавкозахисту визначається такими параметрами:

$$h_0 = 0,92 \cdot h \quad r_0 = 1,7 \cdot h$$

де h – висота верхнього кінця блискавковідводу, м

h_0 – висота корпусу блискавкозахисту, м
 r_0 – основа корпусу блискавкозахисту, м

$$h = (r_x + 1,85 \cdot h_x) / 1,7$$

де $h_x = 5$ м – висота споруди,
 $r_x = 10,5$ м – радіус кола, що утворюється при проведенні умовного перерізу зони захисту на висоті h_x .

$$h = (10,5 + 1,85 \cdot 5) / 1,7 = 11,6 \text{ м}$$

Підставивши знайдене значення h , отримаємо:

$$h_0 = 0,92 \cdot 11,6 = 10,6 \text{ м} \quad r_0 = 1,7 \cdot 11,6 = 19,7 \text{ м}$$

З цього можна зробити висновок, що будівля надійно захищена від уражень блискавкою.

6.7. Система протипожежного захисту

З охорони праці щільно пов'язана протипожежна профілактика, тому що пожежа на виробництві чи в побуті загрожує не тільки матеріальним цінностям але й здоров'ю, а іноді й життю людей.

Згідно з ПУЕ свинарник за класом пожежонебезпеки відноситься до приміщень класу Д-П. Для гасіння пожежі в приміщенні передбачений водопровід.

З обох сторін від входу до приміщення передбачене встановлення пожежного щита, комплектація якого вказана в таблиці 6.7 і ящика з піском

При виникненні пожежі необхідно негайно вимкнути всі електроустановки.

Гасити пожежу в електроустановках, що знаходяться під напругою, можна тільки вуглекислотним вогнегасником типів ВВ-2, ВВ-3, ВВ-5, ВВ-8, ВВ-2ММ, ВВ-5ММ;. Використовувати пінні вогнегасники в електроустановках заборонено, так як піна та піноутворюючі розчини проводять електричний струм.

Таблиця 6.7. Перелік первинних засобів пожегасіння

Найменування пристроїв та засобів пожегасіння	Марка	ГОСТ	Місце розташування	Кількість	Характеристика виробу
Вогнегасник пінний хімічний	ВХП-10	ДСТУ 3675-98	Пожежний щит		Місткість 10 л
Вогнегасник вуглекислотний	ВВ-5	ДСТУ 3675-98	Пожежний щит	1	Місткість 5 л
Відро			Пожежний щит	1	Місткість 10 л
Лопата			Пожежний щит	2	
Лом			Пожежний щит	1	
Багор			Пожежний щит	1	
Ящик з піском			Біля пожежного щита	1	Місткість 0,5 м ³
Сокира			Пожежний щит	1	

ВИСНОВКИ

НУБІП України

В магістерській роботі була розроблена й обґрунтована система енерго- й тепло- забезпечення тваринницької ферми невеликого фермерського господарства

із застосуванням біогазової установки. Проведено вибір технологічного силового

НУБІП України

електрообладнання, пуско-захисної апаратури, розрахунок освітлення у виробничих приміщеннях.

В роботі висвітлено питання по охороні праці та систему заходів що забезпечують електробезпеку.

НУБІП України

Аналіз отриманих даних показав переваги установки на тваринницькій фермі біогазового реактора.

