

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Чепіжний А.В.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Реконструкція системи електрифікації зернопункту ТОВ «МХП-Урожайна країна» Роменського району Сумської області з розробкою автоматизованої системи керування процесом хімічного протруювання зернових»

Виконала:

(підпис)

Якімов В. В.
(Прізвище, ініціали)

Група:

ГЕЕ 2201 с.т.

(Науковий) керівник:

(підпис)

Вольвач Т. С.
(Прізвище, ініціали)

Суми – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний

Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
енергетики та електротехнічних систем

Чепіжний А.В.

“__” _____ 202_ року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Якімову Владиславу Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Реконструкція системи електрифікації зернопункту ТОВ «МХП-Урожайна країна» Роменського району Сумської області з розробкою автоматизованої системи керування процесом хімічного протруювання зернових», керівник роботи: асистент Вольвач Тетяна Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “09” грудня 2024 року № 4057/ос

2. Строк подання здобувачем роботи: “23” травня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: матеріали обстеження об'єкту, технічна література, нормативна документація, державні стандарти.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ

1. Характеристика виробничої діяльності ТОВ «МХП-УРОЖАЙНА КРАЇНА»

2. Аналіз технології післязбиральної обробки зернових

3. Розрахунок та вибір електросилового обладнання системи протруювання зернових

4. Розробка системи автоматизованого керування процесом протруювання зернових

5. Проектування електричної мережі 0,4 кВ зернопункту

6. Охорона праці

7. Екологічна експертиза

8. Економічне обґрунтування

Висновки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Зернопункт. Електрообладнання технологічне та силове. Схема електрична розташування.

2. Протруювач. Система керування автоматизована. Схема електрична принципова.

3. Протруювач. Система керування автоматизована. Шафа керування. Схема електрична з'єднань.

4. Протруювач. Схема електрична підключень.

5. Показники техніко-економічні. Таблиця.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Економічне обґрунтування			
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: "04" вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Збір інформації про діяльність господарства	09.09.2024 р. – 13.09.2024 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	16.09.2024 р. – 15.11.2024 р.	
3.	Складання плану роботи	18.11.2024 р. – 22.11.2024 р.	
4.	Написання вступу	25.11.2024 р. – 29.11.2024 р.	
5.	Підготовка розділу 1 та 2	02.12.2024 р. – 27.12.2024 р.	
6.	Підготовка розділу 3 та 4. Підготовка листів 1 та 2 графічної частини.	03.02.2025 р. – 28.02.2025 р.	
7.	Підготовка розділу 5 та 6. Підготовка листів 3 та 4 графічної частини.	03.03.2025 р. – 28.03.2025 р.	
8.	Підготовка розділів 7 та 8. Підготовка листа 5 графічної частини.	31.03.2025 р. – 02.05.2025 р.	
9.	Написання висновків	05.05.2025 р. – 09.05.2025 р.	
10.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 15.05.2025 р.	
11.	Подання роботи на рецензування	до 23.05.2025 р.	
12.	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2025 р.	

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Якімов В. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник
кваліфікаційної роботи _____
(підпис)

Вольвач Т. С.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Якімов Владислав Віталійович. Реконструкція системи електрифікації зернопункту ТОВ «МХП-Урожайна країна» Роменського району Сумської області з розробкою автоматизованої системи керування процесом хімічного протруювання зернових.

Кваліфікаційна робота на здобуття бакалавра за освітньою програмою «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

Кваліфікаційну роботу присвячено реконструкції системи електрифікації зернопункту ТОВ «МХП-Урожайна країна» Роменського району Сумської області з розробкою автоматизованої системи керування процесом хімічного протруювання зернових культур. Розглянуто характеристику виробничої діяльності підприємства, подано загальні відомості про ТОВ «МХП-Урожайна країна», фінансові показники, аналіз існуючої електрифікації зернопункту, а також сформульовано висновки та пропозиції щодо покращення. Досліджено технологічний процес післязбиральної обробки зернових, характеристики приміщень зернопункту, технологічне обладнання та вимоги до системи електрифікації.

Виконано розрахунки та вибір електросилового обладнання для системи протруювання, перевірку потужності електроприводів та розробку відповідної електричної схеми. Здійснено розробку автоматизованої системи керування процесом протруювання зерна, включаючи вибір частотного перетворювача, складання електричних схем та розробку рекомендацій щодо усунення несправностей. Вибрано провідники, пускозахисну апаратуру. Проведено проектування електричної мережі 0,4 кВ зернопункту з вибором системи живлення, струмовим навантаженням, провідників, вимикачів, пускачів та теплових реле.

Ключові слова: зернопункт, автоматизована система керування, хімічне протруювання зернових, післязбиральна обробка зерна, електросилове обладнання, частотний перетворювач, електрична мережа 0,4 кВ, енергоефективність.

ABSTRACT

Yakimov Vladyslav Vitaliiovych. Reconstruction of the Electrification System of the Grain Receiving Station of LLC "MHP-Urozhainaya Kraina" in Romny District, Sumy Region with the Development of an Automated Control System for the Chemical Treatment Process of Grain.

