

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

УДК 636.5(075)

**ПОГОДЖЕНО**  
Директор ННІ енергетики,  
автоматики і енергозбереження

проф. д.т.н. /КАПЛУН В.В./  
(підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

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

доц. к.т.н. /ОКУШКО О.В./  
(підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему: „РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ  
ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ДОЗУВАННЯ КОРМІВ У  
КОРМОЦЕХУ СВИНОФЕРМИ”**

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

**Гарант освітньої програми**

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

(підпис)

Усенко С.М.

(ПІБ)

**Керівник магістерської роботи**

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

(підпис)

Синявський О.Ю.

(ПІБ)

**Виконав**

(підпис)

Мазепа В.О.

(ПІБ)

**Київ – 2024**

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
електротехніки, електромеханіки та  
електротехнологій**

\_\_\_\_\_ **ОКУШКО О.В.**  
(підпис)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ  
Мазені В'ячеславу Олеговичу**

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: „ Розроблення та дослідження електротехнологічної системи дозування кормів у кормоцеху свиноферми ”  
затверджена наказом ректора НУБіП України від 26.09.2024 № 166”С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15. 11 . 2024

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

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

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз обладнання для дозування кормів.

2. Аналіз технологічного та електротехнічного обладнання кормоцеху свиноферми.

3. Розроблення автоматизованого електротехнологічного обладнання для дозування подрібнених коренбульбоплодів та його дослідження.

4. Зажодиз енергозбереження в кормоцеху свиноферми.

5. Охорона праці.

6. Техніко-економічна оцінка інженерних рішень.

Дата видачі завдання 27.09.2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Синявський О.Ю.**  
(ПБ)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Мазепа В.О.**  
(ПБ)

## **РЕФЕРАТ**

Магістерська робота: 76 с., 18 рис., 15 табл., 29 джерел.

**Об'єкт дослідження** – технологічні процеси дозування кормів у кормоцеху свинівідгодівельної ферми.

**Мета досліджень** – розроблення і обґрунтування параметрів системи електротехнологічного обладнання для дозування кормів у кормоцеху свинівідгодівельної ферми, що забезпечує підвищення якості приготування кормів та зменшення енергоємності продукції.

**Методи дослідження та апаратура:** моделювання, методи математичної статистики тощо; застосування сучасних приладів та методів вимірювання і обробки їх результатів за допомогою ПК, амперметри, вольтметри.

Проведений аналіз обладнання для дозування кормів в комоцеху свинівідгодівельної ферми. Проаналізовано технологічне та електротехнічне обладнання для приготування кормів, вентиляції та водопостачання кормоцеху, а також освітлення кормоцеху.

Розроблені заходи з енергозбереження в кормоцеху. Розглянуті питання безпеки праці та протипожежної безпеки у кормоцеху свинівідгодівельної ферми.

Обґрунтована функціональна схема системи автоматизованого електрообладнання для дозування подрібнених соковитих кормів у кормоцеху свинівідгодівельної ферми, вибране електротехнічне обладнання. Проведені дослідження НВЧ-вологоміра витрати соковитих кормів та обґрунтовані його параметри.

**Галузь застосування** – тваринництво.

**Ключові слова:** кормоцех свиноферми, технологічні процеси кормоцеху, автоматизація дозування кормів.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ПРОЦЕС ДОЗУВАННЯ КОРМІВ У КОРМОЦЕХАХ	10
1.1 Способи дозування кормів	10
1.2 Функціональні схеми дозаторів	10
1.3 Характеристика кормоцеху свиновідгодівельної ферми	14
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ КОРМОЦЕХУ СВИНОВІДГОДІВЕЛЬНОЇ ФЕРМИ	15
2.1 Технологія приготування кормів на свинофермі	15
2.2 Технологічне обладнання кормоцеху свиноферми	16
2.3 Силове електрообладнання кормоцеху	21
2.4 Освітлення кормоцеху	26
2.5 Силові електропроводки	27
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОЗУВАННЯ ПОДРІБНЕНИХ КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ	32
3.1 Теоретичне обґрунтування підвищення точності дозування соковитих кормів	32
3.2 Удосконалення електропривода для дозування кормів	34
3.3 Вибір апаратів керування та захисту	40
3.4 Обґрунтування мікрохвильового способу вимірювання витрати подрібнених кормів, розробка та дослідження НВЧ-воломіра	42
3.5 Розробка системи автоматизованого електрообладнання подрібнювача коренебульбоплодів ИКС-5М	46
3.6 Розроблення електропривода шнека подрібнювача коренебульбоплодів ИКС-5М	49
РОЗДІЛ 4 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В КОРМОЦЕХУ СВИНОФЕРМИ	52
РОЗДІЛ 5 ЗАХОДИ З БЕЗПЕКИ ПРАЦІ НА ОБ'ЄКТІ ТА ВИБІР ЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ	56

	5
5.1 Аналіз умов праці на підприємстві і визначення категорій виробництв, приміщень та класів виробничих зон	56
5.2 Розрахунок індивідуальних засобів захисту	58
5.3 Розрахунок заземлюючого пристрою трансформаторної підстанції	60
5.4 Блискавкозахист	65
5.5 Пожежна безпека	67
РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ДОЗУВАННЯ СОКОВИТИХ КОРМІВ	69
ВИСНОВКИ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

$M$  – момент;

$t$  – час;

$T$  – температура;

$\omega$  – кутова швидкість;

$\omega_0$  – синхронна кутова швидкість;

$s$  – ковзання двигуна;

$K_3$  – коефіцієнт запасу;

$\eta_{II}$  – к.к.д. передачі;

$J$  – момент інерції;

$n$  – частота обертання;

$P$  – потужність двигуна;

$\mu$  – кратність моменту;

$v_t$  – швидкість нагрівання двигуна;

$I$  – сила струму;

$U$  – напруга;

$W$  – вологість корму;

$m$  – маса корму;

$S_{розр}$  – максимальне розрахункове навантаження на ділянці лінії;

$R$  – активний опір;

$x$  – реактивний опір;

$\cos\varphi$  – коефіцієнт потужності.

## ВСТУП

Нині сільськогосподарське виробництво базується на сучасних технологіях, які широко використовують електроенергію. В зв'язку з цим зросли вимоги до надійності електропостачання сільськогосподарських об'єктів, до якості електроенергії, до її економного використання і раціональних витрат енергетичних і матеріальних ресурсів.

Механізація та автоматизація відіграють важливу роль у підвищенні продуктивності праці в тваринництві і птахівництві, збільшенні виробництва продукції з одиниці виробничої площі. Цьому, зокрема, сприяють впровадження сучасних автоматизованих технологічних потокових ліній, більш ефективного використання існуючих машин та обладнання.

Однією з найважливіших умов розвитку тваринництва є створення надійної кормової бази. У зв'язку з цим велика увага приділяється приготуванню кормів.

На основі покращення кормової бази, використання досягнень селекції і генетики, нових біологічних методів, якісного покращення молодняку підвищується продуктивність тварин і птиці.

Характерна ознака цієї галузі є вузька спеціалізація з впровадженням нового технологічного обладнання, засобів електрифікації виробничих процесів і механізації. Заміна застарілого обладнання на сучасніше забезпечує покращення якості продукції і суттєве підвищення продуктивності праці.

Мета досліджень – розроблення і обґрунтування параметрів системи електротехнологічного обладнання для дозування кормів у кормоцеху свиновідгодівельної ферми, що забезпечує підвищення якості приготування кормів та зменшення енергоємності продукції.

Об'єктом досліджень є технологічні процеси дозування кормів у кормоцеху свиновідгодівельної ферми.

Предмет досліджень – структура автоматизованого електротехнологічного обладнання для дозування кормів у кормоцеху свиновідгодівельної ферми та параметри відповідного електрообладнання.

Теоретична цінність отриманих результатів полягає в обґрунтуванні структури та параметрів системи автоматизованого електротехнологічного обладнання для дозування подрібнених соковитих кормів у кормоцеху свиновідгодівельної ферми.

Практична цінність отриманих результатів полягає у розробці системи автоматизованого електротехнологічного обладнання для кормоцеху свиновідгодівельної ферми

Методи дослідження та апаратура: моделювання, методи математичної статистики тощо; застосування сучасних приладів та методів вимірювання і обробки їх результатів за допомогою ПК .

На захист магістерської роботи виносяться:

1. Система технологічного та електротехнічного обладнання для кормоцеху свиновідгодівельної ферми.

2. Структура та параметри системи автоматизованого електротехнологічного обладнання для дозування подрібнених соковитих кормів.

3. Заходи з енергозбереження та охорони праці в кормоцеху свиновідгодівельної ферми.

В цій магістерській роботі проведений аналіз технологічного та електротехнічного обладнання для кормоцеху свиновідгодівельної ферми, розглянуті питання енергозбереження та охорони праці в кормоцеху, обґрунтована структура та параметри системи автоматизованого електротехнологічного обладнання для дозування подрібнених соковитих кормів, наведені техніко-економічні показники застосування розробленого автоматизованого електрообладнання в кормоцеху свиновідгодівельної ферми.

### **Апробація результатів роботи. Публікації.**

Мазепа В.О., Синявський О.Ю. Система автоматичного дозування подрібнених соковитих кормів. Тези доповідей 77-тої науково-практичної конференції

студентів «Енергозабезпечення, електротехнології, електротехніка та інтелектуальні управляючі системи в АПК, м. Київ, 25 квітня 2024 р. С.59.

## РОЗДІЛ 1

### ПРОЦЕС ДОЗУВАННЯ КОРМІВ У КОРМОЦЕХАХ

#### 1.1 Способи дозування кормів

Важливим чинником підвищення якості кормів та його раціонального використання є автоматизація процесу дозування. Дозування кормів здійснюється у спеціальних пристроях, названих дозаторами, які класифікують насамперед за призначенням: для сипких кормів, коренеклубнеплодів, грубих та соковитих стеблинних кормів, рідких кормів, добавок та кормових сумішей.

Спосіб дозування може бути масовим або об'ємним, порційним або безперервним. При масовому порційному дозуванні можна точно скласти рецепт раціону, тому його застосовують у лініях з приготування преміксів, білково-вітамінних добавок і комбікормів. Масове безперервне дозування є менш точним, ніж об'ємне, і тому його застосовують рідше.

Об'ємне безперервне дозування застосовують у лініях з переробки кормів, при завантаженні подрібнювачів у кормоцехах та складанні простих та повнораційних кормових сумішей.

Об'ємне повнораційне дозування застосовують у лініях з виробництва комбікормів.

#### 1.2. Функціональні схеми дозаторів

За конструкцією розрізняють об'ємні та масові дозатори. За характером роботи можуть бути порційної чи періодичного дії. Безперервне дозування здійснюють стрічкові, барабанні, вібраційні та шнекові дозатори. Порційні дозатори об'ємного дозування мають таровані ємності. Для масового дозування у найпростішому випадку використовують звичайні ваги, а комбікормовому виробництві – спеціальні ваги-дозатори.

Основна вимога до дозаторів - дотримання заданої точності відмірювання або зважування. На рис.1.1 показано найпоширеніші схеми дозаторів.

Барабанний дозатор призначений для дозування основних сипких компонентів комбікорму. Його комірчастий барабан складений із шести зміщених за гвинтовою лінією секцій, розміщених на загальному валу. Вал барабана приводиться в дію за допомогою кривошипно-кулісного механізму. Вал привода за допомогою системи важелів і тяг приводить у рух шатуни, обладнані собачками. Собачки по черзі входять у зачеплення з храповим колесом валу барабана та обертають його. Продуктивність дозатора можна регулювати, переставляючи каретку і тим самим змінюючи амплітуду коливань шатунів, які закріплені на загальному валу.

Дозатори можна встановлювати окремо або у системі групового привода. Окремі дозатори відключаються при виведенні собачок із зачеплення із храповим механізмом.

Тарілчасті дозатори (рис. 1.1, е) мають робочий орган у вигляді диска 12, з якого продукт при обертанні диска знімається скребком 13. Продуктивність дозатора регулюють, переміщуючи манжету 14 на вихідній горловині бункера або змінюючи кількість сипкого продукту.

Продуктивність такого дозатора залежить від частоти обертання диска та глибини занурення скребка в шар продукту.

Шнекові дозатори (рис. 4.8, в) застосовують для дозування сипких продуктів у тих випадках, коли неістотний вплив шнека на продукт можна не враховувати. Продуктивність цих дозаторів регулюють, змінюючи частоту обертання шнека або положення заслінки подачі. Продуктивність шнекового дозатора визначають за формулою оцінки продуктивності шнекового транспортера.

Вібраційні дозатори мають лоток, що приводиться в коливальний рух від вібродвигуна, коливального ексцентрикового механізму або іншого привода (пневмоприводу та ін.). Для рідких кормів та добавок можна застосовувати витратоміри з насосами.

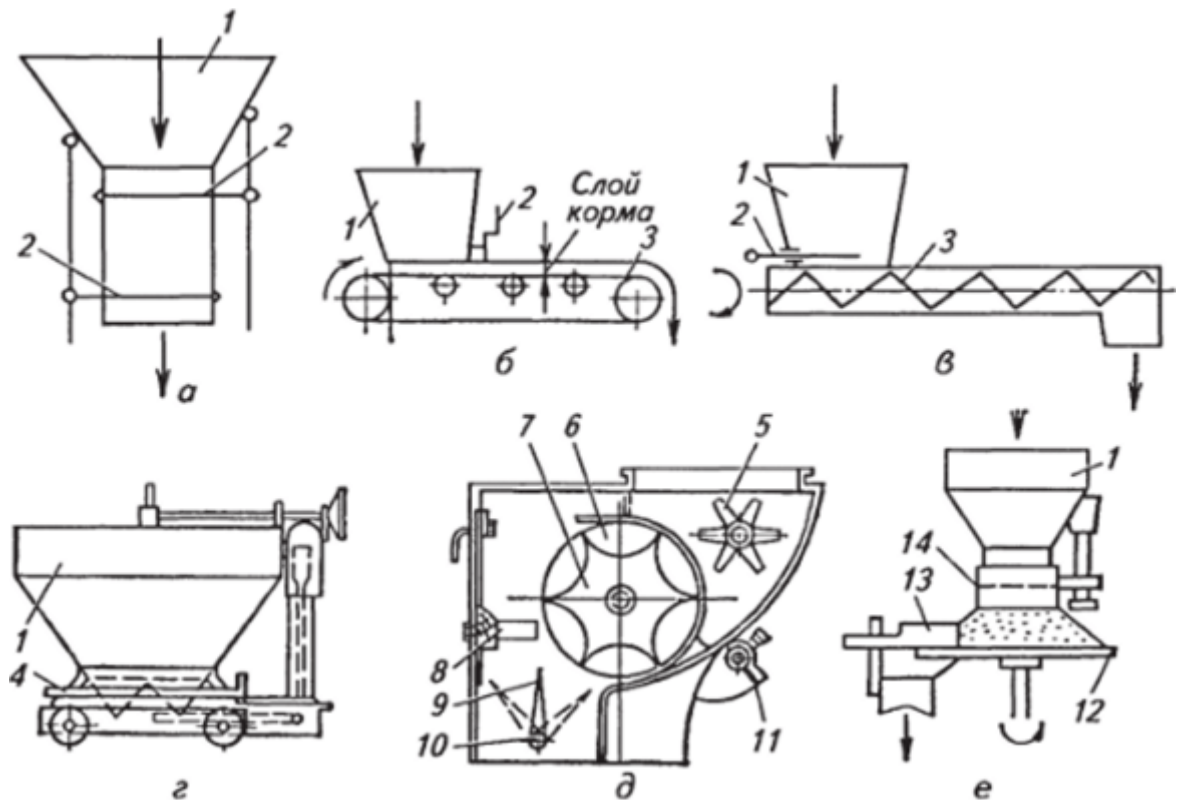


Рис. 1.1. Схеми лозаторів кормів:

*a* – об'ємного порційного; *б* – стрічкового об'ємного; *в* – шнекового об'ємного; *г* – масового; *д* – барабанного об'ємного (ДП-1); *е* – тарілчастого;

1 – бункер; 2 – заслінка; 3 – транспортер-дозатор; 4 – платформа ваг;

5 – спонукач подачі; 6 – секції дозатора; 7 – комірчаста котушка;

8 – магніти; 9 – перекидний клапан; 10 – вісь клапана; 11 – вал привода дозатора; 12 – диск; 13 – скребки; 14 – манжета

Особливість дозування рідких компонентів - необхідність попереднього підігрівання через їх високу в'язкість. Виходячи з цього, у пристроях для введення рідких компонентів передбачено два окремі контури керування: розігріванням та дозуванням. Контур керування розігріванням не має істотних особливостей, пов'язаних з характеристиками середовищ, що нагріваються. Як правило, використовують П-регулятор (іноді прямої дії), керуючий положенням регулюючого клапана на лінії подачі або відведення гріючого теплоносія.

Серед конструкцій витратомірів в'язких рідин слід зазначити пристрій для дозування кормового жиру. Потік в'язкої рідини, пройшовши через фільтр і

пневматичний клапан, що обігривається, надходить у вимірювальну камеру, де знаходиться спеціальний ротор, що приводиться в обертання потоком рідини. Кількість рідини, яка пройшла через камеру, визначається частотою обертання ротора, кожен оборот якого супроводжується відсіканням певного об'єму рідини, укладеної між ротором і корпусом вимірювальної камери. Частоту обертання ротора вимірюють частотно-індукційним перетворювачем, сигнал якого масштабується і подається на показчик поточної витрати, інтегруючий блок, що вимірює кількість компонента комбікорму, що пройшов через прилад, і на задавач дози, за допомогою якого оператор задає необхідну кількість рідини. Процес дозування може бути повторений простим натисканням кнопки «Пуск».

Для вимірювання витрати електропровідної рідини можна використовувати індукційний витратомір. Основою конструкції цього приладу є відрізок труби з немагнітного матеріалу, вміщений у магнітне поле. При протіканні в трубі електропровідної рідини створюється ЕРС, пропорційна середній швидкості руху потоку.

Наведену в потоці ЕРС вимірюють за допомогою двох електродів, що монтується на внутрішній поверхні труби в нейтральній площині магнітного поля. Витрата рідини розраховують з точністю до 1,5 % за відомою густиною, швидкістю руху та діаметра трубопроводу на спеціальному обчислювальному пристрої.

