

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Підгурський Олександр Миколайович

УДК 631.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування можливості модернізації електротехнологічного

обладнання на зернотоках

(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня *бакалавр*

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Підгурський О. М.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Савченко Л. Г.

доцент кафедри

електрифікації, автоматизації

виробництва та інженерної екології

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

Підгурський О. М. Обґрунтування можливості модернізації електротехнологічного обладнання на зернотоках. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

В роботі виконано дослідження, аналіз виробничих процесів на зернотоку. Розробив енергозберігаючі технології з використанням діючого модернізованого електротехнологічного обладнання відповідно розроблених електричних схем з вибором сучасних апаратів і електродвигунів, що зменшать енергетичні затрати і збільшать надійність роботи обладнання.

Ключові слова: електропривод, керування, транспортер, модернізація, розробка, схема.

ANOTATION

Pidgursky O. M. Substantiation of the possibility of modernization of electrical equipment at grain flows. - Qualification work on the rights of the manuscript. Qualification work for the bachelor's degree in specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics." - Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

The work includes research and analysis of production processes on the grain flow. Developed energy-saving technologies using current modernized electrotechnological equipment, according to developed electrical circuits with a selection of modern devices and electric motors, which will reduce energy costs and increase the reliability of the equipment.

Key words: electric drive, control, conveyor, modernization, development, scheme. krainskaya

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ.....	7
1.1. Дослідження виробничих процесів при післязбиральному обробітку зерна	7
1.2. Характеристика виробничих процесів на зернотоках	7
1.3. Характеристики сховищ і технологічних установок для зберігання зерна.....	8
Висновки до першого розділу.....	9
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	10
2.1. Розробка технологічного процесу для сушіння, очищення зерна та вибір електротехнологічного обладнання.....	10
2.2. Характеристика типового технологічного процесу транспортування зерна.....	16
2.3. Розробка електротехнологічного обладнання для транспортування зернових.....	17
2.4. Розробка технологічного процесу для досушування, зберігання зернових та вибір електротехнологічного обладнання.....	20
2.5. Розробка технологічного процесів плющення зерна для приготування кормів та вибір електротехнологічного обладнання.....	24
Висновки до другого розділу.....	28
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВИХ СХЕМ УПРАВЛІННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	29
3.1. Розробка принципової електричної схеми зерноочисного агрегату та опис її роботи.....	29
3.2. Модернізація схеми керування норією зерноелеватора з впровадженням автоматизованої системою плавного пуску	30

3.3. Розробка принципової схеми для гвинтового транспортера	32
3.4. Розробка принципової електричної схеми бункера активного вентилювання зерна.....	34
3.5. Розробка принципової електричної схеми керування агрегатом для плющення зерна	35
Висновки до третього розділу.....	35
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37
ДОДАТКИ.....	39

ВСТУП

Актуальність теми. Дослідження та аналіз стану обмолоту, первинного обробітку та зберігання зернових показують, що значна частина зернотоків знаходиться в незадовільному стані. Так наприклад користуються не ефективними застарілими технологіями і електротехнологічним обладнанням, що в значній мірі негативно впливає на значні енергозатрати, порівняно невисоку якість зернових та знижених цінах при їх реалізації покупцям.

На сучасному етапі розвитку фермерських господарств одним із основних пріоритетних напрямків являється відновлення, реконструкція та модернізація електротехнологічного обладнання на існуючих та проєктованих зернотоках.

Об'єктом проєктування являється типовий зернотік фермерського господарства.

Виконані дослідження, аналіз виробничих процесів на зернотоку показали не ефективність виконання виробничих процесів, які пов'язані з малою продуктивністю і великими енергетичними затратами.

Важливим питанням також являється ефективність капіталовкладень. Дослідивши та проаналізувавши ціни придбання нового електротехнологічного обладнання і модернізацію бувшого в експлуатації обладнання можна прийти до висновку, що значно дешевше провести модернізацію обладнання.

Тому в роботі буде розроблено ряд ефективних технологій і впровадження модернізованого електротехнологічного обладнання, які в значній мірі покращать умови обробітку зернових. Тема являється актуальною так як ряд розглянутих питань можуть бути використані при проєктуванні, впровадженні в на зернотоках в фермерських господарствах.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси та обладнання на зернотоці.

Предмет дослідження – ефективність використання електроприводів.

Мета і завдання – підвищення ефективності технологічних процесів при обробці зернових, модернізація електроприводів для надійності роботи обладнання, зменшення енергетичних.

Практичне значення та інженерні рішення – реконструкція зернотоків, модернізація електроприводів електротехнологічного обладнання.

Публікації автора:

1. Підгурський О. М. Модернізація мобільних зерносушарок *riela* типу *gtr* для спалювання подрібненої соломи в котли автоматичної дії.

Збірник тез науково-практичної конференції Студентські наукові читання за підсумками I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 20 березня 2024. м. Житомир. Житомир: Поліський національний університет. С. 88-89.

2. Підгурський О. М. Дослідження та аналіз можливості інтенсифікації процесу сушки зерна. Збірник тез науково-практичної конференції Студентські наукові читання. 20 березня 2024. м. Житомир. Житомир: Поліський національний університет. С. 128-131.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Дослідження виробничих процесів при післязбиральному обробітку зерна

В господарствах проводять післязбиральний обробіток зерна, а також його зберігання. Для цього проводиться очистка, розподіл, зберігання зерна для переробки на крупи і муку, а також фуражне зерно для переробки на корми. Для зменшення енергетичних затрат фуражне зерно можна відправляти вологим для виготовлення кормових пластівців або зберігати при відповідній вологості 12...14 % і температурі +8...+4⁰ С для подальшого використання.

На відміну від продовольчого зерна, фуражне: має вищу концентрацію крохмалю, містить менше клітковини, цукру та жирів, містить багато калорій

1.2. Характеристика виробничих процесів на зернотоках

На зернотоках для очищення зерна використовують зерноочисні машини типів ОВП-20, ОВП-20А, ОВВ-20 та інші.

Посівний матеріал очищають і сортирують очисно сортувальними машинами ОС - 4,5А, пневматичними сортувальними столами ПСС-2,5, універсальними насінне очисними машинами СУ-О,1.

Для сушіння зерна застосовують природну сушку при допомозі сонячних променів, зерно розсипають шаром 5 10 см на спеціальних бетонних майданчиках, а також стаціонарні і пересувні зерносушарки СЗПБ-2 та ЗСПЖ-8, повітропідігрівники ВПТ-600, тепло вентиляційні агрегати типу ВПС-6А.

На зернотоках, зерносушильних комплексах, в сховищах для сушіння зерна використовують електрокалориферні установки та вентиляційні стаціонарні бункері, в яких зерно вентиліюють, сушать, зберігають. В великих зерносховищах господарств для очищення, сортування і сушки зерна обладнують на зерносушильних комплексах спеціально зерноочисні або

зерно очисні сушильні пункти, на яких усі виробничі операції виконуються за потоковим принципом [1, 5].

Для електромеханізації та автоматизації після комбайнової обробки зерна промисловість випускає зерноочисні агрегати серії ЗАВ продуктивністю 10, 20, 40, 50, 1000 т/год., зерно очисні сушильні комплекси КЗС-10 Б, КЗС-20 Б барабанного типу і КЗС-10 Ш, КЗС-20 Ш шахтного типу [9].

1.3. Характеристики сховищ і технологічних установок для зберігання зерна.

Проаналізувавши фермерські зернотока я прийшов до висновку, що найкраще для вентиляювання зерна вибрати установки активного вентиляювання бункери типу БВ 25т і засіки технологічні схеми яких на рис. 1.1. В них передбачено електромеханізацію процесів завантаження, розподілу повітря в середині бункера, створення і підтримання необхідної температури і вологості зерна і повітря. Тому в проекті потрібно буде розробити автоматизацію керування і підтримання необхідних відповідних параметрів зерна і повітря при сушінні і зберіганні зерна [1].