Була обґрунтована ефективність біогазової установки для потреб тваринницької ферми ВРХ.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адольф Міровські, Гжегож Ланге, Іренеуш Елень. Chessman. Матеріали для проєктирования котельных и современных систем отопления: Пер з польс. – М.: Экоинформ, 2005. – 191с.
2. Драганов Б.Х. Основи теплотехніки і гідравліки : навч. посіб / Б.Х. Драганов, А.В. Міщенко, Ю.О. Борхаленко; За ред. Б.Х. Драганова. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 495 с.
3. Драганов Б.Х. Експлуатація теплоенергетичних установок і систем : підручник / Б.Х. Драганов, В.В. Іщенко, О.В. Шеліманова; За ред. проф. Б.Х. Драганова. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 320 с.
4. Драганов Б.Х. Теплоенергетичні установки і системи в сільському господарстві / Б.Х. Драганов, О.Ф. Буляндра, А.В. Міщенко; За ред. Б.Х. Драганова. – К.: Урожай, 1995. – 224 с.
5. Теплотехніка / [Драганов Б.Х., Долінський А.А. Міщенко А.В., Письменний Є.М.]; за ред. Б.Х. Драганова. – К.: «ІНКОС», 2005. – 504с.
6. Драганов Б.Х., Бессараб О.С., Міщенко А.В. Проєктування систем тепlopостачання сільського господарства. - Київ: Техніка, 2003. -161 с.
7. Дідур В.А., Стручаєв М.І. Теплотехніка, тепlopостачання і використання теплоти в сільському господарстві / За заг. ред. В.А. Дідура. – К.: Аграрна освіта, 2008. – 233 с.
8. Проєктування систем тепlopостачання сільського господарства / [Драганов Б.Х., Бессараб О.С., Міщенко А.В., Шутюк В.В.]; за ред. Б.Х. Драганова. – К.; Техніка, 2003. – 160 с.
9. Експлуатація теплоенергетичних установок і систем : підруч. / [Драганов Б.Х., Іщенко В.В., Шеліманова О.В.]; за ред. Б.Х. Драганова. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 230 с.
10. Методика дипломного проєктування з тепlopостачання [Текст] : навчальний посібник для студентів напрямку "Енергетика та електротехнічні системи

АПК" / В. В. Чекменьов [та ін.]. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2013. – 352 с.

11. Електропостачання агропромислового комплексу [Текст] : підручник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю "Енергетика сільськогосподарського виробництва" / В. В. Козирський, В. В. Капун, С. М. Волошин. - К. : Аграрна освіта, 2011. - 448 с.

12. Електропостачання агропромислового комплексу [Текст] : підручник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю "Енергетика сільськогосподарського виробництва" / В. В. Козирський, С. М. Волошин, Т. О. Романьок. - К. : Аграр Медіа Груп, 2013. - 497 с.

13. Проектування систем електропостачання [Текст] : навчальний посібник / В. В. Козирський, С. С. Макаревич, А. В. Петренко. - К. : ЦП Компринт, 2015. - 590 с.

14. Енергозбереження в системах електропостачання сільського господарства [Текст] : навчальний посібник // Т. Б. Іноземцев, В. В. Козирський, О. В. Окушко. - К. : ЦП "Компринт", 2015. - 151 с.

15. Регульований електропривід [Текст] : підручник для підготовки фахівців у вищих навчальних закладах II-IV рівнів акредитації для енергетичних спеціальностей / І. М. Голодний [та ін.] ; За ред. І. М. Голодного. - К. : ЦП "КОМПРИНТ", 2015. - 509 с.

16. Жулай Є.Д., Зайцев Б.В., Лаврінченко Ю.М. та інші. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній. 7.091901 – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.

17. Козирський В.В. Smart grid технології в в системах енергоживлення [монографія] : монографія / В. В. Козирський, О. В. Гай. - К. : ЦП "Компринт", 2015. - 337 с.

18. Некрасов В. Микробиологическая анаэробная конверсия биомассы. // – Lambert Academic Publishing, 2014. – 688с.

19. AT Information: Biogas, GTS project Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT), 1996, Eshborn, Deutschland

20. Дубровский В. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов // В. Дубровский, У. Виестур. - Рига: Зинатне, 1988.

21. ОФ «Флюид». Биоэнергетические модули для анаэробного сбраживания навоза типа БЭМС с реакторами объемом 5,0; 25,0; 50,0; 100,0 м³ / Руководство по эксплуатации. - Бишкек. - 2004.

22. Веденев А.Г. Биогазовые установки. - ОФ «Флюид». Ассоциация «Фермер», 2005.

23. BiogasWorks. - 2002. - Режим доступа: www.biogasworks.com

24. Скляр О.Г. Основи біогазових технологій та параметри оптимізації процесу зброджування / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ, 2009. - Вип. 9. - Т. 1. - С. 20 - 30.