Один із рідких компонентів комбікорму – меляса. Установка для її введення в комбікорм складається з підігрівача, насоса, індукційного витратоміра, дозатора та розбризкувача. При роботі установки поплавковий регулятор підтримує постійний рівень меляси в нагрівальному баці і, що особливо важливо, дозує її пропорційно витраті комбікорму, тому що вали насоса-дозатора меляси та шнекового живильника-змішувача комбікорму мають загальний привод. При цьому конструкція насоса-дозатора передбачає можливість ручного регулювання його продуктивності, а автоматичне блокування – автоматичне зупинення при випорожненні нагрівального бака меляси або бункера-змішувача комбікормів.

У разі переповнення нагрівального бака насос, що подає мелясу, зупиняється і через деякий час реверсується. З цього моменту починається відкачування меляси, що заповнює трубопровід, назад у сховище. Остання операція необхідна виключення кристалізації нерухомого продукту в трубах.

### **1.3 Характеристика кормоцеху свиновідгодівельної ферми**

Обладнання кормоцеху побудоване за принципом потокових технологічних ліній. В ньому є лінія концентрованих кормів, підготовки коренебульбоплодів, зелених кормів та силосу, відвійок, змішування та вивантаження готових кормів.

Продуктивність кормоцеху 2–3 т/год. Встановлена потужність електродвигунів 52, 7 кВт. Затрати праці на приготування 1 т кормосуміші складають 1,4 люд.-год. Обслуговують кормоцех 3 людини.

Керування всіма технологічними процесами кормоцеху здійснюється централізовано з пульта керування. Допоміжні машини та обладнання монтуються безпосередньо на місці встановлення.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ КОРМОЦЕХУ СВИНОВІДГОДІВЕЛЬНОЇ ФЕРМИ

#### 2.1 Технологія приготування кормів на свинофермі

Основними видами кормів на свиновідгодівельній фермі є коренебульбоплоди, харчові відходи, силос, трав'яне борошно, молоко, обрат, комбікорми та різні вітамінні добавки. Приготування кормів здійснюється в кормоцеху.

В кормоцеху свиновідгодівельної ферми виконуються такі технологічні операції: подача і переробка коренебульбоплодів; подача концентрованих кормів; подрібнення зеленої маси; змішування і запарювання, видача готового корму.

Кормоцехи або блокуються з свинарниками, або мають з ними транспортний зв'язок. У корм тваринам йдуть сухі суміші з концентрованих кормів, трав'яної муки з додаванням інших компонентів, подрібнені соковиті корми і силос, вологі кормосуміші з концентрованих кормів, силосу, трав'яної муки, картоплі або цукрового буряка, варені суміші харчових відходів і концентрованих кормів тощо.

Кормоцех може включати декілька технологій приготування кормів. Технічне обладнання такого цеху об'єднують у виробничі потокові лінії для приготування і роздачі кормів.

Технологія приготування кормових сумішей така:

1. Лінія зелених кормів і силосу:

Зелені корми і силос проходить очищення, подрібнення, дозування, змішування.

2. Лінія коренебульбоплодів:

Заготовляють у натуральному вигляді. Перед подачею їх у кормосуміш проводять їх попередню мийку, далі подрібнення, дозування, змішування.

3. Лінія концентрованих кормів:

Концентровані корми проходять очищення, дозування, змішування.

4. Лінія змішування і запарювання:

Корми і відвійки надходять у змішувач, де перемішуються і запарюються.

5. Лінія вивантаження готових кормів.

Ця лінія є кінцевою і підсумовує роботу кормоцеху. Готова суміш подається на вихід кормоцеху, де вивантажується у транспортні засоби.

Враховуючи раціон тварин (табл.2.1), вибираємо обладнання для кормоцеху.

Таблиця 2.1

**Кількість кормів, необхідних для свиноферми**

Поголів'я, голів	Концентровані корми	Коренебульбоплоди	Силос	Сіно бобових	Всього
На одну голову, кг	2,4	2,3	1,2	0,4	6,3
На 2000 голів, т	4,8	4,6	2,4	0,8	12,6

**2.2 Технологічне обладнання кормоцеху свиноферми**

Технологічне обладнання вибирається відповідно до продуктивності, швидкості обертання механізмів і за потужністю.

Для свиновідгодівельної ферми на 2000 голів вибираємо кормоцех КЦС-2000 [18].

Обладнання кормоцеху зкомпоноване за принципом потокових технологічних ліній. В ньому є лінії концентрованих кормів, підготовки коренебульбоплодів, зелених кормів та силосу, змішування, вивантаження готових кормів.

Розрахунок продуктивності ліній кормоцеху виконують за формулою:

$$Q = \frac{W}{T\tau}, \quad (2.1)$$

де  $W$  – кількість кормів, яка підлягає переробці, кг;

$T$  – час роботи машини, год;

$\tau$  – коефіцієнт використання змінного часу.

Лінія концентрованих кормів призначена для приймання, зберігання і дозованої подачі концентрованих кормів у змішувачі. Розрахункова продуктивність лінії концентрованих кормів:

$$Q = \frac{2,4}{0,5 \cdot 1} = 4,8 \text{ т / год.}$$

Лінія концентрованих кормів складається із живильника ПК-6,0, змонтованого нижче рівня землі в бетонному приймці об'ємом 15 м<sup>3</sup>, та завантажувального шнеку ШЗС-40М, який подає корм до змішувача. Дозування кормів здійснюється за часом роботи живильника ПК-6,0. Продуктивність лінії 5 – 6 т/год.

Розрахункова продуктивність лінії підготовки коренебульбоплодів:

$$Q = \frac{2,3}{0,5 \cdot 1} = 4,6 \text{ т / год.}$$

В лінію підготовки коренебульбоплодів входить приймальний бункер, об'ємом 9 м<sup>3</sup>, розміщений нижче рівня землі, транспортер коренебульбоплодів ТК-5Б, подрібнювач ИКС-5М.

Коренебульбоплоди підвозять самоскидами до кормоцеху і висипають їх у бункер. Буряк із бункера подають транспортером ТК-5Б в подрібнювач ИКМ-5М, очищають від каміння, миють, подрібнюють та шнеком ШЗС-40М завантажують у змішувач кормів. Відмитий бруд із подрібнювача ИКС-5М видаляють насосом 2<sup>1/2</sup>НФ трубами діаметром 80–120 мм. Подачу коренебульбоплодів дозують за часом роботи транспортера ТК-5Б. Продуктивність лінії 5 т/год.

Розрахункова продуктивність лінії підготовки зелених кормів:

$$Q = \frac{1,6}{0,5 \cdot 1} = 3,2 \text{ т / год.}$$

Зелені корми та силос подрібнюються на подрібнювачі кормів ИКВ-Ф-5А “Волгарь-5” та скребковим транспортером ТС-40С подаються в завантажувальний шнек ШЗМ-40М. Продуктивність лінії 5 – 10 т/год.

Розрахункова продуктивність лінії змішування:

$$Q = \frac{6,3}{1,25 \cdot 1} = 5 \text{ т/год.}$$

Корми змішуються змішувачем С-12. Всередині змішувача знаходяться дві мішалки, які обертаються в різні боки. Перероблені корми завантажуються в змішувач завантажувальним шнеком ШЗМ-40М через завантажувальну горловину з шиберною заслінкою. В змішувач пара поступає через труби, розміщені у нижній частині корпусу. Вода поступає через трубу, розміщену у верхній частині корпусу. Відвійки подаються відцентровим насосом К20/30 із резервуара для молока РМЦВ-2. Вивантажується готовий корм вивантажувальним шнеком, розміщеним у нижній частині корпусу змішувача між лопатями. Він заблокований з механізмом заслінки і вмикається на вивантаження кормів тільки після повного відкривання вивантажувальної горловини. Продуктивність змішувача 5 т/год.

Розрахункова продуктивність лінії вивантажування готових кормів:

$$Q = \frac{6,3}{0,5 \cdot 1} = 12,6 \text{ т/год.}$$

Лінія вивантажування готових кормів складається із вивантажувального шнека ШВС-40М та скребкового транспортера ТС-40М. Продуктивність лінії 10 – 40 т/год.

Технологічна схема кормоцеху показана на рис. 2.1. Перелік машин та обладнання кормоцеху подані в табл. 2.2.

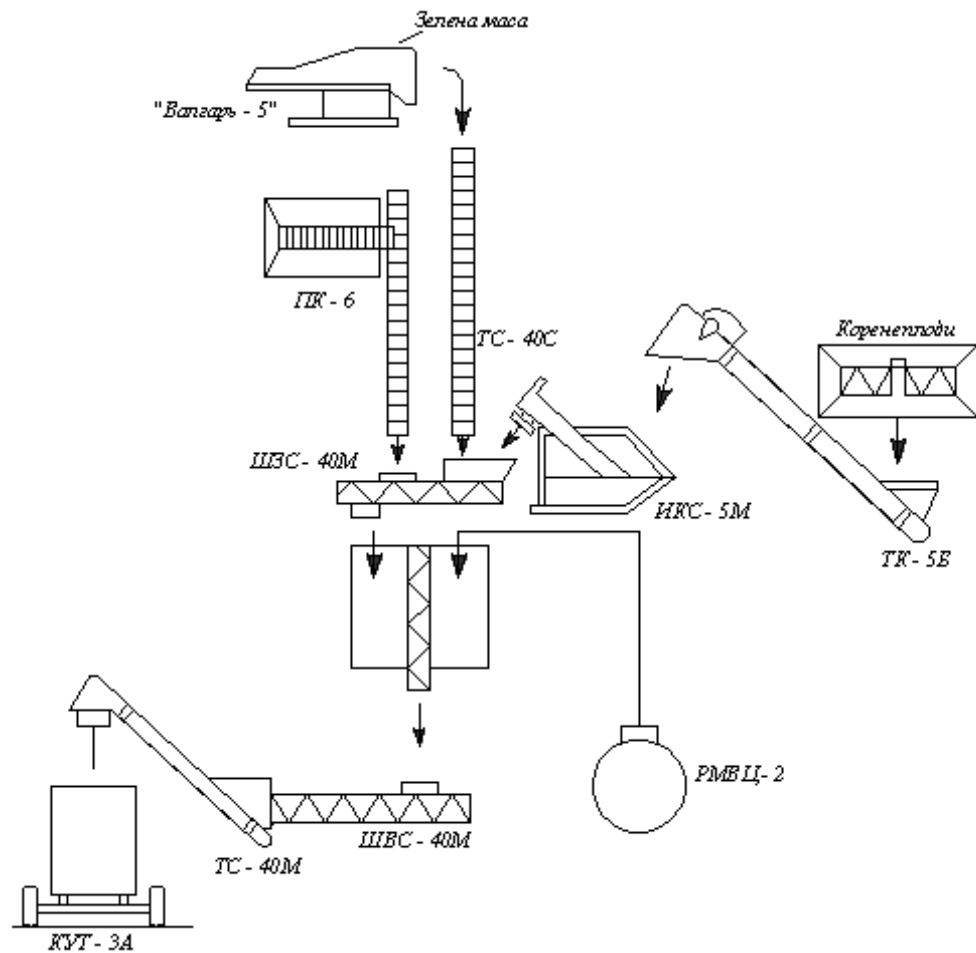


Рис. 2.1. Технологічна схема кормоцеху

Таблиця 2.2

## Перелік технологічного обладнання кормоцеху

№ п/п	Найменування	Марка	Кількість, шт	Потужність, кВт	Технічна характеристика
1	Подрібнювач коренебульбоплодів	ИКС-5М	1	7,5 1,5	продуктивність 10 т /год
2	Транспортер коренебульбоплодів	ТК-5Б	1	1,5 1,5	продуктивність 5 т /год
3	Живильник концкормів	ПК-6,0	1	1,1 1,5	продуктивність 6 т /год
4	Вивантажувальний шнек	ШВС-40М	1	1,5	продуктивність 40 т /год
5	Транспортер скребковий	ТС-40М	1	3,0	продуктивність 40 т /год
6	Завантажувальний шнек	ШЗС-40М	1	1,5	продуктивн. 40 т /год

7	Насос відцентровий молочний	36МЦ-10-20	1	1,5	продуктивність 10 л/год.; напір 20 м
8	Молочний резервуар	РМВЦ-2	1		ємкість 2000 л
9	Змішувач кормів	С-12	1	15,0	продуктивність 5 т /год
10	Подрібнювач кормів	ИКВ-Ф-5А “Волгарь-5”	1	22,0	продуктивність 3-5 т /год
11	Транспортер скребковий	ТС-40С	1	2,2	продуктивність 40 т /год
12	Насос відцентровий	К20/30	1	4,0	продуктивність 20 м <sup>3</sup> /год; напір 30м
13	Кран підвісний одноблоковий	КБМД1-6	1		В.п. 1т L=6000

### Водопостачання кормоцеху

Для напування тварин залежно від їх виду та віку рекомендується вода, яка має температуру 8-25 °С, без стороннього запаху, смаку та кольору. Забрудненість (вміст органічних або мінеральних речовин) не повинна перевищувати 2 мл/л.

Таблиця 2.3

### Норми витрати води в кормоцеху

Види витрат	Кількість води, л/кг
Запарювання 1 кг концентрованих кормів	0,24...0,3
Запарювання 1кг коренебульбоплодів	0,18
Попереднє змочування 1кг концентрованих кормів	0,2...0,4
Мийка 1 кг коренебульбоплодів	0,8...1
Миття машин (на 1 машину за зміну)	40...50
Миття підлоги в кормоцеху (на 1 м <sup>2</sup> )	3...5

За максимальними годинними витратами води  $Q_{год.мах} = 5,16 \text{ м}^3/\text{год}$  і розрахунковим напором  $H_p = 80,1 \text{ м}$  вибраний заглибний насос 4ЭЦВ 6-6,3-85, який має номінальну подачу  $H_{нас} = 6,3 \text{ м}^3/\text{год}$  та напір  $H_{нас} = 85 \text{ м}$ .

Для привода насоса застосовується електродвигун 7ПЭДВ–2,8-140 потужністю 2,8 кВт [3], частотою обертання вала – 2850 об/хв, номінальним струмом  $I_n = 6,9 \text{ А}$ .

Для керування вибраним електронасосним агрегатом застосовується комплектний пристрій “Каскад” 2,8-0-У2 з ящиком керування типу ЯГ-5102-217Б1У2 з номінальною силою струму 7 А [18].

### **Вентиляція кормоцеху**

Для підтримання якісного складу повітря (параметрів мікроклімату) у кормоцеху необхідна систематична вентиляція. Для цього використовують вентиляційне обладнання.

Для вентиляції кормоцехів використовують осьові вентилятори, які як правило, працюють у тривалому режимі з постійним навантаженням.

У кормоцеху встановлений вентилятор В-06-300-4А, який має таку технічну характеристику: номінальна продуктивність вентилятора  $L_g = 2700 \text{ м}^3/\text{год}$ ; номінальний тиск (напір)  $H = 72 \text{ Па}$ ; ККД вентилятора  $\eta_v = 0,68$ .

Для привода застосовується електродвигун: АИР56А4У2 [18] з технічною характеристикою:

$$P_n = 0,12 \text{ кВт}; \eta_n = 1350 \text{ об / хв}; I_n = 0,44 \text{ А}; \eta = 63\%; \cos \varphi = 0,66.$$

### **2.3 Силове електрообладнання кормоцеху**

Силове електрообладнання кормоцеху та апарати захисту і керування наведені табл. 2.4.