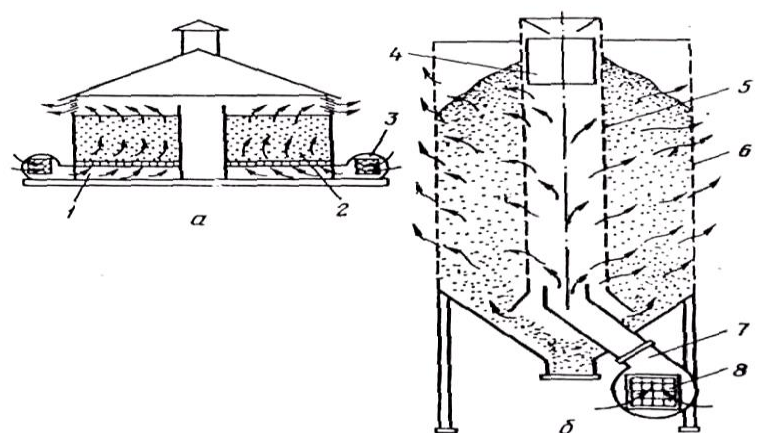


Рис. 1.1. Технологічні схеми активного вентиляювання зерна в зерноскладах (а) і в вентиляюваних бункерах (б) : 1- повітророзподільний канал ; 2- засік з зерном ; 3- агрегат ВПЕ-6А ; 4- поршень-заглушка ; 5 і 6- циліндри ; 7- вентилятор ; 8- електрокалорифер.

Висновки до першого розділу

Проведено дослідження та аналіз виробничих процесів при післязбиральному обробітку зерна, характеристики виробничих процесів на зернотоках.

Проаналізував технології створення необхідних параметрів для зберігання зерна в засіках і в вентиляваних бункерах.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

2.1. Розробка технологічного процесу для сушіння, очищення зерна та вибір електротехнологічного обладнання

Впровадження потокової технології післязбиральної обробки зерна дозволяє значно скоротити затрати праці і збільшити продуктивність агрегатів.

З поля зерно на автотранспорті доставляється на зерноток, де проходить відповідний обробіток і зберігання в зерносховищах. При збиранні зернових, зерно, одержане після комбайнового обробітку врожаю, потребує очищення від сторонніх домішок, сортування, сушіння [9].

На об'єкті проектування - зерноточі виконувалися наступні технологічні процеси: обмолочені на комбайнах зернові привозили на самоскидах, вивантажували на площадки для сушіння, після чого проводилося очищення від сторонніх домішок, сортування і відправлення замовникам.

При розширенні обсягів вирощування зернових в фермерських господарствах доцільно провести розробку ефективних енергозберігаючих технологій, реконструкцію виробничих площ, впровадити нове і модернізувати діюче електротехнологічне обладнання, що в значній мірі зменшить капітальні затрати і за рахунок електромеханізації і автоматизації виробничих процесів підвищиться продуктивність праці і якість продукції.

Як приклад для фермерських господарств в роботі буде проведено розробки ефективних технологічних процесів, вибір та модернізація електротехнологічного обладнання для обробітку зернових після обмолоту.

Вибір агрегату для сушіння зерна

Проаналізувавши технології виробництва і електротехнологічне обладнання агрегатів для сушіння зернових я прийшов до висновку, що найкраще розглянути для вибору мобільні зерносушарки RIELA типу GTR, які можна розміщати як на зернотоках так і на полях в зонах обмолоту зернових, що дає можливість закрити потребу в обслуговуванні різних ділянок одного господарства, які знаходяться на певній відстані одна від одної. Такі агрегати для сушіння зернових можуть сушити: пшеницю, овес, соняшник, кукурудзу, гречку, просо, сорго, рис, ріпак, а також насінневий матеріал або зернові які в подальшому використовуються для харчової промисловості [17].

Крім того такий вибір мобільних зерносушарок не потребує розробки проектної документації, узгоджень виділення землі, технічних умов на приєднання електричних та газових мереж і т. п.

При транспортуванні зерносушарку можна легко перемістити до місця сушіння і швидко привести її в робочий стан. Наявність двох лопаток для перемішування зернових та рівномірного сушіння забезпечують рівномірне висушування. Зерносушарка запроектована таким чином, що є можливість легкого доступу до всіх робочих точок, що забезпечує простоту в обслуговуванні. Шафа керування має зрозумілий і простий інтерфейс з відповідним маркуванням і позначеннями. Передбачений повний контроль за температурою сушіння, який виключає перегрів і дає можливість сушити різний зерновий матеріал, в тому числі і насінневий. [17].

Ці сушарки працюють на різних видах палива: дизельному паливі, на газі GPL, на метані / рідкому пропані. Крім того такі сушарки можна модернізувати і використовувати як паливо біомасу тобто відходи зернових – соломі і т. п. яких знаходиться, утворюється велика кількість на полях де обмолочують зернові. Це в значній мірі зменшить фінансові і паливні затрати при зборі врожаю зернових.

Для забезпечення електропостачанням використовується електрична мережа або генератор напругою 380 / 220 В 50, Гц.

Такі мобільні зерносушарки фермери можуть придбати з доставкою, установкою, підключенням і налагодженням протягом двох днів на зернотоку або на полі в зоні обмолоту зернових.

Вибір агрегату для очистки зерна

На зернотоках позалишалися агрегати для очистки зернових які вже відпрацювали свої терміни експлуатації і знаходяться в аварійному стані.

Тому пропоную розглянути розроблену технологію та вибираю електротехнологічне обладнання на базі зерноочисного агрегату ЗАВ з послідуною модернізацією. До складу зерноочисного агрегату будуть входити: автомобілепідйомник, завальний бункер, норія; два трієрні блоки; два передавальні транспортери; осаджувальна камера; дві зерноочисні машини. Зерноочисний агрегат буде виконувати наступні технологічні операції: вивантаження зерна, з бортових автомобілів в завальний бункер здійснюється при допомозі автомобілепідйомника ГАП-2Ц [5].

Із завального бункера зерно при допомозі вертикального транспортера-норії подається у приймальні камери двох зерноочисних машин, звідки проходячи через очищення поділяється на три фракції: очищене зерно; фуражне зерно; домішки [1, 5].

Основні технічні характеристики знаходяться в таблиці 1.

Таблиця 2.1. Технічні характеристики зерноочисного агрегату

Найменування	Показники
Продуктивність, т. / год.	20
Встановлена потужність, кВт	30,9
Кількість електродвигунів, шт.	9

Розрахунок потужності і вибір електродвигуна

При модернізації електротехнологічного обладнання будемо враховувати наступні характерні особливості зерноочисних машин і агрегатів: 1) невелика кількість годин використання на протязі року; 2) електродвигунів тривалий режим роботи електродвигунів з постійним навантаженням; 3) майже постійна споживана потужність електродвигунами при навантаженні і під час холостого ходу; 4) не значний момент статичних опорів машини при пуску; 5) електротехнологічне обладнання експлуатується на відкритому повітрі або в запилених приміщеннях

Апарати керування, захисту згідно розробленої модернізованої принципової електрична схеми будуть розміщені в шафі керування.

Електродвигуни для приводів зерноочисної машини вибираю згідно методики, яка наведена на прикладі вибору електродвигуна для привода трієрного блока БТ-10, продуктивністю 10 т / год., к. к. д. передачі 0,8...0,9.

Розрахункову потужність електродвигуна вибираю за формулою

$$P_p = P_x + A_1 Q + A_2 Q^2 / \eta_{\text{п}}, \quad (2.1)$$

де P_x – потужність холостого ходу, кВт (приймаю $P_x = 0,56$ кВт);

A_1, A_2 – коефіцієнт, які залежать від конструкції машини і технології очистки, (приймаю $A_1 = 0,41$ кВт · год. / т.; $A_2 = 0,003$ кВт · год². / т²).

$$P_p = 0,56 + 0,041 \times 10 + 0,003 \times 10^2 / 0,85 = 1,49 \text{ кВт.}$$

Вибираю електродвигун типу АИР80В4, який має наступні електротехнічні характеристики: $P_n = 1,5$ кВт, $I_n = 3,52$ А, $n_n = 1395$ об / хв., $K_i = 5,5$ [7].