25. Скляр О.Г. Обґрунтування схеми біогазової установки для господарств України / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ, 2010. - Вип. 10. - Т. 5. - С. 36 - 44.

26. Сонячні колектори/геліоенергетика [Електронний ресурс]. - Режим доступа: <http://www.progress21.com.ua>.

27. Гришко Л. Не газом єдиним або звідки взяти енергію [Електронний ресурс]. - Режим доступа: <http://www.conf.oboz.ua>.

28. Чикор О.В. Альтернативні джерела енергії: реальність та перспективи для України // Економіка в умовах глобалізації - проблеми, тенденції, перспективи : 1-ша міжнародна наук.-практ. інтернет-конференція, 25 лютого-1 березня 2013 р., Дніпропетровськ-Жешув : зб. матеріалів. - 2013. - С. 202-205.

29. Пелети – паливний матеріал майбутнього (27.07.10) [Електронний ресурс]. - Режим доступа: <http://pvo-dominion.uaprom.net>

30. Чекменьов В.В., Бендера І.М., Горобець В.Г. та інші. Методика дипломного проектування з теплопостачання. – Кам'янець-Подільський, ФОП Сисин, 2013. – 551с.

31. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів /Держенергонагляд України.: -К.: Дисконт, 1995. - 260с.

32. Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж /Держенергонагляд України.: - К.: Дисконт, 1995. - 81с.

33. Правила безпечної експлуатації електроустановок. ДНАОП 1.1. 10-1.01-97. Держнаглядохоронпраці України. - К.: Основа, 1997. - 265 с.

34. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. ДНАОП 0.00.1.21.-98. /Держнаглядохоронпраці України.: - К.: Основа. 1998. - 380с.

35. ДСТУ 2339-94 «Енергозбереження. Основні положення».

36. ДСТУ 2420-94 «Енергозбереження. Терміни та визначення».

37. ДСТУ 4110-2002 «Енергоощадність. Методика аналізу та розрахування питомих витрат енергоресурсів» (ANSI/IEEE 739:1995, NED).

38. ДСТУ 2671-94 «Теплоутилізатори. Методи випробування».

39. ДСТУ 2677-94 «Теплоутилізатори. Типи та основні параметри».

40. ДСТУ 3581-97 (ГОСТ 30517-97) «Енергозбереження. Методи вимірювання і розрахунку теплоти згоряння палива».

41. ДСТУ 3401-97 (ГОСТ 30486-97) «Енергозбереження. Методи та засоби вимірювань теплових величин. Загальні положення».

42. ДСТУ 4035-2001 (ГОСТ 25380-2001) «Енергозбереження. Будівлі та споруди.

Методи вимірювання поверхневої густини теплових потоків та визначення

коефіцієнтів теплообміну між огорожувальними конструкціями та довкіллям».

43. ДСТУ 3818-98 «Енергозбереження. Вторинні енергетичні ресурси. Терміни та визначення».

44. ДСТУ 4090-2001 (ГОСТ 31188-2003) «Енергозбереження. Ресурси

енергетичні вторинні. Методика визначення показників виходу та використання (ГОСТ 31188-2003, ІТД)»

45. ДСТУ 2275-93 «Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювальні джерела

енергії. Терміни та визначення».

46. ДСТУ 3569-97 (ГОСТ 30514-97) «Енергозбереження. Нетрадиційні та

поновлювальні джерела енергії. Основні положення»

<https://zorg-biogas.com/ru>

<https://agrobiogas.com.ua/ru/biogaz-from-biomass/>

<https://mhp.com.ua/ru/pro-kompaniu/biogaz-ta-mhp-eko-enerdzi>

<https://sovet-ingenera.com/eco-energy/bio-fuel/biogaz-iz-navoza.html>

<https://ecodevelop.ua/ru/russkii-biogaz-kak-alternativa-prirodnomu-gazu/>

<https://bakertilly.ua/ru/news/id43/10>