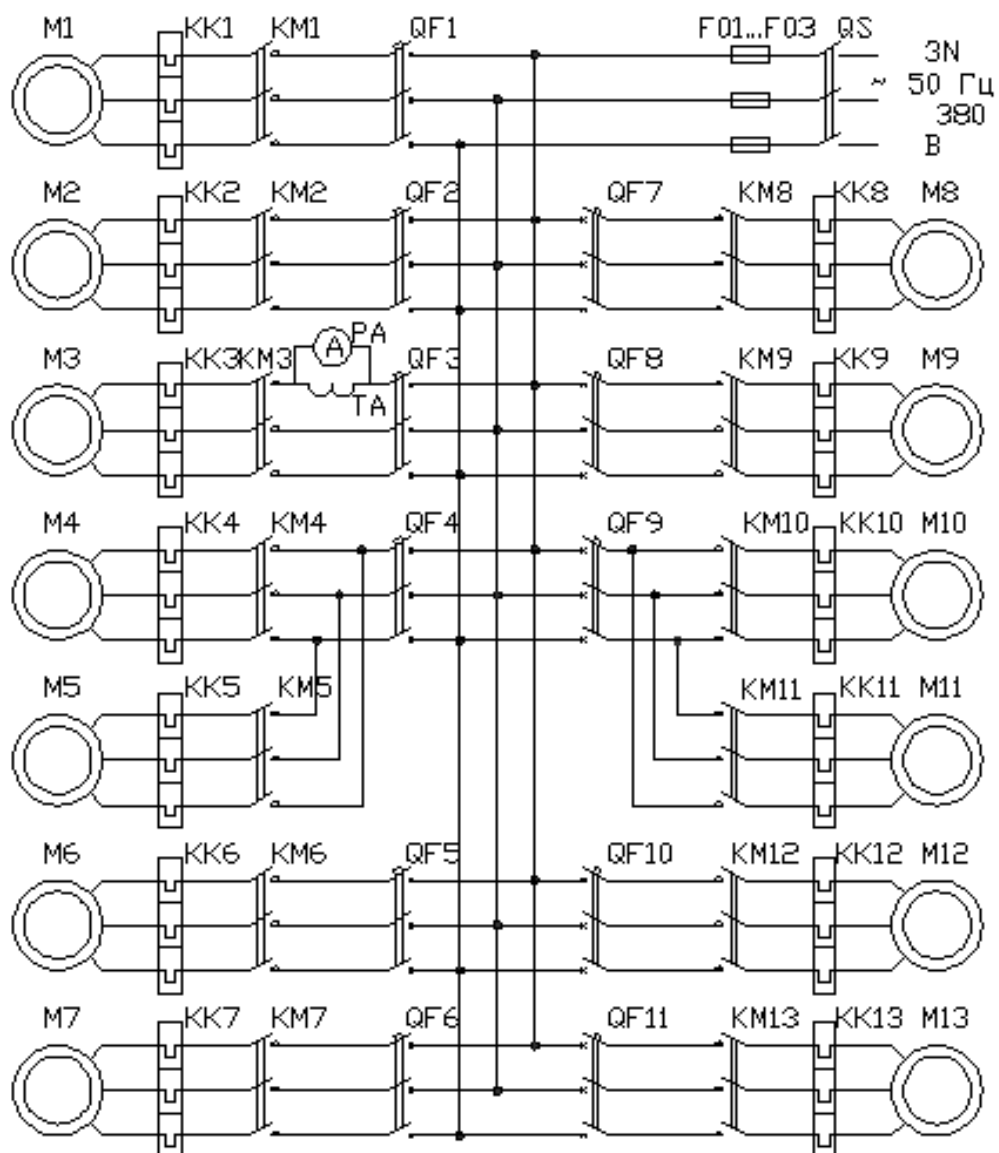
## Силове електрообладнання кормоцеху

№ п/п	Найменування	Електродвигун	Потужність, кВт	Електромагнітний пускач з тепловим реле
1	Подрібнювач коренебульбоплодів ИКМ-5М	АИР80В4У2	1,5	ПМЛ1200-О4Б РТЛ-1008-О4
		АИР132S4У2	7,5	ПМЛ2200-О4Б РТЛ-1021-О4
2	Транспортер коренебульбоплодів ТК-5,0Б	АИР90L6У2	1,5	ПМЛ1200-О4Б РТЛ-1010-О4
		АИР80В4У2	1,5	ПМЛ1200-О4Б РТЛ-1010-О4
3	Живильник концкормів ПК-6,0	АИР80В6У2	1,1	ПМЛ1200-О4Б РТЛ-1008-О4
		АИР90L6У2	1,5	ПМЛ1200-О4Б РТЛ-1010-О4
4	Вивантажувальний шнек ШВС-40М	АИР90L6У2	1,5	ПМЛ1200-О4Б РТЛ-1010-О4
5	Транспортер скребковий ТС-40М	АИР100S4У2	3,0	ПМЛ1200-О4Б РТЛ-1012-О4
6	Завантажувальний шнек ШЗС-40М	АИР90L6У2	1,5	ПМЛ1200-О4Б РТЛ-1010-О4
7	Змішувач кормів С-12	АИР160М6У2	15,0	ПМЛ3200-О4Б РТЛ-2053-О4
8	Подрібнювач кормів ИКВ-Ф-5А "Волгарь-5"	АИР180S4У2	22,0	ПМЛ4200-О4Б РТЛ-2057-О4
9	Транспортер скребковий ТС-40С	АИР90L4У2	2,2	ПМЛ1200-О4Б РТЛ-1010-О4
10	Насос відцентровий К20/30	АИР100S2У2	4,0	ПМЛ1200-О4Б РТЛ-1014-О4

Принципальна електрична схема керування кормоцехом показана на рис. 2,2. Силова частина електричної схеми складається з рубильника QS з запобіжниками FU, автоматичних вимикачів QF1-QF11 серії ВА-2010-S для захисту електродвигунів та мережі від коротких замикань, електромагнітних пускачів КМ1-КМ13 з тепловими реле КК1-КК13 для захисту двигунів від невеликих тривалих перевантажень.

Рубильником QS подається напруга на силову схему. При завантаженні змішувача при натисканні на кнопку SB2 першим вмикається пускач КМ1, який своїми силовими контактами вмикає двигун М1

зантажувального шнека ШЗС-5. Блок-контакти пускача КМ1 увімкнені у коло живлення пускачів КМ2 та КМ4, не даючи можливості увімкнути живильник концентрованих кормів ПК-6,0 та звантажувальний транспортер ТС-40С при непрацюючому звантажувальному шнеку.



a



Лінія зелених кормів і силосу вмикається оператором за допомогою кнопок SB4 та SB6. Після натискання кнопки SB4 пускач КМ2 запускає двигун транспортера ТС-40С, і замикає блок-контакт у колі пускача подрібнювача кормів ИКВ-Ф-5А “Волгарь-5”. Це дозволяє запустити його в роботу пускачем КМ3 при натисканні кнопки SB6 лише після запуску транспортера. Для запобігання пуску подрібнювача при відкритих кришках барабанів змонтовані кінцеві вимикачі SQ1 і SQ2, контакти яких розмикаються при відкриванні відповідної кришки. Кінцевий вимикач SQ3 запобігає руйнуванню механізмів дробарки при потраплянні металевих предметів у механізм вторинного різання. Контроль за ступенем завантаження двигуна подрібнювача здійснюється за показами амперметра РА, увімкненого через трансформатор струму ТА.

Лінія коренебульбоплодів запускається кнопкою SB20. При цьому спрацьовує пускач КМ10 і вмикається двигун М10 похилого транспортера коренебульбоплодів ТК-5Б. Після цього кнопкою SB22 і пускачем КМ11 вмикається двигун М11 горизонтального транспортера, і буряки завантажуються у ванну подрібнювача коренебульбоплодів ИКС-5М. Блок-контакт пускача КМ10 у колі котушки пускача КМ11 не дає можливість увімкнути двигун М11 горизонтального транспортера при непрацюючому похилому. Після цього кнопкою SB16 запускається двигун М8 різального барабана подрібнювача ИКС-5М. Далі кнопкою SB18 вмикається двигун шнека подрібнювача М9. Блокування запуску шнека здійснюється блок-контактом пускача КМ8 у колі котушки пускача КМ9.

Лінія концормів вмикається при увімкненому завантажувальному шнеку ШВС-10М натисканням на кнопку SB8. При цьому спрацьовує пускач КМ4, який вмикає двигун М4 похилого транспортера живильника концормів ПК-6.0. Після цього натискають на кнопку SB10. Спрацьовує пускач КМ5 і вмикається двигун М5 горизонтального транспортера. Блок-

контакт пускача КМ4 у колі котушки пускача КМ5 не дає можливість увімкнути двигун М5 горизонтального транспортера при непрацюючому похилому.

Відвійки подаються у змішувач кормів із резервуара для молока РВВЦ-2 відцентровим насосом К20/30 при натисканні на кнопку SB12. При цьому спрацьовує пускач КМ6, який вмикає двигун насоса М6.

Змішувач кормів С-12 вмикається кнопкою SB14. При цьому спрацьовує пускач КМ7, вмикається двигун М7 і реле часу КТ починає відлік часу змішування кормів. Після закінчення процесу змішування реле часу КТ розмикає свій контакт у колі котушки пускача КМ7 і двигун М7 зупиняється. На змішувачі С-12 на завантажувальних люках є кінцеві вимикачі SQ4, які запобігають вмиканню змішувача при відкритому люці

Для вивантаження корму натискають на кнопку SB26. Спрацьовує пускач КМ13 і запускається двигун М13 вивантажувального транспортера ТС-40М. Після цього кнопкою SB24 вмикають пускач КМ12, який вмикає двигун М12 вивантажувального шнека ШВС-40М.

## **2.4 Освітлення кормоцеху**

У кормоцехах використовують комбіноване освітлення, що є поєднанням місцевого та загального освітлення. Загальне освітлення призначене для забезпечення рівномірної освітленості всієї площі приміщення, а місцеве у мережах робочої поверхні.

У кормоцеху застосовуються світильники з лампами розрарювання г 220-230-200. Пропонується замінити на світлодіодну лампу Lemanso 20W T80 E27 2000Lm 6500k 175-265V /Lm3004.

Переріз проводів освітлювальної мережі вибирають із умови довготривалого нагрівання і достатньої механічної міцності з наступною перевіркою перерізу за втратою напруги.

Для вводу застосовується кабель АВВГ (4×2,5) розрахований на максимальний струм 19 А. Ввідний автоматичний вимикач АЕ2046М-10Р-00-У3. Номінальна сила струму-25 А; номінальна сила струму розчіплювача – 8 А.

Живлення світильників виконане проводом типу АПВ. Це провід з алюмінієвими жилами у полівінілхлоридній ізоляції. У приміщенні проводку передбачено прокладати сховано під штукатуркою. Для живлення світильників необхідний двожильний провід з перерізом струмоведучої жили проводу площею 2,0 мм<sup>2</sup>, який розрахований на струм  $I_{\text{доп}}=14$  А.

У кормоцеху встановлений освітлювальний щиток типу ЩА611, з одним ввідним автоматичним вимикачем і 6-ма автоматичними вимикачами типу АЕ1031 на фідерах.

## 2.5 Силові електропроводки

Проводи вибирають за тривало-допустимим струмом за умовою:

$$I_{\text{тр. доп.}} \geq I_{\text{розр.}}, \quad (2.2)$$

де  $I_{\text{розр.}}$  – розрахунковий струм окремих споживачів,

Застосовується кабель АВВГ1 (4х2,5)

У кормоцеху встановлений низьковольтний комплектний пристрій Я5901-4074У2 – ящик для керування кількома трифазними асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором, з номінальним струмом 100 А, напругою силового кола 380 В, кола керування – 220 В.

План силового електрообладнання та освітлювальних мереж показано на рис. 2.3.



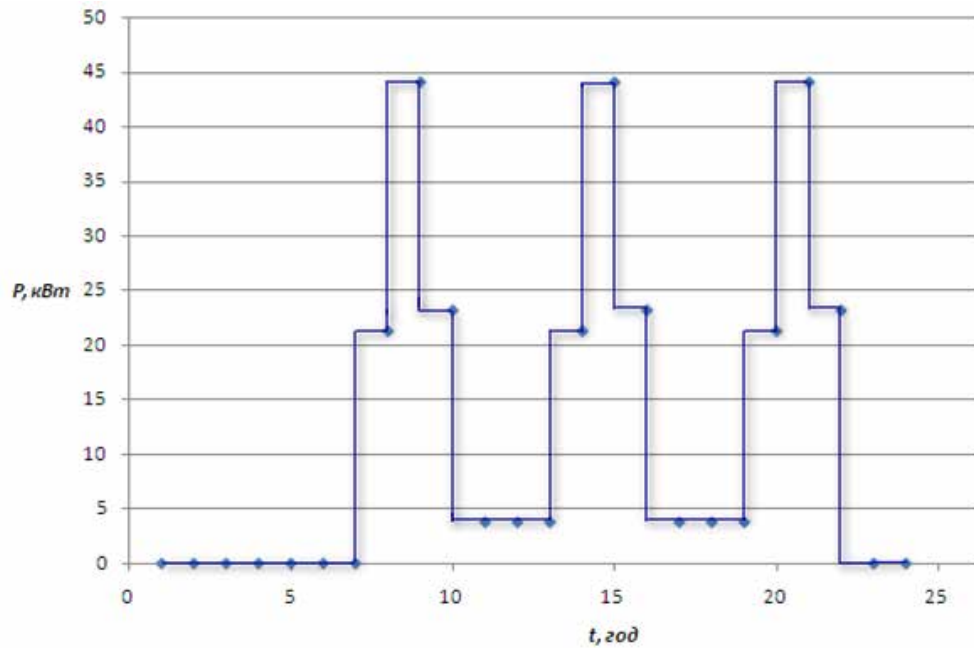


Рис. 2.4. Графік навантаження кормоцеху свинарника- відгодівельника

За графіком навантаження визначені максимальні денні і вечірні навантаження (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

### Розрахункові навантаження кормоцеху свиноферми

№ п/п	Назва	Кількість	Розрахункове навантаження	
			$P_{\text{дн.}}, \text{кВт}$	$P_{\text{вн.}}, \text{кВт}$
1	Кормоцех	1	44,07	44,07
2	Підсобні приміщення	1	5,0	0,5

Повна потужність на вводі приміщення 62,9 кВА. Для вводу застосований кабель АВВГ (3×50+1×35) з тривало допустимою силою струму  $I_{\text{доп}}=110$  А.

Для розподілу електричної енергії, а також для захисту електрообладнання від коротких замикань і перевантажень вибираємо 3 розподільчих пристроїв ПР11–7123-21У3 [15].

Розрахункові навантаження виробничих будівель комплексу наведені в табл. 2.7.



## Розрахункові навантаження виробничих будівель

№ п/п	Назва споживача	К-сть	Розр.навантаж, кВт	
			$P_{\dot{a}}$	$P_{\hat{a}}$
1	Свинарник-відгодівельник на 300 голів	6	8	10
2	Кормоприготувальний цех з котельнею і механізованим сховищем коренебульбоплодів	1	49,07	44,57
3	Приміщення для зберігання внутріфермського транспорту	1	20	10
4	Вагова	1	5	5
5	Службово-виробнича будівля з санпропускником	1	15	8
6	Прохідна з ваговою	1	5	5
7	Ветпункт із стаціонаром	1	10	5

Потужність трансформаторної підстанції визначена за денним максимумом, Повна потужність трансформатора підстанції при виробничому навантаженню дорівнює:

$$S_{\text{розр}} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{107,17}{0,75} = 142,8 \text{ кВ}\cdot\text{А}. \quad (2.3)$$

Застосовується трансформатор ТМ-160, потужністю 160 кВ·А , для якого виконується умова

$$S_{\text{ен}} < S_{\text{розр}} \leq S_{\text{е.в}}, \quad (3.46)$$

де  $S_{\text{ен}}$  і  $S_{\text{е.в}}$  – відповідно нижня і верхня границі інтервалів навантаження для трансформаторів прийнятої номінальної потужності, кВ·А .

Для електропостачання кормоцеху використовується трансформаторна підстанцію КТП-160/10/0,4-92-У1, ТУ 16-92ИБДШ. 684 822. 001. ТУ.

### РОЗДІЛ 3

## РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОЗУВАННЯ ПОДРІБНЕНИХ КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ

### 3.1 Теоретичне обґрунтування підвищення точності дозування соковитих кормів

Виробничий досвід в нашій країні та за кордоном, дані провідних науково-дослідних інститутів показали, що використання для годування свиней подрібнених соковито-зелених кормів значно поліпшує біологічну цінність кормосумішей та скорочує витрату концкормів у середньому на 35-40 %.

Проте електрообладнання сучасних подрібнювачів кормів та їхніх аналогів у промисловості не дає можливість забезпечити необхідний режим приготування кормосуміші.

Загальним недоліком технологічних ліній приготування соковитих кормів є велика нерівномірність їх видачі, що в значній мірі обумовлює якість кінцевої суміші та приводить до невиправданих втрат кормів. Це пояснюється тим, що регулювання та комутація потоків компонентів здійснюються в ручну на основі візуальних спостережень, а використовуване об'ємне дозування не забезпечує ефективного формування потоків компонентів сумішей.

Позитивний досвід з реалізації регульованих електроприводів та систем автоматичного регулювання завантаженням подрібнювачів кормів, який знайшов відображення у працях І.І. Мартиненка, М.О. Корчемного, В.С. Федорейка, В.І. Мішина, І.В. Славіна, О.М. Мусіна та інших учених, показав, що реалізація цього завдання можлива шляхом використання для забезпечення необхідних режимів завантаження подрібнюючи агрегатів

регульованого електропривода безпосередньо завантажувального пристрою подрібнювача. Проте розробка систем автоматичного регулювання в кормо виробництві стримується відсутністю датчиків для контролю регульованих параметрів, і перш за все відсутністю витратомірів подрібнених кормів у безперервному потоці.

Найперспективнішим для побудови систем автоматичного керування, як показав проведений аналіз, є НВЧ-метод вимірювання, який у найбільшій мірі може забезпечити одночасно широкі функціональні можливості та задовільні метрологічні характеристики витратоміра, поряд з прийнятною складністю як пристрою, так і його експлуатації в сільськогосподарському виробництві [30].

Експериментально встановлені оптимальні режими подрібнювачів коренебульбоплодів забезпечуються підтриманням завантаження в межах  $5 \pm 0,3$  т/год при зниженні його нерівномірності за коефіцієнтом варіації до 20 %.

Отримана математична модель подрібнювача соковитих кормів, яка містить імовірнісні моделі навантаження робочих органів подрібнення та їх електрообладнання, аналітично формалізовані експоненціально-косинусною кореляційною функцією:

$$R(\tau) = D \exp(-0,5|\tau|) \cos 1,0\tau \quad (3.1)$$

з рівномірними функціями розподілу густини ймовірності параметрів затухання  $\alpha$ :

$$W(\alpha) = \begin{cases} \frac{1}{2 \cdot 0,3} & \text{при } 0,2 \leq \alpha \leq 0,6 \\ 0 & \text{поза цим інтервалом} \end{cases} \quad (3.2)$$

Випадкові зовнішні та внутрішні збурення адитивного характеру узагальнені єдиним випадковим сигналом  $R_u = 0,1D$  з рівномірним у смузі пропускання системи спектром дисперсії та внаслідок її лінійності зосереджені на вході

динамічної моделі подрібнювача, який як об'єкт автоматичного керування описується аперіодичною ланкою другого порядку з чистим запізненням  $\tau_3$ :

$$W(p) = \frac{\exp(-1,0p)}{(0,5p+1)(0,1p+1)}. \quad (3.3)$$

З урахуванням встановленого, стратегія керування процесом подрібнення найдоцільніше будувати на неперервному контролі вихідних параметрів подрібнюючих агрегатів та стабілізації їх регульованим електроприводом шнекового транспортера подрібнювача.

Основним завданням у таких умовах є мінімізація дисперсії похибки стабілізації витрати вихідного потоку подрібнених кормів при підтриманні продуктивності подрібнювача на оптимальному рівні, що, в свою чергу, призводить також до стабілізації навантаження електропривода подрібнювача агрегата. Це дозволить поряд із забезпеченням оптимальної продуктивності подрібнювача перерозподілити значну частку динамічних навантажень з потужного електропривода подрібнювача на менш енергоємний привод завантажувального шнека. Таким чином, одночасно підвищується продуктивність та знижується питома енергоємність подрібнювача.

### 3.2 Удосконалення електропривода для дозування кормів

Розрахунок електропривода робочої машини виконуємо для подрібнювача соковитих кормів ИКС-5М.

Розрахунок потужності електродвигуна проводимо методом еквівалентних струмів, використовуючи навантажувальну діаграму, яка приведена на рис. 3.1.