Розрахункову потужність електродвигуна М8 для завантажувальної норії Н-20 вибираю за тією ж формулою.

$$P_p = 0,49 + 0,055 \times 20 + 0,0063 \times 20^2 / 0,8 = 5,1 \text{ кВт.}$$

де P_x – потужність холостого ходу, кВт (приймаю $P_x = 0,49$ кВт);

A_1, A_2 – коефіцієнт, які залежать від конструкції машини і технології очистки, (приймаю $A_1 = 0,055$ кВт · год. / т.; $A_2 = 0,0063$ кВт · год². / т².).

η_n – к. к. д. передачі, (приймаю $\eta_n = 0,8$).

Згідно каталогу вибираю електродвигун типу АИР112М4, який має наступні характеристики: $P_n = 5,5$ кВт, $I_n = 11,4$ А, $n_n = 1430$ об / хв., $K_i = 7$.

Інші електродвигуни вибираю аналогічно за [7].

Розробка функціонально – технологічної схеми

Технологічне обладнання і електрична схема пульта керування на комплектних зерноочисних агрегатах дозволяє працювати за шістьма різними технологічними схемами.

Основною є перша схема, згідно з якою технологічний процес очищення зерна здійснюється в такій послідовності. Зерновий матеріал, що надходить від комбайна, автотранспортом доставляється на зерноочисний пункт і за допомогою автомобілепідйомника 1 вивантажується у завальний бункер 2 зерноочисного агрегату.

Із завального бункера норією 3 він подається у приймальні камери двох зерноочисних машин 11, що працюють паралельно. Зайвий зерновий матеріал, піднятий норією, по зернопроводу надходить в резервний бункер 12. Живильні валики приймальних камер зерноочисних машин подають зерновий матеріал у повітряні канали, де відсмоктуються легкі домішки і по повітропроводах виносяться в осаджувальну камеру 10 централізованої повітряної системи агрегату, а з неї — самопливом у бункер 5 відходів. Зерновий матеріал, очищений від легких домішок, подається на повітряно-решітні зерноочисні машини, які сортують вихідний матеріал на чисте, фуражне зерно і домішки. Чисте зерно передавальними конвейєрами 8 і 9 подається до трієрних блоків 7, фуражне зерно і домішки через воронки і

систему зернопроводів направляються відповідно в бункер 4 фуражного зерна і в бункер 5 відходів [5].

Очищене на трієрних блоках зерно самопливом надходить у бункер 6 для чистого зерна, а некондиційне зерно - у бункер 4 фуражного зерна. З бункерів чисте зерно, фуражне зерно і домішки вивантажуються самопливом, оскільки бункери встановлені так, щоб під ними вільно проходили автомобілі.

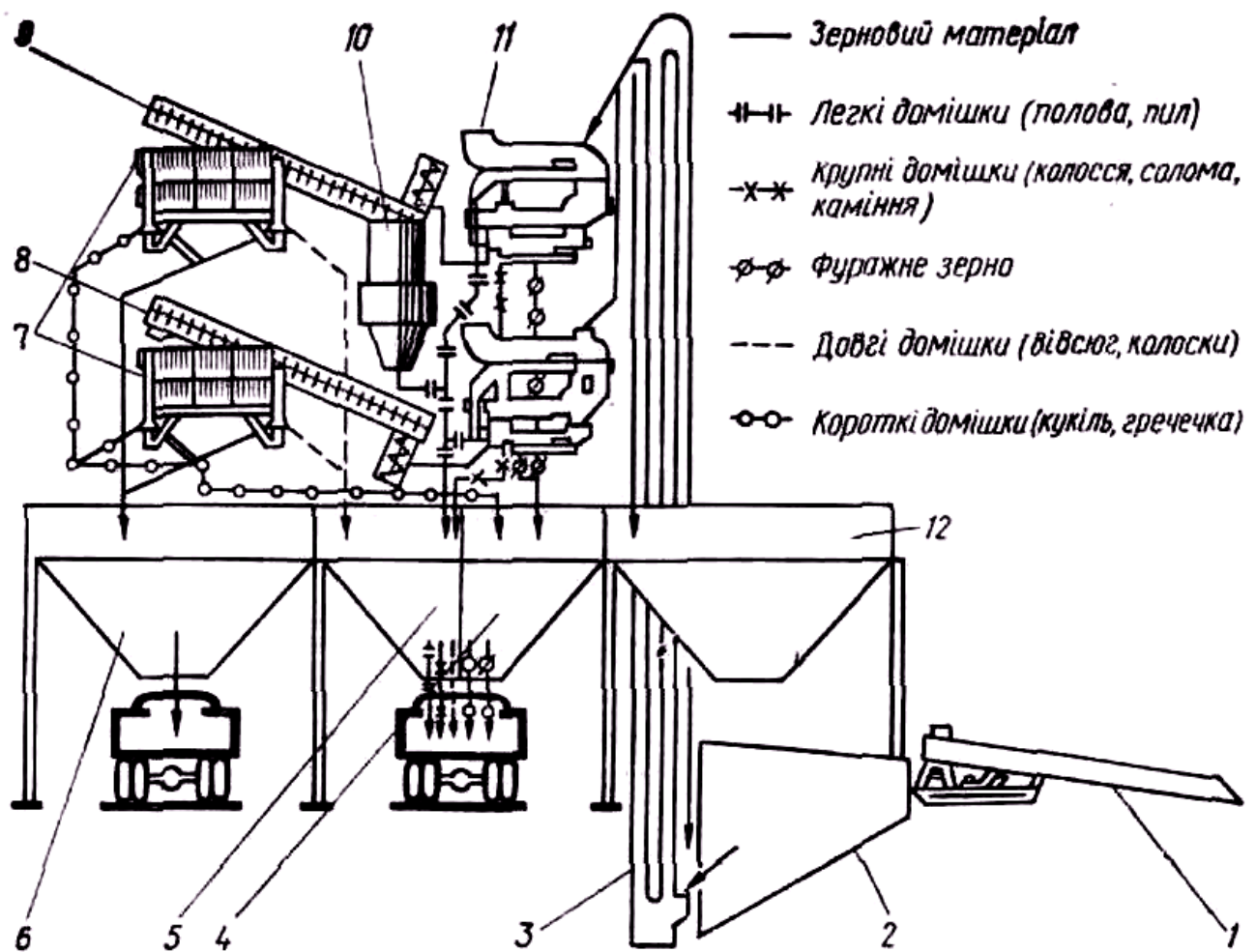


Рис. 2.1. Функціонально-технологічна схема зерноочисного агрегату:

- 1 — автомобілепідйомник; 2 — завальний бункер; 3 — норія;
 4, 5, 6, 12 — бункери; 7 — трієрні блоки; 8, 9 — передавальні конвейєри;
 10 — осаджувальна камера; 11 — зерноочисні машини.

2.2. Характеристика типового технологічного процесу транспортування зерна

В фермерських господарствах при реконструкції зернотоків планується розробка технологічних процесів і модернізація технологічного обладнання, яке буде забезпечувати наступні технологічні процеси. Транспортування зерна з поля буде здійснюватися самоскидами, бортовими автомобілями. Після перевірки на вологість зерно потрапляє на очистку досушування звідти в зерносховища для зберігання і відвантаження споживачам.

При заготівлі, зберіганні та відвантаженні зерна одним із головних технологічних процесів являється транспортування зерна. Використовують горизонтальне, похиле та вертикальне транспортування зерна. При транспортуванні зерна використовують стрічкові, скребкові транспортери, норії, зерно проводи. Розглянемо більш детально вертикальне транспортування зерна. Вибір транспортера для транспортування зерна наводиться в додатках.

Розробка функціонально - технології схеми.

Вивантаження зерна в завальний бункер буде здійснюватися з гужового транспорту, самоскидів, з бортових автомобілів при допомозі автомобілепідйомника в завальний бункер. Із завального бункера зерно при допомозі транспортних засобів подається в розподільчу башту, де зерно проходить очистку від сторонніх предметів і металу. З башти зерно по транспортерах, трубопроводах подається: для сушіння, досушування, в зерносховища на верхні транспортери, накопичувальні бункери, засіки для зберігання і переробки [1, 5].