Двигун вибираємо за умовою:

$$I_{н.дв.} \geq I_e, \quad (3.4)$$

де  $I_e$  - еквівалентний струм двигуна.

Для визначення еквівалентного струму реальну навантажувальну діаграму замінюємо трапеціями і для кожної з них визначаємо еквівалентний струм за формулою:

$$I_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{I_1^2 + I_1 I_2 + I_2^2}{3}}. \quad (3.5)$$

I, А

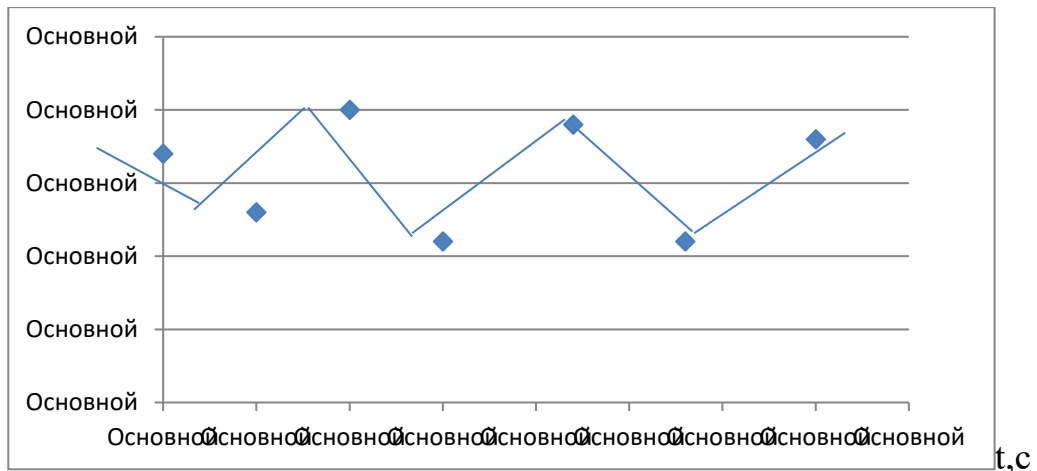


Рис.3.1. Навантажувальна діаграма електродвигуна подрібнювача

Розраховуємо еквівалентну потужність для кожної ділянки:

$$I_{\text{екв}1} = \sqrt{\frac{17^2 + 17 \cdot 12 + 12^2}{3}} = 14,6 \text{ А}; \quad I_{\text{екв}2} = \sqrt{\frac{12^2 + 12 \cdot 20 + 20^2}{3}} = 16,1 \text{ А};$$

$$I_{\text{екв}3} = \sqrt{\frac{20^2 + 20 \cdot 11 + 11^2}{3}} = 15,7 \text{ А}; \quad I_{\text{екв}4} = \sqrt{\frac{11^2 + 11 \cdot 19 + 19^2}{3}} = 15,1 \text{ А};$$

$$I_{\text{екв}5} = \sqrt{\frac{19^2 + 19 \cdot 11 + 11^2}{3}} = 15,2 \text{ А}; \quad I_{\text{екв}6} = \sqrt{\frac{11^2 + 11 \cdot 18 + 18^2}{3}} = 14,6 \text{ А}.$$

Визначаємо загальну еквівалентну потужність за такою формулою:

$$I_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}, \quad (3.6)$$

де  $I_1$  – струм на першій,  $I_2$  – другій,  $I_n$  –  $n$ -ній ділянці навантажувальної діаграми, А;  $t_1$  – тривалість першого,  $t_2$  – другого,  $t_n$  –  $n$ -ого інтервалу.

$$I_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{14,6^2 + 16,1^2 + 15,7^2 + 15,1^2 + 15,2^2 + 14,6^2}{35}} = 15,1 \text{ А}.$$

Вибираємо електродвигун АИР132S4У2 [18] з номінальним струмом 15,1 А і номінальною частотою обертання 1440 об/хв.

Паспортні дані електродвигуна:

$P_n=7,5$  кВт;  $\eta=87,5\%$ ;  $\cos\varphi=0,86$ ;  $\frac{M_{\text{пуск}}}{M_n}=2$ ;  $\frac{M_{\text{мін}}}{M_n}=1,6$ ;  $\frac{M_{\text{мах}}}{M_n}=2,2$ ;  $\frac{I_{\text{пуск}}}{I_n}=7,0$ ; момент інерції ротора – 0,028 кг·м<sup>2</sup>.

Побудову механічної характеристики асинхронного двигуна виконуємо за п'ятьма характерними точками:

1)  $S=0$ ,  $M=0$ ;

2) Номінальне ковзання двигуна:

$$S_n = \frac{n_o - n_n}{n_o}, \quad (3.7)$$

де  $n_o$  – синхронна частота обертання (об/хв);  $n_n$  – номінальна частота (об/хв);

$$S_n = \frac{n_o - n_n}{n_o} = \frac{1500 - 1440}{1500} = 0,04.$$

Номінальний момент двигуна:

$$M_n = 9550 \frac{P_n}{n_n}, \quad (3.8)$$

де  $P_n$  – номінальна потужність (кВт).

$$M_n = 9550 \frac{7,5}{1440} = 49,74 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

3) Критичне ковзання двигуна:

$$S_k = \frac{S_n + \sqrt{S_n \frac{\mu_k - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{S_n \frac{\mu_k - 1}{\mu_1 - 1}}}, \quad (3.9)$$

де  $\mu_{II}$  - кратність пускового моменту двигуна;  $\mu_1 = \frac{\mu_k}{\mu_{II}} = \frac{2,2}{2,0} = 1,1$ .

$$S_k = \frac{0,04 + \sqrt{0,04 \frac{2,2 - 1}{1,1 - 1}}}{1 + \sqrt{0,04 \frac{2,2 - 1}{1,1 - 1}}} = 0,43.$$

Максимальний момент двигуна:

$$M_k = \mu_k \cdot M_n = 2,2 \cdot 49,74 = 109,43 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

4)  $S_{\min} = 0,8$ .

Мінімальний момент двигуна

$$M_{\min} = \mu_{\min} \cdot M_n = 1,6 \cdot 49,74 = 79,58 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

5) Пуск двигуна:  $S_{II} = 1,0$ .

Пусковий момент двигуна

$$M_{II} = \mu_{II} \cdot M_{II} = 2,0 \cdot 49,74 = 99,48 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Побудова механічної характеристики з урахуванням допустимих відхилень моментів:

- 1)  $S=0$ ;  $M'=0 \text{ Н}\cdot\text{м}$
- 2)  $S_H$ ;  $M'_H=M_H=49,74 \text{ Н}\cdot\text{м}$
- 3)  $S_K$ ;  $M'_K=0,9 \cdot M_K=98,49 \text{ Н}\cdot\text{м}$
- 4)  $S_{\min}$ ;  $M'_{\min}=0,8 \cdot M_{\min}=0,8 \cdot 79,58=63,66 \text{ Н}\cdot\text{м}$
- 5)  $S_{II}$ ;  $M'_{II}=0,85 \cdot M_{II}=0,85 \cdot 99,48=84,56 \text{ Н}\cdot\text{м}$

Побудова механічної характеристики з урахуванням допустимого відхилення напруги на  $-5\%$ :

- 1)  $S=0$ ;  $M''=0 \text{ Н}\cdot\text{м}$
- 2)  $S_H$ ;  $M''_H=0,95^2 \cdot M'_H=0,95^2 \cdot 49,74=44,89 \text{ Н}\cdot\text{м}$
- 3)  $S_K$ ;  $M''_K=0,95^2 \cdot M'_K=0,95^2 \cdot 98,49=89,79 \text{ Н}\cdot\text{м}$
- 4)  $S_{\min}$ ;  $M''_{\min}=0,95^2 \cdot M'_{\min}=0,95^2 \cdot 63,66=57,45 \text{ Н}\cdot\text{м}$
- 5)  $S_{II}$ ;  $M''_{II}=0,95^2 \cdot M'_{II}=0,95^2 \cdot 84,56=76,31 \text{ Н}\cdot\text{м}$

Час пуску електропривода визначається графоаналітичним методом. Для цього будують механічну характеристику електродвигуна і робочої машини. Для побудови механічної характеристики електродвигуна за ковзанням визначаємо кутову швидкість:

$$\omega = \omega_0(1 - S). \quad (3.10)$$

Синхронна кутова швидкість:

$$\omega_0 = \frac{\pi n_0}{30} = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ с}^{-1}.$$

$$M''=0 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad \omega_1 = 157 \text{ с}^{-1};$$

$$M''=44,89 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad \omega_2 = 157 \cdot (1 - 0,04) = 150,7 \text{ с}^{-1};$$

$$M''=89,79 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad \omega_3 = 157 \cdot (1 - 0,43) = 89,5 \text{ с}^{-1};$$

$$M''=57,45 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad \omega_4 = 157 \cdot (1 - 0,8) = 31,4 \text{ с}^{-1};$$

$$M''=76,31 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad \omega_5 = 0 \text{ с}^{-1}.$$

Механічна характеристика робочої машини розраховується за формулою:

$$M_c = M_0 + (M_{cn} - M_0) \left( \frac{\omega}{\omega_n} \right)^x, \quad (3.11)$$

де  $M_c$  - момент статичних опорів при заданій кутовій швидкості, Н·м;

$M_0$  - початковий момент, Н·м;  $M_0=2,94$  Н·м;

$M_{cn}$  - момент статичних опорів при номінальній кутовій швидкості, Н·м;  $M_{cn}=7,8$  Н·м;

$x$  - показник степеня, який характеризує зміну моменту опору при зміні частоти обертання;  $x=2$ ;

$\omega$  і  $\omega_n$  – задане і номінальне значення кутової швидкості,  $\text{с}^{-1}$ ;

$$\omega_n = \pi \cdot n_n / 30, \quad (3.12)$$

де  $n_n$  – номінальна частота обертання, об/хв;  $n_n=1450$  об/хв;

$$\omega_n = 3,14 \cdot 1450 / 30 = 151,7 \text{ с}^{-1}.$$

Задаючись кутовою швидкістю  $\omega$ , розраховуємо за формулою момент статичних опорів. Розрахунки виконуємо в табличній формі. Дані розрахунків заносимо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

**Дані розрахунків механічної характеристики подрібнювача соковитих кормів ИКС-5М**

$\omega, \text{с}^{-1}$	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
$M_c, \text{Н}\cdot\text{м}$	2,94	2,98	3,13	3,36	3,7	4,12	4,65	5,26	5,98	6,78	7,69

На основі розрахункових даних будуємо механічну характеристику робочої машини  $M_c=f(\omega)$ , яка зображена на рис. 3.2.

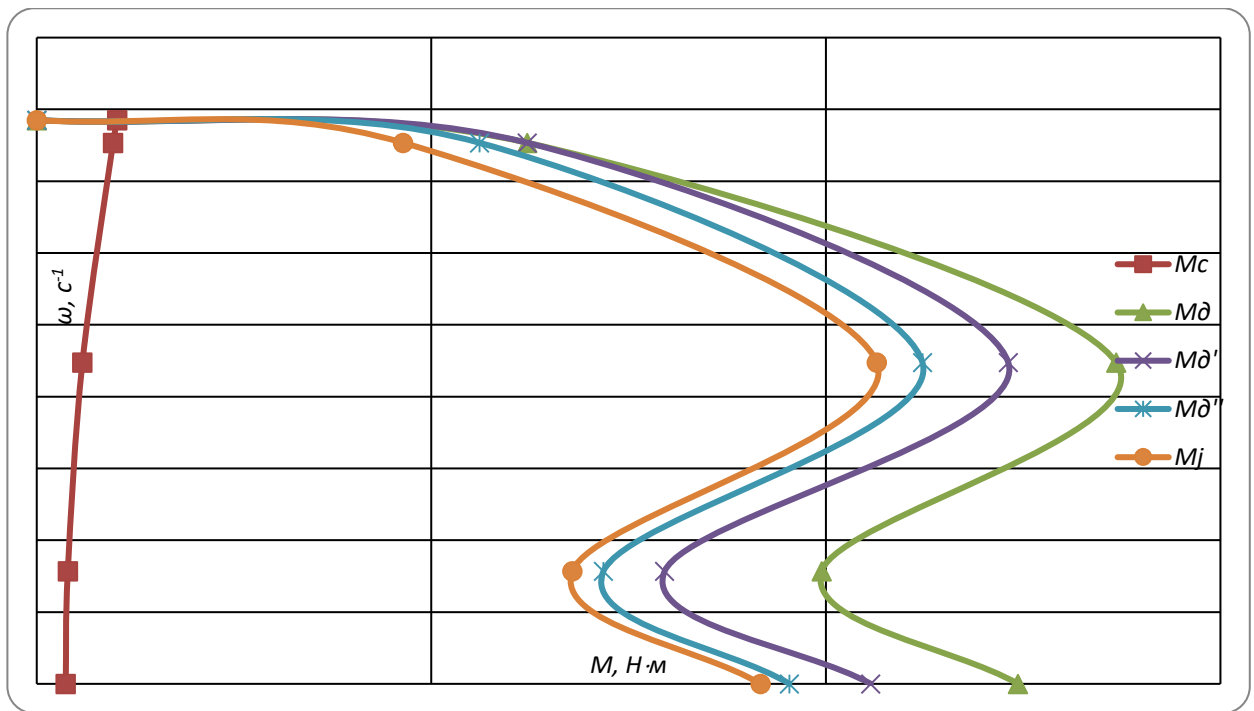


Рис. 3.2. Визначення часу пуску електропривода подрібнювача соковитих кормів ИКС-5М

Зведений момент інерції привода розраховується за формулою:

$$J_{зв} = J_p + J_{рм}, \quad (3.13)$$

де  $J_p$  - момент інерції ротора двигуна,  $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ ;  $J_p = 0,028 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ;

$J_{рм}$  - момент інерції робочої машини,  $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ ;  $J_{рм} = 3,1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ;

$$J_{зв} = 0,028 + 3,1 = 3,13 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Для визначення часу пуску розраховують приріст часу:

$$\Delta t_i = \frac{J_{зв} \Delta \omega_i}{M_{jcp_i}}, \quad (3.14)$$

де  $M_{jcp_i}$  – середнє значення динамічного моменту.

$$\Delta t_1 = \frac{3,13 \cdot 20}{61} = 1,03 \text{ с}; \quad \Delta t_2 = \frac{3,13 \cdot 20}{57} = 1,1 \text{ с}; \quad \Delta t_3 = \frac{3,13 \cdot 20}{64} = 0,98 \text{ с}; \quad \Delta t_4 = \frac{3,13 \cdot 20}{78} = 0,8 \text{ с};$$

$$\Delta t_5 = \frac{3,13 \cdot 20}{84} = 0,74 \text{ с}; \quad \Delta t_6 = \frac{3,13 \cdot 20}{78} = 0,8 \text{ с}; \quad \Delta t_7 = \frac{3,13 \cdot 20}{59} = 1,06 \text{ с}; \quad \Delta t_8 = \frac{3,13 \cdot 16}{22} = 2,28 \text{ с}.$$

Час пуску:

$$t_n = \sum \Delta t_i = 8,8 \text{ с}.$$

Перевірка електродвигуна за умовами пуску виконується за умовою:

$$0,95^2 \cdot 0,9 \cdot M_{\text{пуск.дв.}} \geq 1,2 M_{\text{зр.роб.маш.}} \quad (3.15)$$

$$76,31 \geq 1,2 \cdot 4,9 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad 76,31 \geq 5,9 \text{ Н}\cdot\text{м} \text{ (умова виконується)}$$

2) перевірка за тепловим режимом під час пуску виконується за умовою:

$$\tau_{\text{дв.}} \leq \tau_{\text{дон.}}, \quad (3.16)$$

де  $\tau_{\text{дон.}}$  - допустиме перевищення температури двигуна над температурою навколишнього середовища,  $\tau_{\text{дон.}} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

$$\tau_{\text{дв.}} = \nu_t \cdot t_{\text{пуск}}, \quad (3.17)$$

де  $\nu_t$  - швидкість нагрівання двигуна,  $\nu_t = 8,6 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$\tau_{\text{дв.}} = 8,6 \cdot 8,8 = 4,11 \text{ }^\circ\text{C}, \quad 75,7 \leq 80 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (умова виконується)}.$$

3) перевірка електродвигуна на перевантажувальну здатність виконується за умовою:

$$0,95^2 \cdot 0,9 M_{\text{дв.мах}} \leq M_{\text{мах.н.д.}}, \quad (3.18)$$

$$89,79 \leq 64,8 \text{ Н}\cdot\text{м} \text{ (умова виконується)}$$

Виходячи з цього, електродвигун вибраний вірно.

### 3.3 Вибір апаратів керування та захисту

Захист електродвигунів від коротких замикань здійснюють автоматичні вимикачі. Вибір автоматичного вимикача для захисту електродвигуна подрібнювача виконують за умовою:

1.  $I_{\text{н АВ}} \geq U_{\text{мережі}}$
2.  $I_{\text{н АВ}} \geq I_{\text{н дв}}$
3.  $I_{\text{н розч}} \geq I_{\text{н дв}}$
4.  $I_{\text{відс.}} \geq K_z K_{\text{ру}} K_{\text{рс}} K_i I_{\text{н дв}}$

де  $I_{\text{н АВ}}$  – номінальний струм автоматичного вимикача, А;

$I_{\text{н розч}}$  – номінальний струм розчіплювача, А;

$I_{\text{відс.}}$  – струм відсічки, А;  $K_z$  – коефіцієнт запасу,  $K_z = 1,1$ ;

$K_{\text{ру}}$  – коефіцієнт, який враховує розкид уставки електромагнітного розчіплювача,  $K_{\text{ру}} = 1,1$ ;

$K_{pc}$  – коефіцієнт, що враховує допустиме відхилення пускового струму від каталогового значення,  $K_{pc} = 1,2$ ;

$K_i$  – кратність пускового струму двигуна.