Для вивантаження зерна з засіку на нижній транспортер використовуються заслінка з електроприводом.

Для вертикального завантаження зерна із завального бункера в КЗС буде використовуватися ковшові норія типу НЦГ-20. Далі провожу розробку

принципової схеми керування норією, розрахунок та вибір елементів схеми [9].

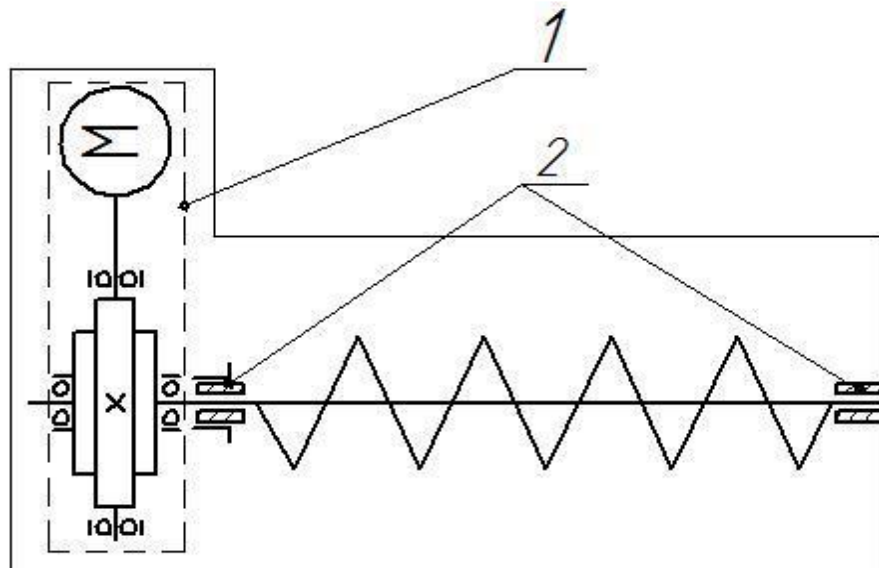
2.3. Розробка електротехнологічного обладнання для транспортування зернових.

Вибір транспортера, будова, принцип роботи

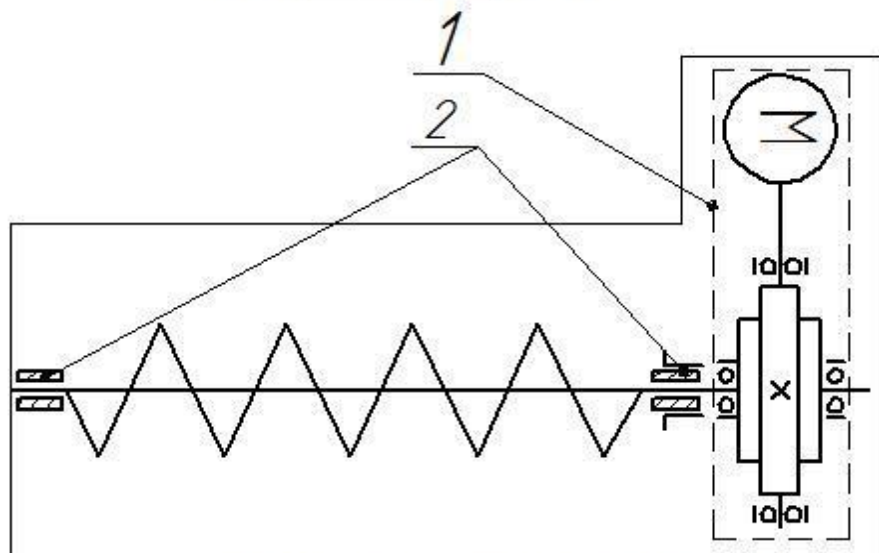
На зернотоках одним із основних технологічних процесів являється переміщення зернових для виконання відповідних технологічних процесів а також завантаження зернових на мобільний транспорт або для зберігання.

Для завантаження зерна вибираю гвинтовий шнековий транспортер ТШ. Кінематична схема наводиться на рис. 2.2.

Гвинтовий транспортер складається з нерухомого жолоба або трубки, що містить гвинт (шнек), який підтримується підвісними підшипниками, з приводом на одному кінці і вільним іншим кінцем. Крім цього, гвинтовий транспортер має завантажувальний і розвантажувальний патрубки, приєднувальні фланці, механічний редуктор та приводний електродвигун



а) транспортеры ТШ-100/14



б) Транспортеры ТШ-100-БЗ

Обозначение узла смазки	Наименование смазываемых частей	Сорт смазочного материала	Периодичность смазки
1	Мотор-редуктор	Согласно паспорта мотор-редуктора	Согласно паспорта мотор-редуктора
2	Капролановая втулка	-	-

Рис 2.2. Кінематична схема транспортера ТШ

Переміщення зерна вздовж осі жолоба забезпечується витками гвинта. Витки бувають суцільні, стрічкові і фасонні. Суцільні — застосовують при транспортуванні сухих, порошкоподібних і дрібнозернистих вантажів, стрічкові — для крупнозернистих і липких вантажів, фасонні — для переміщення речовин, здатних до злежування, або ж при суміщенні транспортних і технологічних операцій (змішування, подрібнення тощо). Гвинти можуть бути одно-, дво-, і тризахідні

Швидкість транспортування об'єму є пропорційною до швидкості обертання шнека. У промисловості на гвинтових конвеєрах часто використовують пристрої регулювання швидкості.

Іноді шнековий транспортер називають просто шнеком, хоча це поняття у прямому розумінні стосується лише обертової частини шнекового устаткування.

Розрахунок потужності і вибір електродвигуна.

Проаналізувавши технічні характеристики провону перевіркою розраховую та вибираю електродвигун до шнекового транспортера.

При максимальному завантаженні машин продуктивність транспортера подачі зерна Q_3 повинна бути 30 т · год

Розрахункову потужність електродвигуна визначаю за формулою:

$$P_p = 9,81 K_1 Q h K_2 / \eta, \quad (2.3)$$

де P_p – розрахункова потужність електродвигуна, Вт;

Q - загальна маса переміщення, кг·с⁻¹;

$$Q = Q_3 + Q_T \quad (2.4)$$

Q_T – маса рухомої частини транспортера, т. ($Q_T = 0,5$ т);

$$Q = 30 + 0,5 = 20,5 \text{ т.};$$

$$Q = 30 \text{ т/год} = 30000 / 3600 = 8,3 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1};$$

h – висота завантаження зерна, м ($h = 6 \text{ м}$);

K_1 – коефіцієнт завищення потужності (1,4);

K_2 - коефіцієнт запасу ($K_3=2$);

η – К.К.Д. транспортера з трансмісією ($\eta = 0,92$);

$$P_p = 9,81 \cdot 1,4 \cdot 8,3 \cdot 6 \cdot 1,2 / 0,92 = 891 \text{ Вт.}$$

Згідно аналізу проведених розрахунків потрібно встановити новий електродвигун більшої потужності який має слідуочі електротехнічні характеристики тип АИР80В6У3 $P_H = 1,1 \text{ кВт}$; $n_H = 945 \text{ хв}^{-1}$; $I_H = 3 \text{ А}$; $K_i = 4,5$.

2.4. Розробка технологічного процесу для досушування, зберігання зернових та вибір електротехнологічного обладнання

Вибір технології для сушіння та зберігання зернових.

Для досушування та зберігання зернових в фермерських господарствах використовують технологію активного вентилявання зерна, що полягає в досить низьких температурах повітря яке використовується для сушіння, яке не ушкоджує зерна.

При цьому товстий шар зерна продувається потоком повітря, який видуває вологу із зерна до гігроскопічної рівновага зерна та повітря.

Дослідження та аналіз показують, що найефективнішим способом сушіння зерна активним вентиляванням повинно дорівнювати або бути трохи нижча за зрівноважену вологість зерна. Приведена схема використовується в установкахі для активного вентилявання зерна. Наприклад бункер активного вентилявання зерна типу БВ – 25 має вмістимість по зернових. 25 тонн.