Вибираємо автоматичний вимикач ВА-2010-S, С16, триполюсний з комбінованим розчіплювачем:

$$I_{н АВ} = 16 \text{ А}, \quad I_{н розч} = 16 \text{ А}$$

$$I_{відс.} = 10 \cdot I_{н розч}, \quad I_{відс} = 10 \cdot 16 = 160 \text{ А}$$

$$160 > 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 7 \cdot 15,1 = 153,5 \text{ А} \text{ – умова виконується.}$$

Електромагнітний пускач з тепловим реле вибираємо за умовою:

$$1. U_{н мп} \geq U_{мережі}$$

$$2. I_{н мп} \geq I_{н дв}$$

$$3. I_{н т.р} \geq I_{н дв}$$

$$4. U_{кот} \geq U_{кола кер},$$

де  $I_{н мп}$  - номінальний струм електромагнітного пускача, А;

$I_{н т.р}$  – номінальний струм теплового реле, А.

Вибираємо електромагнітний пускач ПМЛ–2200–04Б – нереверсивний з тепловим реле,  $I_{н мп} = 25 \text{ А}$ .

Теплове реле РТЛ–1021-04,  $I_{уст} = 13-19 \text{ А}$ .

Для електродвигуна мийкового шнека АИР80В4У2 ( $I_{н дв} = 3,52 \text{ А}$ ,  $K_i = 5,5$ ) вибираємо автоматичний вимикач ВА-2010-S, С6, триполюсний з комбінованим розчіплювачем:

$$I_{н АВ} = 6 \text{ А}, \quad I_{н розч} = 6 \text{ А}$$

$$I_{відс.} = 10 \cdot I_{н розч}, \quad I_{відс} = 10 \cdot 6 = 60 \text{ А}$$

$$60 > 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 5,5 \cdot 3,52 = 28,1 \text{ А} \text{ – умова виконується.}$$

Вибираємо електромагнітний пускач ПМЛ–1200–04Б – нереверсивний з тепловим реле,  $I_{н мп} = 10 \text{ А}$ .

Теплове реле РТЛ–1008-04,  $I_{уст} = 2,4-4,0$ .

### 3.4 Обґрунтування мікрохвильового способу вимірювання витрати подрібнених кормів, розробка та дослідження НВЧ-воломіра

При зондуванні подрібнених соковито-зелених кормів у висному стані у вільному просторі електромагнітними НВЧ-хвилями послаблення випромінюваної енергії в кормі визначається в основному вологою, яка міститься в ньому. Це фізично обумовлене переважанням в НВЧ-діапазоні діелектричних втрат у волозі. Тому маса води  $m_w$ , яка міститься в оцінюваному об'ємі корму, визначається за ослабленням випромінюваної НВЧ-енергії, яке визначається шляхом безперервного контролю потужностей випроміненого  $P_w$ , зворотно відбитого  $P_z$  та пропущеного  $P_{np}$  НВЧ-випромінювань:

$$m_w = k_w \lg \frac{P_w - P_z}{P_{np}}. \quad (3.19)$$

Тому для виключення впливу на результат вимірювання співвідношення води та сухої речовини в кормі, додатково контролюється його вологість  $W$ . Для цього використовується метод відбитої НВЧ-потужності в поєднанні з багато параметричним принципом розподілу інформаційного сигналу та завад. За частотами НВЧ-випромінювання компенсується зміна густини потоку, а за кутами його зондування – коливання шорсткості відбитої поверхні. При цьому перша частота  $f_1$  вибрана в довгохвильовій області, де максимальна чутливість методу відбитої потужності до вологості та менша до густини та шорсткості, а друга частота  $f_2$  із протилежних умов вибрана в короткохвильовій області НВЧ-діапазону. Вологість подрібненого корму контролюється за різницею зворотніх втрат потужності НВЧ-випромінювань на цих частотах:

$$W = k_w \left[ \lg \frac{P_{31}}{P_{d1}} - \lg \frac{P_{32}}{P_{d2}} \right]. \quad (3.20)$$

Знаючи масу води  $m_w$ , яка міститься у оцінюваному об'ємі потоку корму, та його вологість  $W$ , можна однозначно визначити за їхнім співвідношенням масу соковитого корму:

$$m_k = \frac{m_6}{W}. \quad (3.21)$$

Швидкість потоку подрібненого корму контролюється вимірюванням доплеровського зміщення  $f_d$  частоти відбитої хвилі відносно падаючої при зондуванні потоку НВЧ-випромінювання під гострим кутом  $\alpha_d$  до напрму руху:

$$v = k_v f_d \frac{3 \cdot 10^{-6}}{f_2 \cos \alpha_d}. \quad (3.22)$$

Отримані параметри дають можливість безконтактно контролювати масову витрату  $Q$  подрібненого корму в безперевному потоці:

$$Q = kmW^{-1}v. \quad (3.23)$$

Результати експериментального моделювання взаємодії НВЧ-випромінювань з подрібненими кормами підтвердили правильність використаних при обґрунтуванні мікрохвильового способу вимірювання витрати теоретичних передумов та дозволили визначити невідомі коефіцієнти ( $k_6$ ,  $k_w$ ,  $k_v$ ), які характеризують взаємозв'язки параметрів НВЧ-випромінювання та контрольованих характеристик кормів.

Для реалізації запропонованого способу вимірювання витрати кормів були визначені шляхом фізичного моделювання частоти, де забезпечується найкращий розподіл інформативних сигналів та завад при найменшій не лінійності їх взаємозв'язків.

Аналіз отриманих частотних характеристик (рис. 3.3) з урахуванням заданих технологічних режимів та існуючих технологічних обмежень дозволив встановити, що оптимальна частота для вимірювання маси вологи, яка міститься в соковито-зелених кормах, знаходиться в межах 2,5-3,5 Гц, а за конструктивними міркуваннями перша робоча частота прийнята  $f_1=3$  Гц. Найчутливішою смугою для доплеровського вимірювача швидкості, суміщеного з каналом двочастотного вологоміра, є верхня частина НВЧ-діапазону, та друга частота прийнята  $f_2=24$  ГГц. Потужності НВЧ-випромінювань встановлені на рівні 100 мВт та 50 мВт

відповідно для першої та другої частоти. Оптимальний кут зондування потоку корму доплеровським радаром знаходиться в межах  $\alpha_d=40^\circ\pm 5^\circ$ .

Розроблений спосіб вимірювання витрати корму реалізується шляхом двочастотного зондування контрольованого потоку корму НВЧ-випромінюванням по нормалі і під гострим кутом за напрямом його руху з безперервною реєстрацією амплітудно-частотних характеристик зміни їх параметрів.

Функціонально НВЧ-витратомір (рис. 3.4) складається з трьох вимірювальних каналів: вимірювача маси вологи, який містить такі елементи: 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 22, 23, 27; двочастотного вологоміра, який містить елементи: 1, 2, 3, 5, 6, 10, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 24, 25, 26 та доплеровського вимірювача швидкості потоку корму, зібраного на елементах: 13, 14, 16, 17, 18, 20, 21, сигнали від яких оброблюються відповідно до встановлених функцій перетворення в спеціально розробленому обчислювальному блоці 28, в якому поряд з цифровою реєстрацією інтегральної витрати корму та аналоговим виходом сигналу миттєвої витрати передбачене клавіатурне програмування завдання дози корму з видачею після його накопичення керуючого сигналу.

Результати випробувань НВЧ-витратоміра подрібнених соковито-зелених кормів показали, що відносна похибка вимірювання масової витрати кормів не перевищує 3 – 7 % в діапазоні витрати 1,5 – 18 т /год.

Результати випробувань НВЧ-витратоміра подрібнених соковито-зелених кормів показали, що відносна похибка вимірювання масової витрати кормів не перевищує 3 – 7 % в діапазоні витрати 1,5 – 18 т /год.

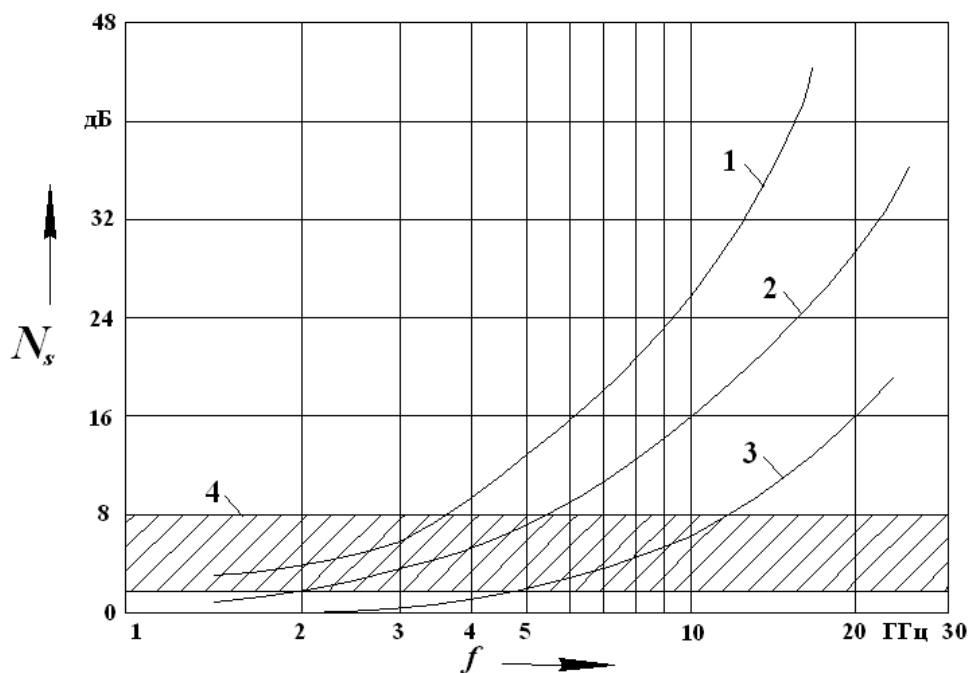


Рис. 3.3. Залежність сумарних втрат НВЧ-потужності від частоти випромінювання: 1 – для коренебульбоплодів; 2 – для силосу та зеленої маси; 3 – для соломи; 4 – зона оптимальних частот

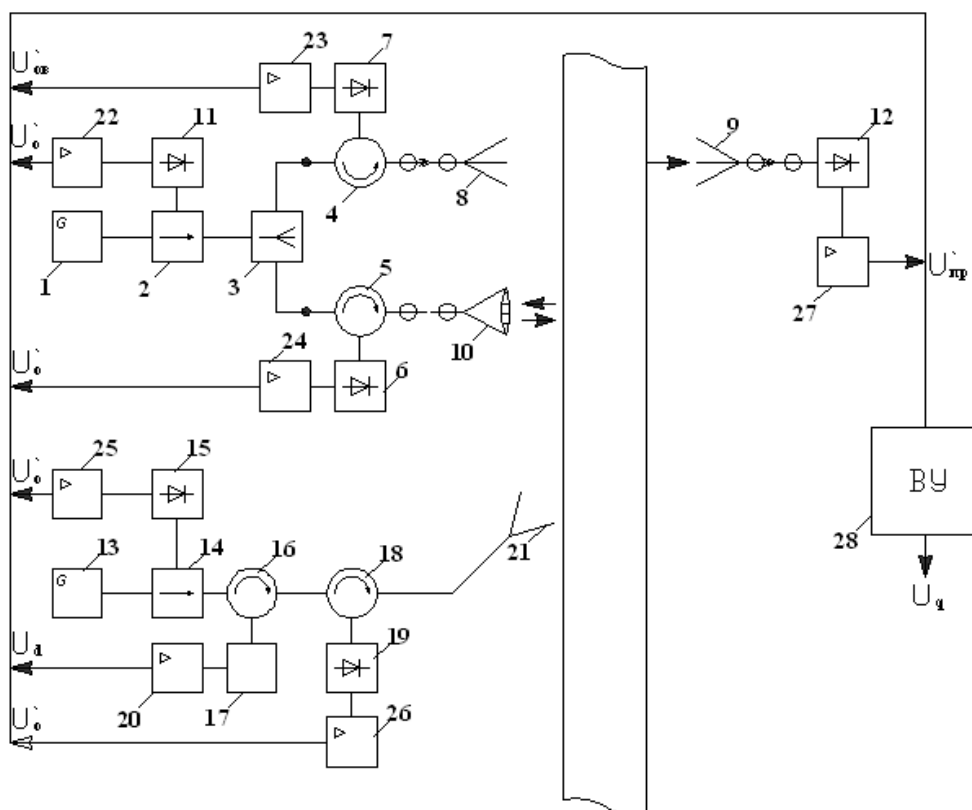


Рис. 3.4. Функціональна схема НВЧ-витратоміра подрібнених соковитих кормів

### 3.5 Розробка системи автоматизованого електрообладнання подрібнювача коренебульбоплодів ИКС-5М

Подрібнювач коренебульбоплодів ИКС-5М призначений для мийки і подрібнення коренебульбоплодів. Може використовуватись у технологічних лініях кормоцехів тваринницьких ферм, обладнаних системою водопостачання та каналізацією, а також як самостійна машина.

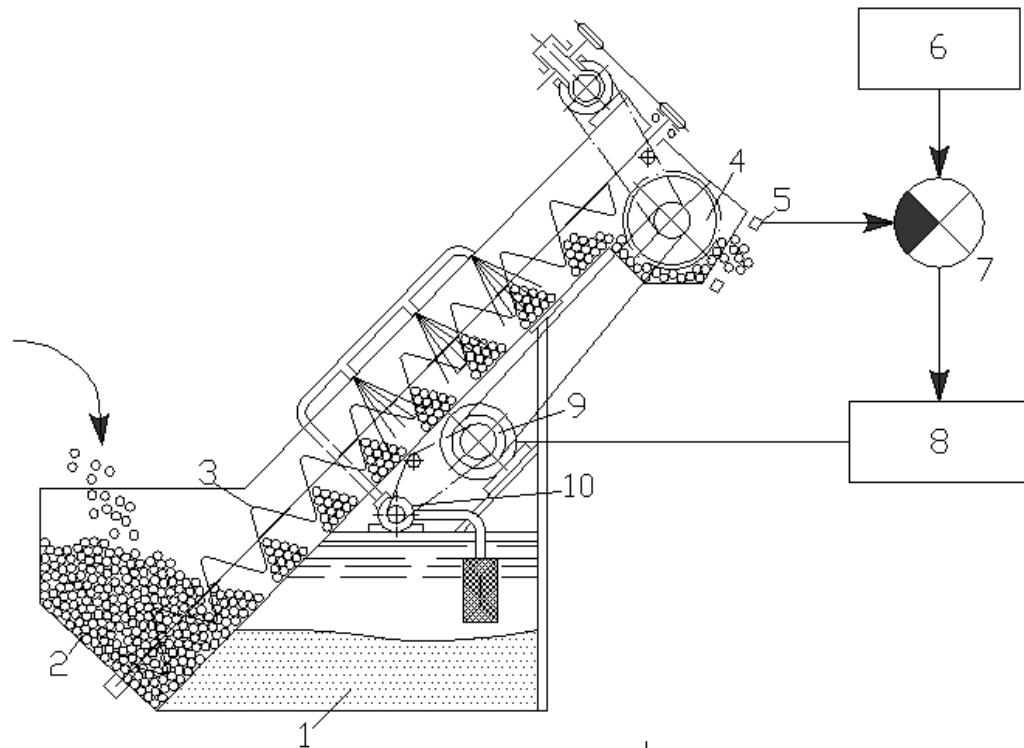


Рис. 3.5. Функціональна схема електрообладнання дозування соковитих кормів:

- 1 – ванна; 2 – приймальний бункер; 3 – шнек; 4 – подрібнювач; 5 – НВЧ-виратомір; 6 – задатчик; 7 – суматор; 8 – перетворювач частоти; 9 – електродвигун; 10 – водяний насос

Функціональна схема електрообладнання дозування соковитих кормів показана на рис. 3.5. Коренебульбоплоди, попередньо очищені від землі і піску на транспортері ТК-5Б, попадають в прийомний бункер, проходять попередню обмивку в миючій ванні, а повторну, чисту обмивку – в шнеку зустрічним потоком води. Водяна система працює по замкнутому циклу: миюча ванна-насос-шнек-миюча ванна.

Привод шнека включається, коли дробильний ротор набирає номінальне число обертів. Шнек подає відмиті коренебульбоплоди в дробильну камеру.

Робочими органами подрібнюючого барабана є шарнірні молотки і протирижуча гребінка. Подрібнена маса направляється козирком в завантажувальний шнек ШЗС-40Б або в змішувач. Відмитий бруд осідає в нижній частині машини. Він видаляється самопливом через люки в миючій ванні, або насосом 2 ½ НФ по трубопроводу. Подрібнені коренебульбоплоди містять частки величиною до 10мм – 70 %, до 20мм – 30 %.

Технічна характеристика подрібнювача коренебульбоплодів ИСК-5М наведена в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

### Технічна характеристика подрібнювача коренебульбоплодів ИСК-5М

Параметри	Значення
Встановлена потужність двигунів, кВт	9,0
Продуктивність, т/год	5,0
Місткість ванни, м <sup>3</sup>	2,5
Місткість бункера, м <sup>3</sup>	3,0
Витрата води на 1т коренебульбоплодів, м <sup>3</sup>	0,15
Габаритні розміри, мм:	
довжина	3200
ширина	2600
висота	2800
Маса, кг	1250

Кінематична схема подрібнювача ИСК-5М зображена на рис.4.4.

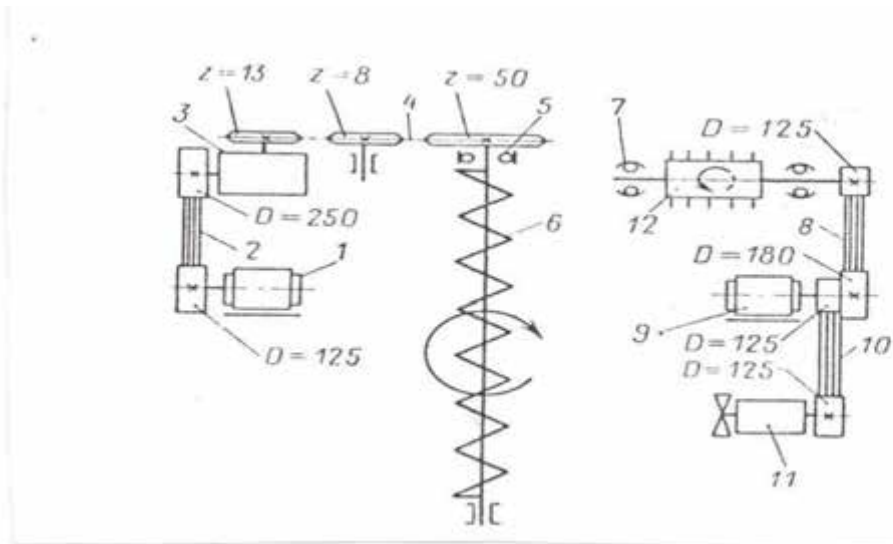


Рис. 3.6. Кінематична схема подрібнювача ИСК-5М:

1, 9 – електродвигун; 2, 8, 10 – клинові паси; 3 – редуктор; 4 – ланцюг;  
5, 7 – шарикопідшипники; 6 – похилий шнек; 11 – насос; 12 – подрібнювальний барабан

Система електрообладнання подрібнювача ИКС-5М складається з електропривода подрібнювача (розділи 3.2, 3.3) та регульованого електропривода шнека.

Регульований електропривод шнека побудований на основі розробленого НВЧ-витратоміра соковитих кормів.

Витрата кормів вимірюються НВЧ-витратоміром на виході подрібнювача. Сигнал з витратоміра поступає в пристрій порівняння частотного регулятора, який виробляє сигнали керування асинхронним двигуном, який змінює швидкість руху шнека, відповідно і подачу коренебульбоплодів на подрібнювальний барабан.

### 3.6 Розроблення електропривода шнека подрібнювача коренебульбоплодів ИКС-5М

Привод шнека подрібнювача ИКС-5М виконаний на базі регульованого електропривода з перетворювачем частоти VFD015E43A для двигуна потужністю 1,5 кВт.

Перетворювач частоти забезпечує ефективне керування частотою обертання двигуна, автоматизацію технологічних процесів та економію електроенергії.

Перетворювачі частоти серії VFD компанії Delta Electronics розроблені так, щоб задовольнити певні прикладні потреби. Ці частотні перетворювачі точно керують швидкістю і обертовим моментом, плавно гальмуються із збільшенням навантаження, і забезпечують режимний контроль і необхідну конфігурацію.

Перетворювач забезпечує регульовану характеристику  $V/F$  та векторне керування та має:

- Вбудований програмний логічний контролер;
- ПІД-регулятор;
- Модульну конструкцію;
- Зв'язок по MODBUS;
- Глибоке розширення входів/виходів;
- Вбудований РЧ-фільтр;
- Контроль температури двигуна (РТС-термістор).

Перетворювач частоти VFD075E43A має таку технічну характеристику:

- Номінальна потужність двигуна 1,5 кВт;
- Повна потужність 3,3 кВа;
- Номінальний вихідний струм 4,2 А;
- Вихідна напруга від 0 до 380 В;
- Вихідна частота 0,1 – 600 Гц.

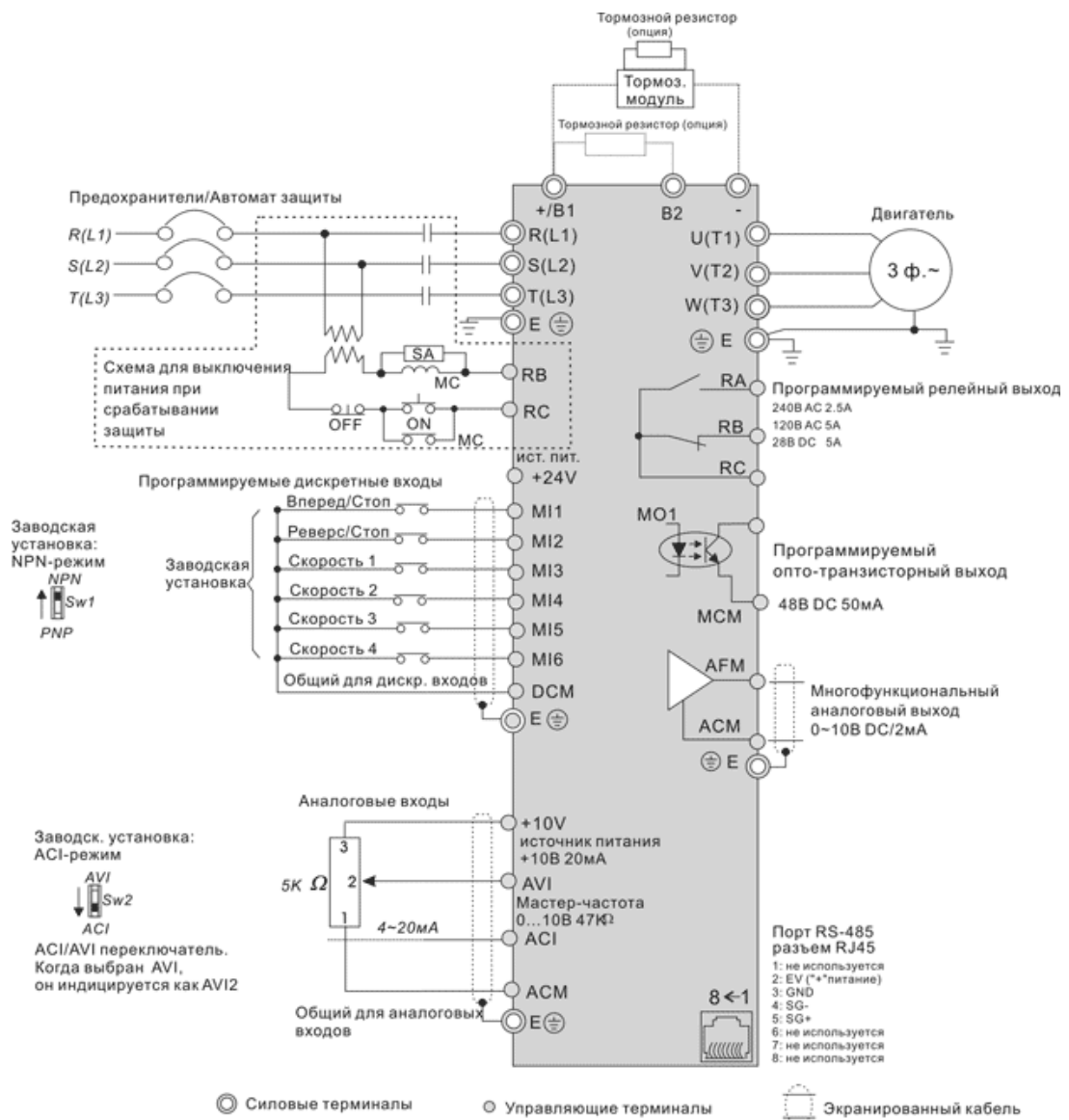


Рис.3.7. Схема підключення векторного перетворювача частоти VFD075E43A

Використання НВЧ-виратоміра у комплекті з перетворювачем частоти VFD075E43A забезпечує плавне регулювання частоти обертання шнека, забезпечуючи підтримання витрати корму на заданому рівні. При цьому вирівнюється навантажувальна діаграма двигуна.

Розроблене електрообладнання забезпечує (рис. 3.8) стабілізацію на заданому рівні витрати кормів та струмів навантаження електродвигуна з нерівномірністю, яка не перевищує 15 % за коефіцієнтом варіації. Це дає можливість підвищити на 15 – 25 % продуктивність і відповідно знизити на 15 – 25 % питому енергоємність подрібнення коренебульбоплодів.

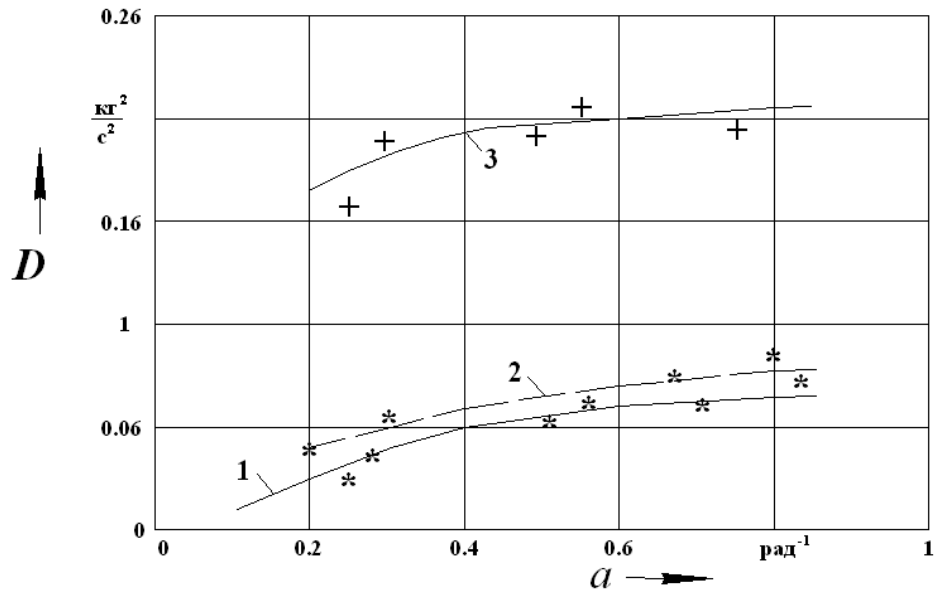


Рис. 3.8. Залежності дисперсії витрати потоку пасти із зеленої маси від спектрального складу навантаження: 1 – розрахункова; 2 – експериментальна з регулюванням; 3 – експериментальна без регулювання

## РОЗДІЛ 4

### ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В КОРМОЦЕХУ СВИНОФЕРМИ

Енергозбереження в електроприводі може бути досягнуто як на стадії його проектування та конструювання, так і при експлуатації електропривода.

Проектування та конструювання електропривода має відповідати сучасному рівню розвитку теорії та практики електропривода та суміжних галузей науки та техніки – електромеханіки, електроніки, автоматики, механіки та обчислювальної техніки. Енергозбереження при цьому може здійснюватися такими методами та засобами.

1. Обґрунтований розрахунок необхідної потужності двигуна виконавчого органу робочої машини або виробничого механізму з урахуванням усіх умов його роботи. Двигун завищеної потужності має низькі енергетичні показники роботи (ККД,  $\cos\phi$ ) та при цьому також має місце недовикористання закладених у нього матеріальних ресурсів (рис. 4.1).

З іншого боку, застосування двигуна недостатньої потужності знижує продуктивність технологічного обладнання, призводить до перевантаження двигуна, зростання втрат потужності та передчасного виходу його з ладу.

2. Вибір силових елементів електропривода, що характеризуються під час роботи мінімальними втратами енергії. Насамперед це стосується до вибору двигунів, щодо яких можна назвати такі можливості енергозберігаючих рішень:

- застосування енергозберігаючих двигунів, в яких за рахунок збільшених обсягів активних матеріалів (міді та сталі) втрати потужності знижено не менше ніж на 15—20 %. Такі двигуни мають позначення букву «е»;

- застосування двигунів зі зменшеним моментом інерції ротора (якоря), у яких має місце знижений рівень втрати енергії в перехідних процесах. До таких двигунів відносяться двигуни з подовженим ротором та двигуни з порожнистим ротором (якорем). Зниження моменту інерції електропривода можна отримати при використанні замість одного двигуна двох двигунів половинної потужності ту саму швидкість обертання.

Завдання енергозбереження вирішує застосування напівпровідникових перетворювачів, що мають високий ККД, і механічних передач з невеликими втратами потужності.

3. Орієнтування на застосування регульованого електропривода за системою «перетворювач - двигун», що дозволяє реалізовувати економічні способи регулювання змінних втрат у перехідних режимах.

4. Вибір раціональних способів та технічних засобів регулювання електроприводів, використання яких не викликає додаткових втрат енергії під час його роботи. До таких способів відноситься, наприклад, регулювання швидкості двигунів змінного струму за допомогою напівпровідникових перетворювачів частоти.

5. При експлуатації електроприводів енергозбереження може бути досягнуто за рахунок правильного технічного обслуговування та проведення заходів щодо їх модернізації.

Технічне обслуговування електроприводів повинно проводитися персоналом відповідно до правил улаштування та експлуатації електроустановок та передбачати періодичні огляди та профілактичні заходи щодо елементів електропривода – змащення підшипників та інших рухомих механічних частин двигуна та механічної передачі, очищення колекторів та контактних кілець двигунів та контактів електричної апаратури, зтяжки електричних з'єднань тощо.

Енергозбереження в експлуатованих електроприводах може досягатися їх модернізацією.

Найбільші можливості з енерго- та ресурсозбереження як при проектуванні нових, так і при модернізації діючих електроприводів надають регульовані електроприводи. До них відносять регульовані електроприводи змінного струму за системою «тиристорний регулятор напруги – асинхронний двигун» і «перетворювач частоти – а синхронний двигун», які набувають все більшого поширення на практиці для робочих машин та виробничих механізмів масового застосування.

За рахунок регулювання напруги на статорі двигуна при малих навантаженнях або холостому ході можуть бути знижені струм, споживана з мережі потужність, втрати потужності або підвищені ККД і  $\cos\varphi$  (рис.4.1).

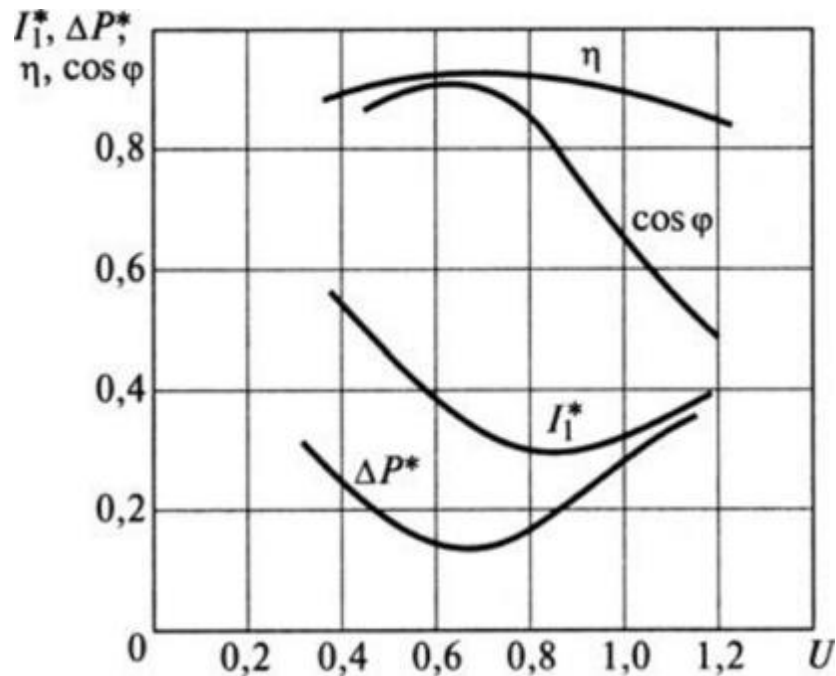


Рис. 4.1. Залежності ККД, коефіцієнта потужності, струму, втрат потужності від напруги

За рахунок поступового підвищення напруги, що подається на двигун, при пуску пристрої плавного пуску забезпечують обмеження пускових струмів і моментів асинхронних і синхронних двигунів. При цьому не відбувається зниження втрат енергії в двигуні, оскільки не змінюється швидкість обертання магнітного поля, але внаслідок обмеження струму та моменту суттєво знижуються зусилля, що діють на провідники обмоток двигунів, їх підшипники та на елементи механічної передачі та виконавчого органу робочих машин. За рахунок цього підвищується надійність роботи електропривода та технологічного обладнання, зменшується кількість ремонтів, що зрештою веде до економії енергетичних та матеріальних ресурсів.

Регулювання швидкості асинхронних двигунів при використанні перетворювачів частоти не супроводжується додатковими втратами потужності,

а застосування частотно-керованих пуску та гальмування двигунів забезпечує зниження втрат енергії в перехідних процесах та можливість її рекуперації в мережу при гальмуванні.

Заміна ламп розрарювання на світлодіодні також забезпечує змкншення споживання електричної енергії.

## **РОЗДІЛ 5**

### **ЗАХОДИ З БЕЗПЕКИ ПРАЦІ НА ОБ'ЄКТИ ТА ВИБІР ЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ**

#### **Передмова**

Створення безпечних умов праці працівників сільського господарства завжди було і є одним з важливих завдань служб по охороні праці всіх рівнів. Верховною Радою прийнято ряд законів, направлених на полегшення праці, оздоровлення, забезпечення санітарно-гігієнічних умов праці, які запобігають виробничому травмуванню та професійним захворюванням.

Основним завданням керівних інженерно-технічних працівників і спеціалістів сільського господарства в області охорони праці являється суворе дотримання ПТБ, норм виробничої санітарії в сільськогосподарському виробництві.

У цьому розділі проведено аналіз умов праці, передбачені міри по забезпеченню індивідуального захисту від ураження електричним струмом обслуговуючого персоналу, інші міри по усуненню небезпечних та шкідливих факторів, проведено розрахунок заземлюючих пристроїв, розроблені заходи із забезпечення протипожежного захисту, блискавкозахисту.

#### **5.1 Аналіз умов праці на підприємстві і визначення категорій виробництв, приміщень та класів виробничих зон**

Кормоцех розташований в районі, який характеризується помірним кліматом. Середня тривалість блискавок – 60 год/рік. До складу кормоцеху свиноферми входять всі необхідні приміщення і споруди, які забезпечують нормальну роботу обслуговуючого персоналу. Всі дороги, під'їзди і майданчики з твердим покриттям.

На території господарства передбачені централізоване закрите трубопровідне водовідведення. Територія, на якій розміщений кормоцех свиноферми, огорожена, засіяна газоном і засаджена плодовими деревами.

На кожному робочому місці є індивідуальні аптечки, інструкції по охороні праці. Весь обслуговуючий персонал тепличного комплексу періодично проходить інструктаж з охорони праці. Для забезпечення заходів з охорони праці виділяються кошти.

В табл. 5.1 наведено категорії виробництв, приміщень та класи виробничих зон.