Вибір установки для активного вентиляювання зерна

Зерно, яке привозять після обмолоту з поля має відносну вологість близько 20 %, тому воно потребує штучного досушування, а зерно при зберіганні потребує відповідних параметрів температури, вологості.

Для зернотоку проекту бункери типу БВ 25 характеристика в таблиці 2.3 [1].

В них передбачено електромеханізацію процесів завантаження, розподілу повітря в середині бункера, створення і підтримання необхідної температури і вологості зерна і повітря. Тому в роботі потрібно буде розробити автоматизацію керування і підтримання необхідних узгодження параметрів зерна і повітря при сушінні і зберіганні зерна.

Таблиця 2.2. Технічна характеристика установки активного вентиляювання зерна БВ-25.

Найменування	Показники
Продуктивність при сушінні / підігрів повітря на 6 ⁰ С, зниження вологості на 6 % ,т / год;	0,25
Об'єм бункера, м ³	27
Ємкість / по пшениці /, т	27
Потужність, кВт :	
електрокалорифера	24
електродвигуна вентилятора	5,5
Питома подача повітря , м ³ / год.	420
Діаметр корпусу бункера, мм	3080
Діаметр повітродозподільної труби, мм	750
Габаритні розміри, мм :	
довжина	4100
ширина	3100
висота	8675
Маса,кг	2760

Вибір електродвигуна

При модернізації електротехнологічного обладнання необхідно провести перевітковий розрахунок пристроїв електроприводу. Тому в першу чергу проводжу перевітковий розрахунок електроспоживачів – електродвигуна вентилятора і електрокалорифера вибраної установки БВ-25 і засіків.

Вентилятор служить для охолодження зерна, зниження його вологості, прискорення процесу післязбирального дозрівання, зберігання життєдіяльності насінного зерна, забезпечує подачу підігрітого повітря від калорифера.

Визначаю необхідну кількість повітря для охолодження маси зерна L (м^3) з врахуванням питомої теплоємності повітря і зерна, початкової і кінцевої температури зерна, [2] за формулою:

$$L = C_3 \cdot (t_1 - t_2) \cdot m / C_{\text{П}} \cdot (t_1 - t_2) = (C_3 / C_{\text{П}}) \cdot m, \quad (2.5)$$

де C_3 – питома теплоємність зерна, ккал / кг. ($C_3 = 0,5$ ккал/кг);

$C_{\text{П}}$ – питома теплоємність повітря, ккал / кг ($C_{\text{П}} = 0,235$ ккал/кг);

t_1, t_2 – температура зерна до і після охолодження, $^{\circ}\text{C}$ ($t_1 = 24^{\circ}\text{C}$, $t_2 = 4^{\circ}\text{C}$);

m – маса зерна, кг ($m = 25000$ кг) . [6] .

$$L = 0,5 (24 - 4) \cdot 25000 / 0,235 (24 - 4) = 50000 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Підбираю електродвигун до вентилятора СВМ – 5М з частотою обертання робочого колеса 2850 об./хв., продуктивністю 50000 $\text{м}^3/\text{год.}$ тиском $H=400$ Па.

Визначаю розрахункову потужність електродвигуна за формулою:

$$P = L \cdot H / \eta_{\text{П}} ,$$

де $\eta_{\text{П}}$ – к.к.д. передачі ($\eta_{\text{П}} = 1$) ;

$$L = 50000 \text{ м}^3/\text{год.} = 13,8 \text{ м}^3/\text{с} ;$$

$$H = 400 \text{ Па} = 0,4 \text{ кПа}$$

$$P = 13,8 \cdot 0,4 / 1 = 5,5 \text{ кВт}$$

За [5] вибираю електродвигун типу АИР 100 L 2У3 з:

$$P_H = 5,5 \text{ кВт}; I_H = 10,7 \text{ А}; \eta_H = 2850 \text{ об./хв.}; K_i = 7,5$$

При вологості повітря більше 70 %, при сушінні зерна, доцільно використовувати електрокалорифері для підігріву повітря.

Для вибору потужності електрокалориферної установки визначаю кількість води, яку необхідно виділити із зерна за формулою:

$$G_D = G_M \cdot W_1 - W_2 / 100 - W_2$$

де G_M – маса зерна, яке підлягає сушінню, кг ($G_M = 25000 \text{ кг}$) ;

W_1 – початкова вологість, % ($W_1 = 20 \%$) ;

W_2 – кінцева вологість, % ($W_2 = 14 \%$).

$$G_B = 25000 \cdot (20 - 14) / (100 - 14) = 1744 \text{ кг.}$$

Кількість тепла для випаровування води G_B при сушінні зерна визначаю за формулою:

$$Q = q \cdot G_B / \eta_{\text{суш.}}$$

де q – кількість тепла, яке необхідне для випаровування 1 кг води, Дж

($q = 1132,9 \cdot 10^3 \text{ Дж}$) ;

$\eta_{\text{суш.}}$ – к.к.д. калорифера, ($\eta_{\text{суш.}} = 1$).

$$Q = 1132,9 \cdot 10^3 \cdot 1744 / 1 = 1975777,6 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

Потужність електронагрівних елементів калорифера визначаю за формулою:

$$P_H = Q / 3600 \cdot 10^3 \cdot \eta_k \cdot T,$$

де T – час сушіння, год.

$$P_H = 1975777,6 \cdot 10^3 / 3600 \cdot 10 \text{ м}^3 \cdot 1 \cdot 24 = 22,8 \text{ кВт}$$

Проаналізувавши результати проведених розрахунків і технічні характеристики установки активного вентилявання зерна БВ – 25 , я прийшов до висновку, що бункери БВ-25, з ємністю бункера 27 т., потужністю електродвигуна 5,5 кВт і електрокалорифера 24 кВт, задовольняють умови вентилявання, сушіння і зберігання зерна.

Розгляна функціонально - технологічна схема та її опис наводиться в додатку 2.

2.5. Розробка технологічного процесів плющення зерна для приготування кормів та вибір електротехнологічного обладнання

В фермерських господарствах для приготування кормів використовують такий технологічний процес як плющення зерна.

Тому пропоную на зернотоку розробити технологію, яка забезпечить виготовлення з фуражного зерна підвищеної вологості пластівці різних видів та зернових сумішок; конструктивно-функціональну та електричну схеми агрегату для плющення зернових.

В цілому це в значній мірі зменшить енергетичні затрати при приготуванні кормів. Фуражне зерно не потрібно після обмолоту доводити до кондиції по температурі і вологості.

Фуражне зерно до накопичувального бункера доставляється на мобільному транспорті. З накопичувального бункера завантажувальним конвеєром подається на магнітний сепаратор, де очищується від металоманітних домішок потім поступає на горизонтальний конвеєр, який направляє його в вертикальний конвеєр, куди знизу подається пара від котла. Зерно у вертикальному конвеєрі змішується з парою і транспортується в пропарювач. При цьому відбувається попереднє прогрівання та зволоження зерна. Остаточна вологотеплова обробка зерна

закінчується в пропарювачі. Заповнення пропарювача контролюється датчиком рівня в верхній його частині. Зерно в пропарювачі змішується, оскільки частина зерна з пропарювача через отвір у нижній частині поступає в горизонтальний конвеєр, де пропарене зерно змішується з зерном із накопичувального бункера і в такому вигляді подається у вертикальний конвеєр, де повторно змішується з парою і поступає зверху в пропарювач. Повністю пропарене протягом 6-10 хвилин зерно дозатором роторного типу подається на вальці і перетворюється в пластівці. З нижньої частини плюцилки пластівці скребковим конвеєром подаються в транспортні засоби [9].

Характеристика агрегату для плющення зерна

Згідно завдання на проектування вибираю агрегат плюцилку зерна ПЗ-3А, технічні характеристики якої наводяться в таблиці 1, а конструктивно-функціональна схема агрегату ПЗ-3А на рис. 1

Таблиця 2.3. Технічна характеристика агрегату ПЗ-3А

Найменування	Характеристики
Тип	Стационарний
Продуктивність, т/год, при переробці:	
гороху, кукурудзи, вівса	3,0 – 3,5
ячменю	3,5 – 4,0
пшениці	1 - 5
Товщина пластівців, мм, не більше	1,4
Встановлена потужність електрообладнання, кВт	32,2
Перелік електрообладнання:	
електродвигун плюцилки - (2 штуки)	4АМР160М6СУ1, 15 кВт, 975 об/хв., 380 В виконання ІМ1081
Електродвигун завантажувального конвеєра	4АМ80В6СУ1, 1,1 кВт, 380 В, виконання ІМ1081
мотор-редуктор привода дозатора	ІМПз2-345-71 1,1 кВт
Габаритні розміри:	
довжина	9000
ширина	5500
висота	3000

Опис роботи конструктивно-функціональної схеми агрегату наводиться в додатку до другого розділу.

Розрахунок і побудова механічної характеристики плющилки Визначення режиму роботи електродвигуна

Розраховуємо середню споживана потужність плющилки ($P_{\text{ср. м}}$), Вт:

$$P_{\text{ср. м}} = (P_{\text{м1}} \cdot t_1 + P_{\text{м2}} \cdot t_2 + P_{\text{м3}} \cdot t_3) / (t_1 + t_2 + t_3) \quad (2.6)$$

$$P_{\text{ср. м}} = (14000 \cdot 90 + 13000 \cdot 50 + 12000 \cdot 15) / (90 + 50 + 15) = 13483 \text{ Вт.}$$

Номінальний момент статичного опору робочої машини $M_{\text{с.н.}}$ становитиме:

$$M_{\text{с.н.}} = P_{\text{ср. м}} / \omega_{\text{м}} \quad (2.7)$$

де, $\omega_{\text{м}}$ – номінальна кутова швидкість приводного вала машини, $\omega_{\text{м}} = 52 \text{ с}^{-1}$

$$M_{\text{с.н.}} = 13483 / 52 = 259 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Розраховуємо момент опору тертя M_0 в рухомих частинах плющилки за формулою:

$$M_0 = k \cdot M_{\text{с.н.}} \quad (2.8)$$

де, k – коефіцієнт відношення $M_0/M_{\text{с.н.}}$

Беремо $k = 0,3$ [8]

$$M_0 = 0,3 \cdot 259 = 77,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Механічна характеристика плющилки визначається за формулою

$$M_c = M_0 + (M_{\text{с.н.}} - M_0) \cdot (\omega / \omega_{\text{м}})^x \quad (2.9)$$

де M_c – поточні значення моментів при кутовій швидкості ω ;

x – показник степеня приймаємо $x = 1,5$).

$$M_c = 77,7 + (259 - 77,7) \cdot (0,1 \cdot 52 / 52)^{1,5} = 82,73 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Аналогічно розраховуємо інші значення моментів статичних опорів робочої машини.

Визначення режиму роботи електродвигуна

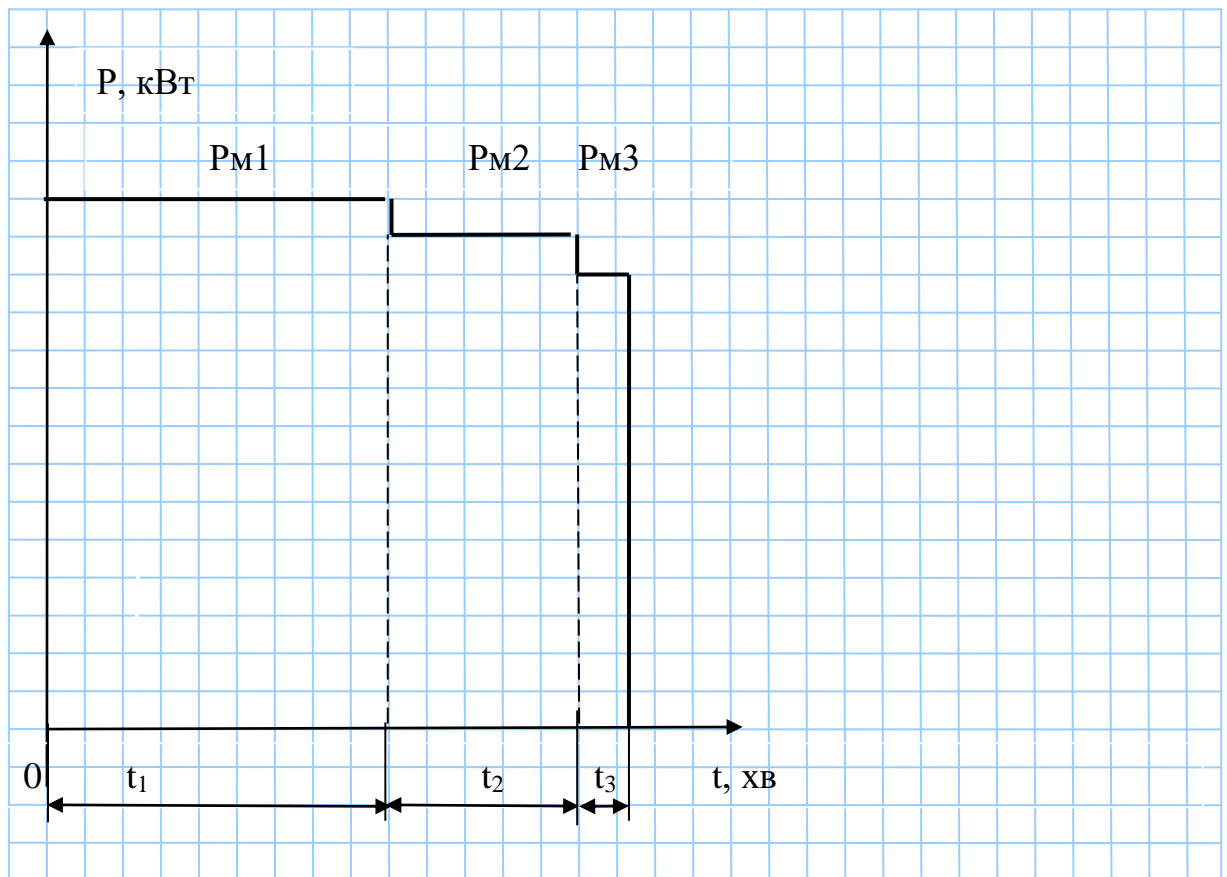


Рис. 2.3. Навантажувальна діаграма робочої машини

Навантажувальну діаграму поклали рис.2, будемо прийнявши масштаби $m_p = 2 \text{ кВт/см}$; $m_t = 20 \text{ хв/см}$

Приймаємо за максимальну потужність плюцилки найбільше значення за навантажувальною діаграмою $P = 1 \text{ кВт}$.

Постійна часу нагрівання для електродвигунів такої потужності становитиме $T = 25 \dots 30 \text{ хв. [9]}$.

Аналіз діаграми графіка навантаження (рис. 2.3) показує що

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 \quad (2.10)$$

$$t_p = 90 + 50 + 15 = 155 \text{ хв.}$$

При цьому $t_p < 4T$; $155 < 4 \cdot 30 = 120$ хв. За час роботи 155 хвилин електродвигун встигає нагрітися до усталеної температури, що відповідає тривалому режиму роботи S1.

Розрахунок потужності і вибір електродвигуна знаходиться в додатку до 2 розділу Б.

Висновки до другого розділу

Досліджено, проаналізовано та розроблено технологічні процеси та вибране електротехнологічного обладнання для: сушіння, очищення, транспортування, досушування, зберігання зернових та плющення зерна для приготування кормів.

РОЗДІЛ 3.

РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВИХ СХЕМ УПРАВЛІННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

3.1. Розробка принципової електричної схеми зерноочисного агрегату та опис її роботи

Керування електроприводами зерноочисних агрегатів і зерноочисно-сушильних комплексів здійснюється за допомогою станцій керування. В додатках на рис. 2 зображена принципіальна електрична схема керування зерноочисним агрегатом ЗАВ-20 за допомогою розробленої принципової електричної схеми керування .