Таблиця 5.1

### Класи і категорії об'єктів кормоцеху свиноферми

Найменування об'єкта	Санітарний клас підприємства	Категорія приміщення за характером навколишнього середовища	Клас приміщення за можливістю ураження ел. струмом	Клас вибухо- та пожежобезпечності зон приміщення	Категорія виробництва з вибухо- та	Ступінь вогнестійкості будівель та споруд	Категорія пристроїв блискавозахисту
Кормоцех	IV	Вогке	З підвищеною небезпекою	П-Па	Д	II	III
Санпропускник	IV	Вогке	Без підвищеної небезпеки	П-Па	Д	III	III
Приміщення для зберігання транспорту	IV	Сухе	Особливо небезпечне	П-Па	Д	III	III

У кормоприготувальному цеху для свиновідгодівельної ферми виробничі приміщення відносяться до вогких і запилених. У виробничих приміщеннях повітря загазоване і містить велику кількість пилу. Є природне освітлення. В процесі роботи технологічного і електротехнічного обладнання створюються шуми, які перевищують норму. При аварійних режимах роботи електроприймачів можливі ураження людей електричним струмом, а також небезпека травмування при дотику до частин, що обертаються або рухаються. Машини і механізми з частинами, що обертаються, заборонено експлуатувати без захисних огорож або без дотримання спеціальних заходів безпеки. У більшості машин і механізмів використовуються пристрої для запобігання робіт обслуговуючого персоналу при обертових чи поступальних рухах машин. На змішувачі С-12 на завантажувальних люках є кінцеві вимикачі, які запобігають вмиканню

змішувача при відкритому люці, коли всередині люка знаходиться працівник. Шкідливі і небезпечні фактори кормоцеху перераховані в табл. 6.1.

## 5.2 Розрахунок індивідуальних засобів захисту

Одним із способів, направлених на забезпечення охорони праці на свиновідгодівельному комплексі є використання індивідуальних засобів захисту, що застосовуються в електроустановках виконуються відповідно до "Норм комплектування засобами захисту," які викладено в додатку Б.П.1 "Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів " та "Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів". Результати розрахунків наведені в табл. 5.2.

Необхідна кількість спецодягу, спецвзуття та інших засобів захисту визначається відповідно до "Норм безкоштовної видачі спецодягу, спецвзуття та запобіжник пристосувань" (табл. 5.3).

Таблиця 5.2

### Шкідливі і небезпечні виробничі фактори кормоцеху

Робочі місця, технологічні лінії, приміщення та ділянки приміщень	Небезпечні та шкідливі фактори за ГОСТ 12.0.003-74										
	Фізичні				Хімічні		Біологічні		Психофізіологічні		
	Запаленість	Загазованість	Шум	Інші	Токсичні	Інші	Мікроорганіз	Інші	Фізичні перевантаження	Нервово-психологічні	Інші
Приміщення для переробки грубих і соковитих кормів	+	+	+	Рухомі частини	+	-	+	-	+	+	+
Відділення для приготування кормів	+	+	+	Рухомі частини	+	-	+	-	+	+	+

Відділення для прийому вихідних продуктів	+	+	+	Рухомі частини	+	-	+	-	+	+	+
Кімната для обслуговуючого персоналу	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
Електрощитова	-	-	+	напруга	-	-	-	-	-	+	+
Санвузол	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	+
Коридор	+	+	+	-	+	-	-	-	-	+	-
Тамбур	+	+	+	-	+	-	-	-	-	+	-
Душова	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+

Таблиця 5.3

### Індивідуальні засоби захисту

Найменування засобу захисту	Марка, тип	ГОСТ, ОСТ, ТУ	Потрібна к-сть шт. пар
Показник напруги	ИН-92	ТУ25-04-1129-78	2
Комплект інструменту з ізольованими рукоятками		ГОСТ 1115-79	2
Кліщі ізолюючі	К-1000	ТУ34-1632-75	2
Кліщі електровимірювальні	Ц-91	ТУ25-04-956-76	1
Рукавички діелектричні		ТУ38-105.977-76	12
Заземлення переносне		ТУ34-3816-74	2
Килимок діелектричний		ГОСТ 4997-75	12
Окуляри захисні	033-9	ГОСТ 12.4.003-74	2
Пояс запобіжний монтерський		ГОСТ 14185-77	2

Універсальні когті		ГОСТ 14331-77	2
Галоші діелектричні		ГОСТ 13385-78	2
Плакети і знаки безпеки		ГОСТ 12. 4026-76	40
Медична аптечка			5

### 5.3 Розрахунок заземлюючого пристрою трансформаторної підстанції

Для забезпечення безпеки людей і захисту електрообладнання в ПУЕ передбачено спорудження заземлюючих пристроїв електроустановок до і вище 1000 В.

Проектом передбачається установка заземлюючого пристрою на трансформаторній підстанції 10/0,4 кВ і на лінії 0,38 кВ перед кожною виробничою спорудою. Для зони, де знаходиться об'єкт, що проектується, число грозових годин на рік складає 60-80.

Згідно ПУЕ, до  $U \leq 1000$  В з глухозаземленою нейтраллю опір заземлюючого пристрою повинен становити для трансформатора з потужністю  $\geq 100$  кВА не більше 4 Ом. Цей опір повинен бути забезпеченим з урахуванням природних і повторних заземлювачів нульового провoda повітряної лінії 0,38 кВ.

Заземлюючий пристрій запроектовано виконати з круглої сталі діаметром  $d=0,8$  мм, довжиною  $l=5$  м, глибиною закладання  $t=0,8$  м від поверхні землі. Верхні кінці електродів з'єднати полосовою сталлю 40x4 мм по всьому периметру заземлюючого пристрою.

Виконаємо розрахунок заземлюючого пристрою, виходячи з вимог лінії 0,38кВ і нейтралі силового трансформатора:

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_{шт}} + \frac{1}{R_{пр}} + \frac{1}{R_{ек}}, \quad (5.1)$$

де  $R_0$  - допустимий опір заземлення лінії 0,38 кВ, Ом;

$R_{пр}$  - опір природнього заземлення, Ом;

$R_{шт}$  - опір штучного заземлення, Ом;

$R_{ек}$  - еквівалентний опір заземлення повітряних ліній, Ом;

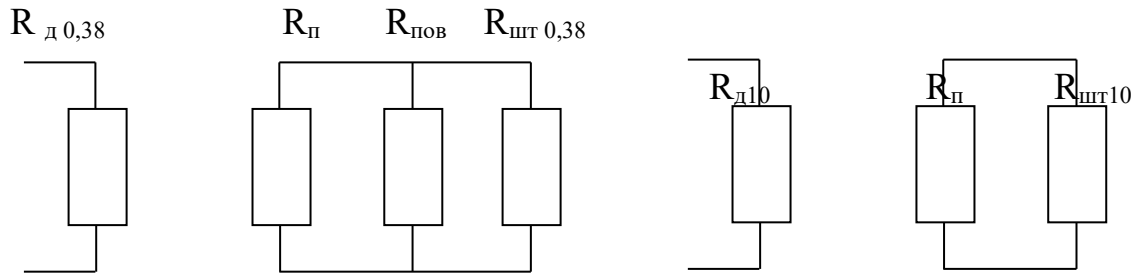


Рис.6.1. Схема замощення лінії 0,38 кВ

Визначаємо еквівалентний питомий опір ґрунту:

$$\rho_{екв} = \frac{\rho_1 \rho_2 \kappa l}{\rho_1 (t + k l h_1) + \rho_2 (h_1 t)}, \quad (5.2)$$

де  $\rho_1$  і  $\rho_2$  - відповідно питомі опори верхнього і нижнього шарів ґрунту,

$k$  - коефіцієнт сезонності,  $k = 1,1$ ;

$l$  - довжина стержня, м;

$t$  - глибина закладання стержня, м;

$h_1$  - товщина верхнього шару ґрунту, м;

$$\rho_{екв} = \frac{340 \cdot 50 \cdot 1,1 \cdot 5}{340(0,8 + 1,1 \cdot 5 \cdot 3,2) + 50(3,2 \cdot 0,8)} = 79,6 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

Визначимо еквівалентний питомий опір фундаменту:

$$\rho_{эф} = \rho_1 \left( 1 - e^{-\alpha \frac{h_1}{\sqrt{S_6}}} \right) + \rho_2 \left( 1 - e^{-\beta \frac{\sqrt{S_6}}{h_1}} \right), \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (5.3)$$

де  $\rho_1$  - питомий опір верхнього шару ґрунту, Ом · м;

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

$h_1 = 3,2$  м;

$S_6$  - площа будівлі, м<sup>2</sup>;

$\alpha = 3,6$ ;

$$\beta = 0,1;$$

оскільки  $\rho_1 > \rho_2$ .

$$\rho_{\text{эф}} = 340 \cdot 1 \cdot e^{\frac{3,6 \cdot 3,2}{\sqrt{50}}} + 50 \cdot 1 \cdot e^{\frac{0,1 \cdot \sqrt{50}}{3,2}} = 284,2 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Опір природного заземлювача:

$$R_{\text{пр}} = 0,5 \frac{\rho_{\text{эф}}}{\sqrt{S}} = 0,5 \frac{284,2}{\sqrt{50}} = 20,09 \text{ Ом}. \quad (5.4)$$

Для визначення опору повторних заземлювачів користуємось розрахунковою схемою мережі 0,38 кВ.

$$\frac{1}{R_{\text{л}}} = \frac{1}{R_{\text{л1}}} + \frac{1}{R_{\text{л2}}}; \quad (5.5)$$

$$R_{\text{л1}} = \frac{R_{\text{нов}}}{m_1}; \quad R_{\text{л2}} = \frac{R_{\text{нов}}}{m_2}, \quad (5.6)$$

де  $m_1$  і  $m_2$  - відповідно кількість заземлювачів у першій і другій лініях;

$$R_{\text{л1}} = \frac{30}{6} = 5 \text{ Ом}, \quad R_{\text{л2}} = \frac{30}{4} = 7,5 \text{ Ом}.$$

Визначимо загальний опір всіх повторних заземлювачів:

$$R_{\text{нов}} = \frac{R_{\text{л1}} \cdot R_{\text{л2}}}{R_{\text{л1}} + R_{\text{л2}}} = \frac{5 \cdot 7,5}{5 + 7,5} = 3 \text{ Ом}. \quad (5.7)$$

Розрахуємо еквівалентний опір лінії 0,38 кВ:

$$R_{\text{екв}} = \frac{R_{\text{пр}} \cdot R_{\text{нов}}}{R_{\text{пр}} + R_{\text{нов}}} = \frac{20,09 \cdot 3}{20,09 + 3} = 2,6 \text{ Ом}. \quad (5.8)$$

Оскільки  $R_{\text{екв}} < R_{\text{ШТ}}$ , то  $R_{\text{ШТ}}$  приймаємо максимально допустимим, тобто  $R_{\text{ШТ}} = 30 \text{ Ом}$ .

Пред'являємо вимоги мережі 10 кВ:

$$R_{\hat{a}(10)} = \frac{125}{2 \cdot \hat{I}_{\text{с.з.}}} \leq 10 \hat{I},$$

де  $\hat{I}_{\text{с.з.}}$  - розрахунковий струм на землю, А.

$$I_{с.з.} = \frac{U(L_n + 35L_k)}{350}, \quad (5.9)$$

де  $U$  - номінальна напруга мережі, В;

$L_n$  - довжина повітряної лінії 10 кВ, м;

$L_k$  - довжина кабельної лінії, м.

$$I_{с.з.} = \frac{10(5,2 + 35 \cdot 20)}{350} = 21,58 \text{ А.}$$

Тоді  $R_{\partial(10)} = \frac{125}{21,58} = 5,8 \text{ Ом} \leq 10 \text{ Ом}.$

Визначаємо штучний опір для лінії 10 кВ:

$$R_{шт(10)} = \frac{R_{\partial(10)} R_{np}}{R_{np} + R_{\partial(10)}} = \frac{5,8 \cdot 20,09}{20,09 + 5,8} = 8,15 \text{ Ом}. \quad (5.10)$$

Порівнюючи  $R_{шт(0,38)}$  і  $R_{шт(10)}$  приймаємо менше значення із них, тобто  $R_{шт(10)} = 8,15 \text{ Ом}.$

Визначаємо опір стікання одного вертикального стержня

$$R_{ст} = \frac{\rho_{екв}}{2\pi} \frac{\kappa_c}{l} \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h' + l}{4h'} = \frac{79,6}{2} \frac{1,15}{3,14} \frac{1}{5} \ln \frac{2 \cdot 5}{0,008} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 5}{4 \cdot 3,3} = 25,4 \text{ Ом}$$

$\kappa_c$  - коефіцієнт сезонності,  $\kappa_c = 1,15$ ;

$h' = t + 0,5 \quad l = 0,8 + 0,5 \cdot 5 = 3,3 \text{ м}.$

Визначаємо провідність:

$$g_B = \frac{1}{R_{ст}} = \frac{1}{25,4} = 0,039 \text{ См}. \quad (5.11)$$

Попередньо визначаємо кількість вертикальних стержнів:

$$N_B = \frac{R_{ст}}{R_{шт}} = \frac{25,4}{8,15} = 3,116. \quad (5.12)$$

Приймаємо кількість стержнів  $N_B = 4$  стержні.

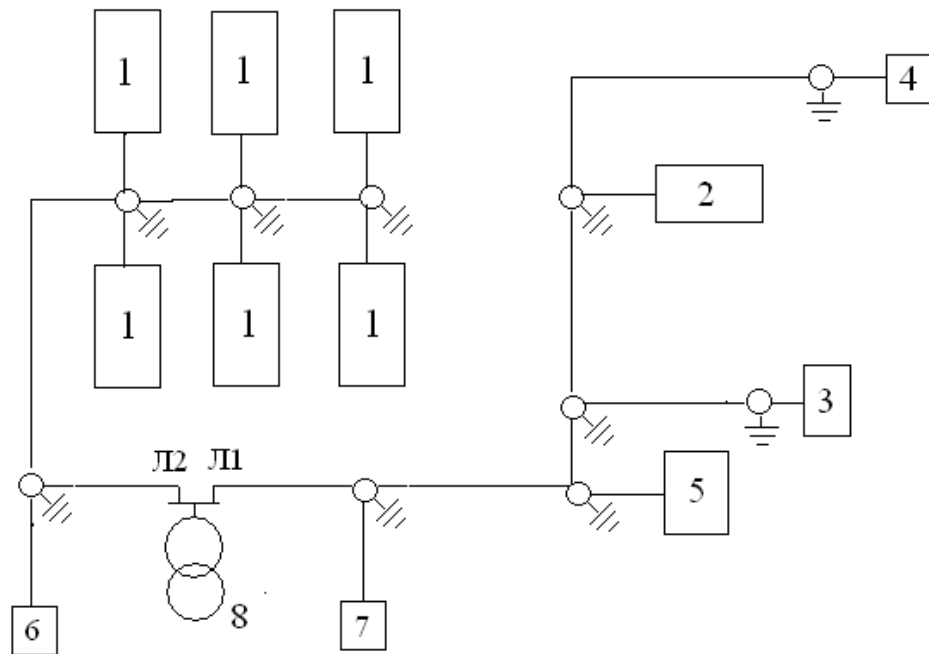


Рис.5.2. Розрахункова схема електромережі 0,38 кВ:

1 – кормоприготувальний цех з котельнею і механізованим сховищем коренеплодів; 2 – приміщення для зберігання внутріфермського транспорту; 3 – прохідна з ваговою; 4 – службово-виробнича будівля з санпропускником; 5 – вагова з критим манежем; 6 – ветпункт із стаціонаром; 7 – трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ, S=160 кВА.

Еквівалентний горизонтальний опір визначаємо за формулою:

$$R_{\Gamma} = \frac{k_C}{2\pi} \frac{\rho_{екв.г}}{l_{\Gamma}} \ln \frac{2l_{\Pi}}{b \cdot t}, \quad (5.13)$$

де  $k_C$  - коефіцієнт сезонності,  $k_C = 1,75$ ;

$\rho_{екв.г}$  - еквівалентний горизонтальний опір, з таблиці приймаємо  $\rho_{екв.г} = 284,2 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ;

$l_{\Gamma}$  - довжина заземлюючого контуру,  $l_{\Gamma} = 40 \text{ м}$ ;

$b$  - ширина сталюї штаби,  $b = 0,04 \text{ м}$ .

$$R_{\Gamma} = \frac{1,75}{2} \frac{284,2}{3,14 \cdot 40} \ln \frac{2 \cdot 40}{0,04 \cdot 0,8} = 47 \text{ Ом}.$$

Знаходимо провідність:

$$g_{\Gamma} = \frac{1}{R_{\Gamma}} = \frac{1}{47} = 0,021 \text{ См}. \quad (5.14)$$

Визначаємо значення штучного опору:

$$R_{\text{шт}} = \frac{1}{\eta(N_B g_B + g_{\Gamma})}, \quad (5.15)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт використання складного заземлювача, вибираємо за таблицею  $\eta = 0,67$ ;

$$R_{\text{шт}} = \frac{1}{0,67(4 \cdot 0,039 + 0,021)} = 6,51 \text{ Ом}.$$

Оскільки  $R_{\text{шт}} < R_{\text{дир}}(10)$ , робимо висновок, що заземлюючий контур задовольняє умови безпеки.

#### 5.4 Блискавкозахист

На електричному обладнанні атмосферні перенапруги можуть з'явитися або від прямого удару блискавки в електроустановку, чи від розряду блискавки поблизу лінії електропередачі.

В останньому випадку перенапруга індукується на проводах повітряних ліній електропередач і по них у вигляді хвиль перенапруг розповсюджується на обладнання відкритих і закритих електроустановок. Прямими ударами блискавки можуть також вражатись будівлі і споруди свиновідгодівельного комплексу.

Для захисту обладнання трансформаторних підстанцій від атмосферних перенапруг, з боку лінії 10 кВ передбачено встановлення вентильних розрядників ОВС-10, а зі сторони лінії 0,38 кВ – розрядників типу ВН-0,5. В якості заземлення розрядників використовується контур заземлення ТП-10/0,4 кВ.

Приміщення для кормоцеху передбачено захищати від прямого попадання блискавки і від попадання в приміщення перенапруг по лінії 0,38 кВ. Для цього застосовані повторні заземлення нульового провода і траверс з опором  $R_3 \leq 30$  Ом через кожні 100 м і на опорах вводу в будівлю.