Необхідний режим агрегату встановлюють поворотом рукоятки універсального перемикача SA у певне положення. Для забезпечення незалежного вмикання і вимикання будь-якого двигуна агрегату рукоятку перемикача ставлять у положення $+135^\circ$, а для роботи за технологічними схемами 1, 2, 3, 4, 5 і 6—відповідно в положення -135° , $+45^\circ$, -45° , 0 , $+90^\circ$ і -90° . [1, 5].

Керування електродвигунами агрегату, що працює за технологічною схемою 1, здійснюють у такій послідовності. Спочатку вмикають ввідний пакетний вимикач Q3 і автоматичні вимикачі QF1 ..., QF4 в силових колах і SF у колах керування. При цьому загоряється сигнальна лампа HL1, що вказує на наявність напруги в електромережі, та сигнальні лампи HL10,...,HL13 датчиків рівня зернових матеріалів у бункерах. Потім натисканням на кнопку SB17 подають напругу на електричний дзвінок HA, який сигналізує про початок роботи, а поворотом рукоятки універсального перемикача SA в положення -135° подають напругу на котушку проміжного реле KV1. Реле спрацьовує і замиканням своїх замикаючих та розмиканням розмикаючих контактів підготовляє до роботи кола керування електродвигунів M1 вентилятора, M2 і M3 трієрних блоків, M4 і M5

передавального конвеєра і зерноочисної машини першої та М6 і М7 передавального конвеєра і зерноочисної машини другої потокових ліній зерноочистки та М8 завантажувальної норії. Пускають ці двигуни відповідно за допомогою електромагнітних пускачів КМ1, ... КМ8, послідовним натисканням на кнопки «Пуск» SB2, SB4, SB6, SB8, SB10, SB12, SB14 і SB16. Вмикати кожний наступний електродвигун можна тільки після повного розгону попереднього двигуна (з інтервалом не менше 10 с). Вимикають двигуни у зворотній послідовності. Керування електродвигунами агрегату під час роботи за іншими технологічними схемами здійснюється аналогічно [5].

3.2. Модернізація схеми керування норією зерноелеватора з впровадженням автоматизованої системою плавного пуску

Проаналізувавши роботу норії я прийшов до висновку що тут є ряд недоліків які доцільно виправити.

Як правило норія запускається під навантаженням, що що в значній мірі приводить до збільшення пускових струмів в обмотках статора електродвигуна.

Крім того при пуску норії з ковшиків випадає частина зерна і падаючи б'ється об стінки, конструкції норії і руйнується. Це негативно впливає особливо на насіннєве зерно, на його схожість і врожайність.

Тому я пропоную модернізувати електричні схеми електроприводів зернотоку впровадивши систему плавного пуску на прикладі норії, що дасть можливість зменшити пускові струми електродвигунів і травмувати зерно.

Розглянемо роботу цієї системи [22].

Передбачимо керування норією в ручному і автоматичному режимах роботи, які будуть забезпечуватися при допомозі перемикача SA. Ручний режим будемо використовувати в основному при виконанні пуско налагоджувальних робіт використовуючи кнопку «Пуск» SB2, яка монтується в районі електродвигуна норії.

Для аварійного відключення норії проектуємо кнопку «Стоп» SB1 і монтуємо в нижній частині норій.

Для роботи норії в автоматичному режимі в схему монтуємо програмний контролер A1, який буде здійснювати плавний пуск і роботу норії при встановленні перемикача SA в положення «А».

Згідно програми контролера котушка реле KV1 отримує живлення і своїми контактами вмикає магнітний пускач KM1 для вмикання плавного пуску і проміжне реле KV-start контакти якого замикаються і подають сигнал для плавного пуску A2. Згідно програми вмикається електродвигун норії M.

Після вмикання електродвигуна пристрій плавного пуску подає сигнал на контакти виводів 3 і 4 входу XT4.

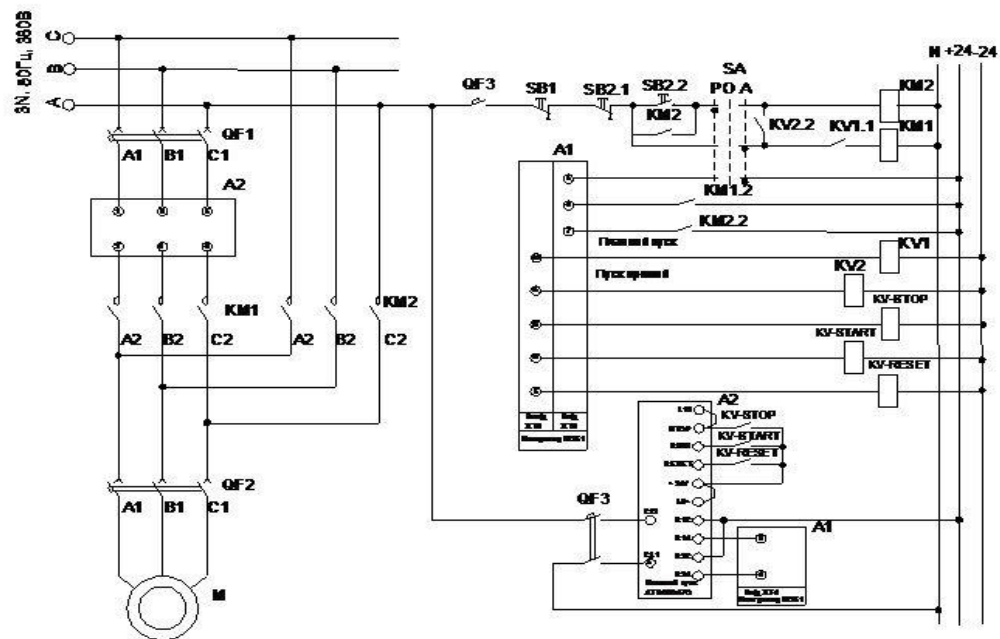


Рис. 3.1. Електрична схема автоматичного керування плавного пуску норії

Після чого програма контролера A1 забезпечить подачу напруги на котушку KV-reset, контакти якого розмикаються і вимикають пристрій плавного пуску A2.

При цьому контролер вмикає проміжне реле KV1 і вмикає реле KV2 і вмикає пускач KM2

KV1 вимикається KM1 для керування плавним пуском, а KV2 вмикається KM2, який забезпечить нормальну роботу електродвигуна.

При роботі магнітних пускачів KM1.2 і KM2.2 контролер отримує сигнали про їх роботу. Для відключення сигналу плавного пуску використовується проміжне реле.

Цим же контролером можна здійснювати автоматичне керування інших норій і транспортерів але при цьому потрібно використовувати відповідні входи.

При роботі захист електроприводів буде здійснюватися автоматичними вимикачами:

QF1 - система плавного пуску; QF2 - норій; QF3 – кіл керування.

. При пуско налагоджувальних роботах програмування контролера можна, встановити параметри і відповідні входи та виходи для всього обладнання зернотоку.

3.3. Розробка принципової схеми для гвинтового транспортера

Для комутації електричних кіл а також для захисту від роботи в аварійних режимах проектую автоматичний вимикач QF, а для керування електроприводами транспортера і заслінки завального бункера електромагнітні пускачі KM1 і KM2. Захист електродвигуна норії від перевантаження буде здійснювати теплове реле КК. Сигнальні лампи HL1, HL2, HL3 будуть використовуватися для світлової сигналізації, а автоматичний вимикач SF буде захищати кола керування від струмів короткого замикання. За допомогою кнопок керування SB1, SB2, SB3, SB4 буде здійснюватися ручне керування в схемі.

Виносний датчик рівня зерна SQ контролюватиме максимальне завантаження. При максимальному завантаженні встановлений датчик відповідно спрацює і відключає KM1 і KM2 вимикаючи заслінку і транспортер.

Принципова схема керування транспортером та опис її роботи наводиться в додатках [22].

Вибір та розрахунок апаратів схеми.

Згідно розробленої принципової електричної схеми згідно вимог проводжу розрахунок та вибір елементів схеми за [7]

$$U_A \geq U_M$$

Вибраний апарат повинен відповідати умові

$$I_A \geq I_P$$

Напруга і струм котушок приладів повинні бути відповідними. відпоі Електромагнітний пускач КМ вибираю за вимогою:

$$I_{н.п.} \geq K_i \cdot I_H / 6 ,$$

де $I_{н.п.}$ - номінальний робочий струм пускача;

K_i – кратність пускового струму ($K_i = 4,5$) ;

I_H – номінальний робочий струм електродвигуна, ($I_H = 3$ А)

$$I_{н.п.} \geq 4,5 \cdot 3 / 6 = 2,3 \text{ А.}$$

Згідно вимог та проведених розрахунків вибираю ПМЛ-120004 котушкою на 220 В і тепловим реле РТЛ– 1008 з I рег. 2,4...4 А.

Автоматичний вимикач QF вибираю за умовою

$$I_{н.р.} \geq I_{р.м.}$$

Сумарний струм двигуна і електромагніта заслінки буде

$$I_{р.м.} = 3 + 1,2 = 4,2 \text{ А}$$

Враховуючи, що автоматичний вимикач встановлюється в шафу керування, ввожу додатково поправочний коефіцієнт 1,15, тоді

$$I_{н.р.} \geq 1,15 I_{р.м.}$$

$$I_{н.р.} > 1,15 \cdot 4,2 = 4,8 \text{ А}$$

За каталогом вибираю автоматичний вимикач типу АЕ 2026 з $I_{н.р.} = 5 \text{ А}$, А також для захисту Кола керування буде захищати SF типу AD22- 22DS, світлодіодна сигнальна арматура вибираю AD-16. Кнопки керування типу ХВ2-В. Датчик рівня зерна SQ типу СУ-1Ф.

3.4. Розробка принципової електричної схеми бункера активного вентилявання зерна

Для захисту електричної схеми бункера активного вентилявання зерна буде здійснюватися автоматичний вимикач QF1.

Керування електродвигуном вентилятора, а також секцій ЕК1 і ЕК2 електрокалорифера будуть здійснюватися при допомозі КМ1, КМ2, КМ3.

Захисту електродвигуна вентилятора від перевантаження буде виконувати теплове реле КК.

Світлову сигналізацію буде забезпечувати сигнальна арматура

НЛ1 - НЛ4 в комплекті з опорами R1 - R8.

Захист кіл керування буде виконувати QF2, універсальний перемикач SA для перемикання режимів роботи.

Кнопки SB1 - SB6 забезпечать ручне керуванн.

Датчики S1, S2, S3 будуть контролювати вологість.

Заповнення бункера буде контролювати датчик SL, а сигналізація про заповнення бункера при допомозі лампи НЛ5 і дзвінка НА. Проміжні реле через датчики вмикають і вимикають пускачі. Для зниження напруги в колах вмикання датчиків, реле проекту трансформатор [1, 22].

3.5. Розробка принципової електричної схеми керування агрегатом для плющення зерна

Вмикання і вимикання електрообладнання плющили буде виконувати пакетний вимикач QS1 і автоматичні вимикачі QF1...QF4. Крім того автоматичні вимикачі QF1...QF4 будуть здійснювати захист електродвигунів від струмів коротких замикань, а теплові реле КК1 і КК2 від перевантажень.

Електродвигуни М2 і М3 приводів вальців працюватимуть з перевантаженням тому для контролю проектуємо амперметри в їх силових колах. Схема керування передбачає два режими роботи при допомозі перемикача S2: ручне керування в режимі налагодження і автоматичне. При налагоджувальному режимі можна ввімкнути будь – який електродвигун кнопками SB2 – SB6 [7, 22].

Електрична схема принцип її роботи та вибрані електричні апарати знаходяться в додатках.

Висновки до третього розділу

Проведено дослідження, аналіз розробка, модернізація, опис роботи принципових електричних схем, вибір, розрахунок та заміна апаратів схем: зерноочисного агрегату, норії, гвинтового транспортера, бункера активного вентилявання зерна, агрегату для плющення зерна.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі було розглянуті питання: дослідження типових характеристик виробничих процесів, електротехнологічного обладнання, функціонально – технологічних схем, принципів електричних схем та можливості їх модернізації, автоматизації, заміну апаратів керування, захисту, автоматизації, можливості зменшення енергетичних затрат на зернотоку.

В результаті аналізу досліджень були запропоновані нові енергоефективні пропозиції по впровадженню виробничих процесів електротехнологічного, принципів схем, вибір електродвигунів, апаратів керування, захисту, автоматизації для модернізації електротехнологічного обладнання зерноочисного агрегату, норії, гвинтового транспортера, бункера активного вентилявання зерна, агрегату для плющення зерна як приклад для впровадження на зернотоках для фермерських господарств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барало О. В. Автоматизація технологічних процесів і систем автоматичного керування: Навч. Посібник. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 457 с.
2. Борохов І. В., Репешко В. С. Інтенсифікація процесу сушки зерна шляхом застосування НВЧ випромінювання. Запоріжжя: Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
3. Гайдук В.М. Електронагрівні сільськогосподарські установки. – К.: Урожай, 1986. – 144 с.
4. Гончар В. Ф. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок./ Курсове і дипломне проектування/ – К.: Вища школа, 1985.
5. Гончар В.Ф., Тищенко Л.П. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок : Навч. посібник. – К.: Вища шк., 1989. –343 с.
6. Довідник сільського електрика / В. С. Олійник, В. М. Гайдук, В. Ф Гончар: За ред. В. С. Олійника. – К. : Урожай, 1989. – 261 с.
7. Довідникова книга з електроенергетики: навчальний посібник / П. В. Волох, М. П. Цоколенко, Л. В. Ревенко, В. А. Прядко та ін.- К. : Аграрна освіта, 2014. – 506 с.
8. Довідник зоотехніка по механізації і електрифікації тваринництва / А. Е. Мяндр, В. Т. Калашник, В. Й. Магда: За ред. А. Е. Мянди, - К. : Урожай, 1973. – 207 с.
9. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній.: Підручник / Є. Л. Жулай, Б. В. Зайцев, Ю. М. Лавріненко, О. С. Марченко, Д. Г. Войтюк,; За ред. Є. Л. Жулая. – К.: Вища освіта. 2001.–288 с.
11. Логвінов Г. С., Прядко В. А., Яремчук Л. М. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок. – Ж., 2013. 41 с.
12. Мартиненко І.І. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. – К., Урожай, 1995. – 224 с.

13. Марченко О.С. Довідник по монтажу і налагодженню електрообладнання в сільському господарстві. - К.: Урожай, 1994. - 240 с.
14. Облещенко А. Д., Постнікова М. В. Система автоматичного регулювання режимів роботи машини вторинної очистки насіння МС-4,5 Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
15. Олійник В. С. Практикум з електроприводу. – К., Урожай, 1995.- 182 с.
16. Олійник В. С. Електропривод і електрообладнання сільськогосподарських машин і агрегатів. – К., Урожай, 1977.- 181 с.
17. Підгурський О. М. Модернізація мобільних зерносушарок гiела типу gtr для спалювання подрібненої соломи в котли автоматичної дії.
Збірник тез науково-практичної конференції Студентські наукові читання за підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 20 березня 2024. м. Житомир. Житомир:Поліський національний університет. С. 88-89.
18. Підгурський О. М. Дослідження та аналіз можливості інтенсифікації процесу сушки зерна. Збірник тез науково-практичної конференції Студентські наукові читання. 20 березня 2024. м. Житомир. Житомир:Поліський національний університет. С. 128-131.
- 19.. Плесюк О. В., Гевко Р. Б. Еколого-економічні засади забезпечення енергозбереження в рослинництві. Тернопіль: Тернопільський національний економічний університет, 2017.
21. Прядко В. А. Яремчук Л. М. Автоматизація електроприводу с. – г. машин. - Ж., 2015. – 48 с.
22. Прядко В. А. Довідник посібник.Проектування електричних схем. – Ж., 2013. – 117 с.
23. Сербін В. А. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії в системах ТГВ: навч. посібник / Сербін В. А. – Макіївка : ДонДАБА, 2003. – 153 с.