Визначаємо очікувану кількість ударів блискавки:

$$N = \frac{(S + 6h)(L + 6h) - 7,7h^2}{10^6} \cdot n, \quad (5.16)$$

де  $S$  і  $L$  – відповідно ширина і довжина будівлі, м;

$h$  – найвища висота будівлі, м;

$n$  – середньорічне число ударів блискавки на площі  $1 \text{ км}^2$  земної поверхні у місці знаходження будівлі,  $n=5$ .

Будівля повинна бути захищена у відповідності з III категорією блискавкозахисту і типом зони захисту Б.

Визначаємо для цієї зони висоту одиночного стержневого блискавковідводу з урахуванням розмірів границі зони захисту  $r_{x1}=12$  м на висоті  $h_{x1}=3$  м (рис.6.3):

$$h \geq r_{x1} \cdot \frac{2}{3} + \frac{h_{x1}}{0,92}, \quad (5.17)$$

де  $h_{x1}$  - висота об'єкту, що захищається, у найвіддаленішій точці  $h_{x1}=3$  м;

$r_{x1}$  - відстань від блисковідводу до найвіддаленішої точки об'єкту,  $r_{x1}=12$  м;

$$h_1 \geq 12 \frac{2}{3} + \frac{3}{0,92} = 11,26 \text{ м.}$$

Визначимо зону захисту для стержневого блисковідводу для зони Б:

$$h_2 = \frac{r_{x2} + 1,63h_{x2}}{1,5}, \quad (5.18)$$

де  $r_{x2}$  - зона захисту об'єкту на висоті, що захищається,  $r_{x2} = 9$  м;

$h_{x2}$  - висота об'єкту, що знаходиться,  $h_{x2} = 5$  м.

$$h_2 = \frac{9 + 1,63 \cdot 5}{1,5} = 11,4 \text{ м.}$$

Ця зона захисту представляє собою конус з висотою  $h_0$ :

$$h_0 = 0,92 \cdot h_2 = 0,92 \cdot 11,4 = 10,48 \text{ м.}$$

На рівні даху будівлі зона захисту представляє собою коло з радіусом  $r_{x2}$ :

$$r_{x2} = 1,5 \left( h_2 - \frac{h_{x2}}{0,92} \right) = 1,5 \left( 11,4 - \frac{5}{0,92} \right) = 8,95 \text{ м.} \quad (5.19)$$

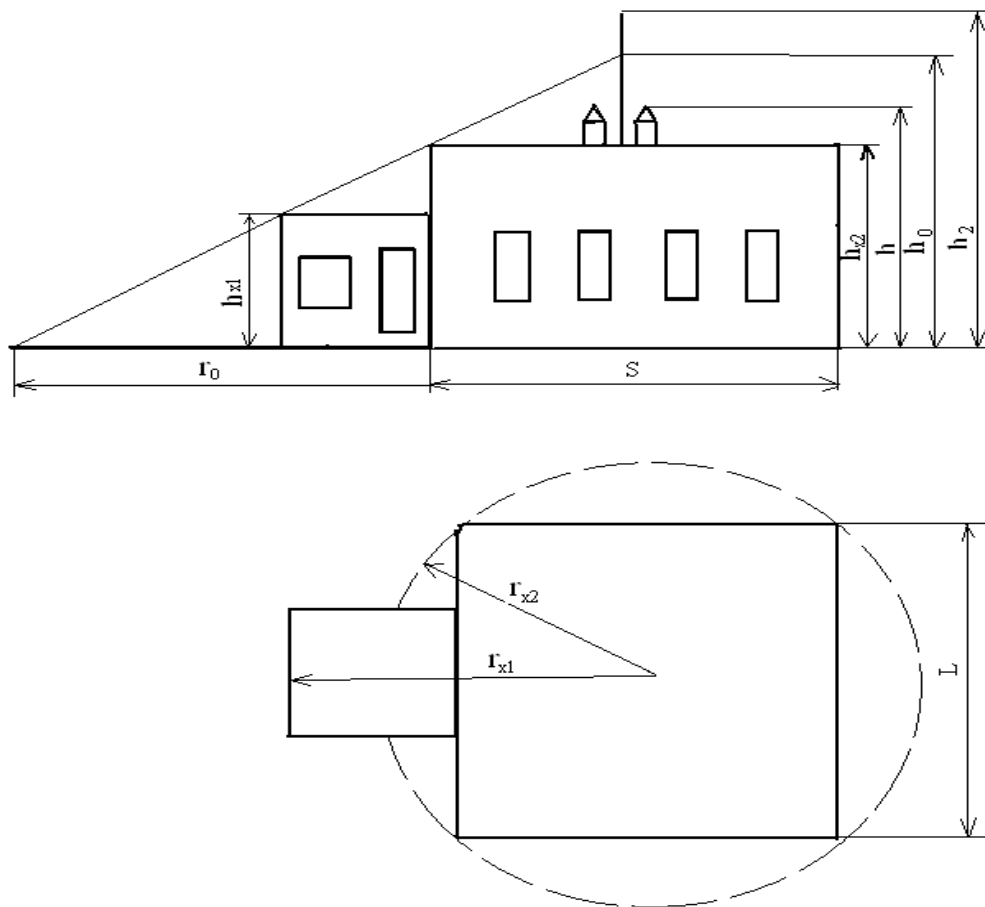


Рис.5.3. Розрахунок блискавкозахисту

Границя зони захисту на рівні землі

$$r_0 = 1,5 \cdot h_2 = 1,5 \cdot 11,4 = 17,1 \text{ м.}$$

### 5.5 Пожежна безпека

За ступенем пожежобезпеки кормоцех відноситься до категорії Д (неспалимі речовини і матеріали в холодному стані).

Можливі причини виникнення пожежі: короткі замикання в несправній електропроводці чи електрообладнанні, недотримання правил техніки безпеки при зварювальних роботах, недбала поведінка з вогнем.

Кількість необхідного пожежного обладнання та інвентаря наведена в табл. 5.4.

Таблиця 5.4

### Перелік пожежного обладнання та інвентаря

Найменування пристрою чи засобу пожежогасіння	Тип, марка	Місце встановлення	К-сть	Характеристика пожежного пристрою
Вогнегасник хімічний пінний	ОХП-10	Тваринницьке приміщення, кормоцех	12	
Вогнегасник вуглекислотний	ОУ-2	Електрощитові	7	
Ящик з піском		Перед входом	8	Ємкість 0,5 м <sup>3</sup>
Пожежний щит		Перед входом	8	ОХП-10-2шт відро- 2 шт. лопата-2шт. багор-2 шт. лом-2 шт.

З метою протипожежної безпеки у кормоцеху розроблені такі заходи:

- під'їзди до пожежного резервуару заборонено загороджувати;
- при вході в кожную будівлю встановлені ємкості з водою, піском, пожежні щити;
- пожежний резервуар обладнаний насосом для підйому води, так як ємкість знаходиться нижче поверхні землі.

Таким чином, у кормоцеху виконуються усі необхідні вимоги пожежної безпеки.

Згідно «Норм безкоштовної видачі спецодягу, спецвзуття, запобіжних пристроїв» проведено розрахунок потрібної кількості спецодягу (табл. 6.2).

Згідно «Норм комплектування засобами захисту» в проекті передбачено набір захисних засобів.

Ізолюючі захисні засоби і вказівки напруги випробовують підвищеною напругою при прийнятті в експлуатацію, а потім періодично в наступні терміни:

- діелектричні рукавиці – 1 раз в 6 місяців;
- діелектричні калоші, вказівники напруги і інструмент з ізольованими ручками – 1 раз в рік;
- вимірвальні штанги, кліщі – 1 раз в 2 роки;
- діелектричні боти – 1 раз в 3 роки.

## РОЗДІЛ 6

### ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ДОЗУВАННЯ СОКОВИТИХ КОРМІВ

Економічну ефективність впровадження нових електрифікованих технологій і обладнання у виробничих процесах у сільському господарстві визначають порівнянням двох варіантів: до впровадження нового обладнання та після його модернізації обладнання.

Розрахунок проведемо для системи автоматичного регулювання дозування соковитих кормів. Вартість базової системи складає 25600 грн., нової – 27800 грн. Капітальні затрати на використання  $K^1$ , які враховують затрати на перевезення пристрою до місця експлуатації, затрати на монтаж і налагодження, приблизно складають:

$$K^1 = 0,1 \text{ Ц} \quad (6.1)$$

де Ц – оптова ціна пристрою

Річні експлуатаційні витрати включають:

- 1) заробітну плату обслуговуючого персоналу;
- 2) затрати на утримання основних засобів виробництва;
- 3) затрати на електроенергію;
- 4) інші збори.

Затрати на утримання складаються з амортизаційних витрат і затрат на поточний ремонт.

Амортизаційні витрати знаходимо з виразу

$$A = Ц_5 \frac{H_A}{100}, \quad (6.2)$$

де  $H_A$  – 14,2% - річні норми амортизаційних відрахувань;

$Ц_6$  - балансова ціна пристрою.

Балансові ціни пристроїв рівні:

– базового:  $Ц_{бб} = Ц_6 + K^1 = 1,1Ц_6 = 29150$  грн.

– нового:  $Ц_{бн} = Ц_н + K^1 = 1,1Ц_н = 30580$  грн

Відрахування на поточний ремонт:

$$ПР = Ц_{\phi} \frac{Н_{тр}}{100}, \quad (6.3)$$

де  $Н_{тр}=7,1\%$  - річна норма відрахувань на поточний ремонт.

Заробітна плата персоналу, обслуговуючого установку:

$$ЗП = (1 + Н_{с}/100) Ч_{т} (З_{пнв} + З_{екс}), \quad (6.4)$$

де  $Н_{с}= 4,4\%$  минулі відрахування на соціальне страхування;

$Ч_{т}= 100,00$  грн/год – середня годинна тарифна ставка;

$З_{пнв.б} = 4$  люд.·год. – трудомісткість на підключення, налагодження і відключення базового пристрою;

$З_{пнв.н} = 2$  люд.·год. – трудомісткість на підключення, налагодження і відключення нового пристрою;

$З_{екс.б} = 50$  люд.·год. – трудомісткість на експлуатацію базової установки;

$З_{екс.н} = 10$  люд.·год. – трудомісткість на експлуатацію нової установки.

$$З_{річ} = З_{пл} + З_{дод} + З_{ел} + З_{ін}, \quad (6.5)$$

де  $З_{ін}=5\%$ ,  $З_{дод}=0,4\%$  від основної.

$$З_{пл} = З_{осн} + З_{дод} + З_{відр.}, \quad (6.6)$$

$$З_{осн} = C_{год} \cdot Ч_{вс}, \quad (6.7)$$

де  $C_{год}=11.41/7=1,63$

Для розробленої системи автоматичного регулювання  $З_{екс}=0$ , тоді:

$$ЗП_2 = (1 + Н_{с}/100) Ч_{т} З_{пнв}. \quad (6.8)$$

Річні експлуатаційні витрати рівні:

$$В = А + ПР + ЗП \quad (6.9)$$

Річна економічна ефективність від впровадження системи автоматичного регулювання розраховується за формулою:

$$E = \left[ 3_1 \frac{B_2}{B_1} \cdot \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n} + \frac{(B_1 - B_2) + E_n (K_1' - K_2')}{P_2 + E_n} - 3_2 \right] \cdot A_2; \quad (6.10)$$

$$E = 3 + 3_{утр} + 3_{інф}; \quad (6.11)$$

$$3 = 3_{осн.} + 3_{доп} + 3_{відр.}; \quad (6.12)$$

$$3_{утр} = А + P_n, \quad (6.13)$$

де  $Z_1$  і  $Z_2$  – затрати базового і нового пристрою;  $E_n = 0,15$  – нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень;  $\frac{B_2}{B_1}$  – коефіцієнт, який враховує рівень виробництва нового пристрою в порівнянні з базовим,  $\frac{B_2}{B_1} = 1,5$ ;  $P_1, P_2$  – відрахування на реновацію базового і розробленого пристрою.

$$P_1 = \frac{1}{T_1}; \quad P_2 = \frac{1}{T_2}, \quad (6.14)$$

де  $T_1, T_2$  – срок роботи відповідно базового і розробленого пристроїв, в розрахунках приймаємо,  $T_1 = T_2 = 10$  років;  $A_2$  – річний об'єм виробництва нових пристроїв, приймаємо  $A_2 = 1$ .

Результати розрахунку економічної ефективності в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

### Основні економічні показники базового і нового пристроїв

Назва показників	Базовий пристрій	Новий пристрій
Оптова ціна (на одну установку), грн.	25600,0	27800,0
Капітальні затрати на виробництві, грн/рік.	2560,0	2780,0
Поточні капітальні затрати, грн/рік.	2320,0	1260,0
Амортизаційні відрахування, грн/рік.	3635,2	3947,6
Відрахування на поточний ремонт, грн/рік.	1817,6	1973,8
Відрахування на заробітну плату, грн/рік: при $n=1$	5637,6	1252,8
Експлуатаційні витрати, грн/рік: при $n=1$	1070	520
Витрати на електроенергію, грн	19440	16524
Приведені затрати, грн/рік.	23590	19124
Економічна ефективність, грн/рік		5516

Таким чином, в результаті розрахунку економічної ефективності системи автоматичного регулювання дозування кормів, було встановлено:

- розроблений пристрій має більшу надійність при експлуатації;
- економічна ефективність від використання розробленої системи досягнена,

головним чином, за рахунок зменшення експлуатаційних витрат і складає 5516 грн/рік.

## ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз дозаторів кормів, які застосовуються на свинофермах.
2. Проведений аналіз технологічного та електротехнічного обладнання для кормоцеху свиновідгодівельної ферми.
3. Розроблений НВЧ-витратомір подрібнених соковитих кормів. Встановлено, що оптимальні частоти витратоміра соковитих кормів складають  $f_1=3$  ГГц та  $f_2=24$  ГГц, потужності НВЧ-генератора дорівнюють  $P_1=100$  мВт,  $P_2=50$  мВт, а кут зондування потоку корму доплерівським радаром  $\alpha_d=40^\circ\pm 5^\circ$ .
4. Дослідження НВЧ-витратоміра показали, що похибка вимірювання витрати подрібнених соковитих кормів в безперервному потоці не перевищує 3-7 %.
5. Завдяки стабілізації навантаження електроприводів на оптимальному рівні досягається підвищення середньої продуктивності подрібнювача коренебульбоплодів на 15 – 25 % та зниження питомої енергоємності подрібнення кормів на 10 – 15 %.
6. Розроблені заходи з енергозбереження в кормоцеху. Розглянуті питання охорони праці та протипожежної безпеки в кормоцеху.
7. Річний економічний ефект від впровадження система автоматичного регулювання дозування соковитих кормів складає 5516 грн на рік.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про енергетику». В редакції від 1 липня 2010 року N 2388-

2. Закон України «Про енергозбереження». ( Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, N 15, ст.126 )

3. Закон України №555-IV від 20.02.2003р «Про альтернативні джерела енергії»

4. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі : навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів / Іноземцев Г. Б., Козирський В. В., Лут М. Т., Радько І.П., Синявський О.Ю. – 2-е вид., перероб. і доп. – К., 2014. – 525 с.

4. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ – 2017), 640 с.

5. ДНАОП 0.00. – 1.32 – 01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних електроустановок. – К.: ПП „Фірма Гранмна”, 2001. – 117 с.

6. ДБН В.2.5. – 23 – 2003. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об’єктів цивільного призначення. Державний комітет України з будівництва та архітектури. – К.: 2004. – 128 с.

7. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено Наказом Міністерства палива та енергетики України за № 258 від 25.07.2006. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України за № 1143/13017 від 25.10.2006.

8. Ramata A. Ventilation of piggeries in cold and humid climate / A. Ramata // 7th International Cold Climate HVAC Conference; Calgary; Canada; 12 – 14 November 2012, P. 176-183 (**Scopus**)

9. Правила користування електричною енергією. Затверджено постановою НКРЕ 31.07.96 N 28 у редакції постанови НКРЕ від 17.10.2005 N 910. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18 листопада 2005 р. за N 1399/11679

10. Правила користування електричною енергією для населення. – К.: ДП „НТУКЦ” АЕЕ, 2002. – 34

11. Кігель А. Г. Приведення техніко-економічних показників електричних мереж до розрахункових умов / А. Г. Кігель // Науковий вісник Національного гірничого університету. - 2014. - № 5. - С. 63-69. (**Scopus**)
12. ДНАОП 0.00.1.21. – 98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. / Держнаглядохоронпраці України.: – К.: Основа, 1998. – 380 с.
13. ССБП ДСТУ 2293-93. "Система стандартів безпеки праці. Терміни та визначення".
14. ДСТУ 2272-93 Пожежна безпека. Терміни та визначення.
15. Основи електропривода: Підручник / Ю. М. Лавріненко, , П. І. Савченко, О. Ю. Синявський, та ін.; За ред.. Ю. М. Лавріненка, Видавництво «Ліра-К». –К., 2009. – 504с
16. Червінський Л.С., Сторожук Л. О. Електричне освітлення та опромінення: Посібник. – К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2011. -214с
17. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві / О.С. Марченко, О.В. Дацішин, Ю.М. Лавріненко та ін.; За ред. О.С.Марченка. – К.: Урожай, 1995. – 416 с.
18. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч./ Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К.:Аграрна освіта, 2011.- 448 с.
19. Лут М.Т., Мірошник О.В., Трунова І.М. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК.: Підручник для студентів ВНЗ. – Харків: Факт, 2008. – 438 с.
20. Лут М.Т., Радько І.П., Тракай В.Г., Чміль А.І. Безпека праці в сільських електроустановках : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Лут М.Т., Радько І.П., Тракай В.Г., Чміль А.І. – К.: Вид – во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012- 430 с.
21. Довідник сільського електрика / За ред. В.С. Олійника. – К.: Урожай, 1982. – 296 с.

22. Механізація виробництва продукції тваринництва. За редакцією І.І.Ревенка, 1994.
23. Гончар В.Ф. Курсове і дипломне проектування. – К.: Вища шк., 1985.
24. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів і потокових ліній : Підручник / Е.Л. Жулай, Б. В. Зайцев, Ю. М. Лавріненко та ін. За ред.Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001.
25. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / [Синявський О.Ю., Савченко П.І., Савченко В.В. та ін.]; за ред. О.Ю. Синявського. – К.: Аграр Медіа Груп, 2015. – 604 с.