Qualification work for a bachelor's degree in the educational programme "Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics" in the speciality 141 "Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

Qualification work is dedicated to the reconstruction of the electrification system of the grain receiving station of LLC "MHP-Urozhainaya Kraina" in Romny district, Sumy region, with the development of an automated control system for the chemical treatment process of grain crops. The work considers the characteristics of the enterprise's production activities, provides general information about LLC "MHP-Urozhainaya Kraina," financial indicators, an analysis of the existing electrification of the grain receiving station, as well as conclusions and proposals for improvement. The technological process of post-harvest grain processing, characteristics of the grain receiving station premises, technological equipment, and electrification system requirements are investigated.

Calculations and selection of electrical power equipment for the treatment system were carried out, the power of electric drives was checked, and an appropriate electrical circuit was developed. The automated control system for the grain treatment process was designed, including the selection of a frequency converter, preparation of electrical diagrams, and development of recommendations for troubleshooting. Conductors and protective starting apparatus were selected. The design of the 0.4 kV electrical network of the grain receiving station was performed, including the choice of power supply system, current loads, conductors, switches, contactors, and thermal relays.

Keywords: grain receiving station, automated control system, chemical treatment of grain, post-harvest grain processing, electrical power equipment, frequency converter, 0.4 kV electrical network, energy efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «МХП-УРОЖАЙНА КРАЇНА»	9
1.1. Загальна інформація про ТОВ «МХП-УРОЖАЙНА КРАЇНА».....	9
1.2. Фінансові показники ТОВ «МХП-УРОЖАЙНА КРАЇНА».....	11
1.3. Загальна характеристика зернопункту.....	12
1.4. Аналіз існуючої електрифікації зернопункту.....	13
1.4. Висновки та пропозиції.....	15
2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНОВИХ	16
2.1. Опис технології післязбиральної обробки зернових.....	16
2.2. Характеристика приміщень зернопункту.....	17
2.3. Паспортні дані технологічного обладнання.....	18
2.4. Складання технологічних вимог до системи електрифікації зернопункту... ..	21
3. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОСИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ПРОТРУЮВАННЯ ЗЕРНОВИХ	23
3.1. Вибір силового електрообладнання для системи протруювання зернових..	23
3.2. Перевірочний розрахунок потужності електроприводу протруювача.....	24
3.3. Розробка схеми розташування електрообладнання зернопункту.....	30
4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПРОТРУЮВАННЯ ЗЕРНОВИХ	32
4.1. Опис технології протруювання насіння.....	32
4.2. Технологічні вимоги до системи автоматизації процесу протруювання насіння.....	34
4.3. Складання принципової електричної схеми керування протруювачем.....	35

4.4. Розробка схеми з'єднань.....	37
4.5. Розробка схеми підключень.....	38
4.6. Обґрунтування вибору частотного перетворювача для протруювача насіння	39
4.7. Розробка рекомендацій щодо усунення можливих несправностей системи автоматизованого керування протруювачем.....	42
5. ПРОЄКТУВННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ 0,4 КВ ЗЕРНОПУНКТУ	45
5.1. Вибір системи живлення обладнання	45
5.2. Розрахунок струмів навантаження	46
5.3. Вибір провідників силової мережі	47
5.4. Вибір автоматичних вимикачів	49
5.5. Вибір магнітних пускачів	50
5.6. Вибір теплових реле.....	51
6. ОХОРОНА ПРАЦІ	53
7. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА	56
8. ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ	58
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62
ДОДАТКИ	65

ВСТУП

Сучасне сільське господарство неможливо уявити без ефективних технологій зберігання та обробки зерна, які забезпечують збереження його якості та зменшення втрат під час зберігання і переробки. Особливо актуальним є впровадження автоматизованих систем, що підвищують надійність, безпеку і продуктивність технологічних процесів. Зернопункти, як важливі ланки агропромислового комплексу, вимагають модернізації та впровадження новітніх рішень для оптимізації виробничих процесів.

ТОВ «МХП-Урожайна країна», яке функціонує у Роменському районі Сумської області, є одним із провідних підприємств у сфері зберігання і переробки зернових культур. В умовах зростаючих вимог до якості продукції та дотримання екологічних стандартів виникає необхідність реконструкції існуючої системи електрифікації зернопункту з метою підвищення її енергоефективності та надійності.

Одним із ключових напрямків модернізації є розробка автоматизованої системи керування процесом хімічного протруювання зернових, що дозволить забезпечити точне дозування та контроль над технологічним процесом, зменшити ризики виникнення аварійних ситуацій та підвищити рівень безпеки персоналу.

Метою кваліфікаційної роботи є реконструкція системи електрифікації зернопункту ТОВ «МХП-Урожайна країна» з розробкою автоматизованої системи керування процесом хімічного протруювання зернових, що сприятиме підвищенню ефективності, надійності та безпеки виробничих процесів.

Для досягнення поставленої мети в роботі будуть розглянуті сучасні підходи до реконструкції електрообладнання, автоматизації технологічних процесів, а також розроблено технічне рішення із застосуванням сучасних систем керування..

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «МХП-УРОЖАЙНА КРАЇНА»

1.1. Загальна інформація про ТОВ «МХП-УРОЖАЙНА КРАЇНА»

ТОВ «МХП-УРОЖАЙНА КРАЇНА» – одне з провідних аграрних підприємств України, яке входить до складу агропромислового холдингу МХП (Миронівський хлібопродукт) – одного з найбільших гравців на українському та міжнародному ринках сільськогосподарської продукції. Компанія займається вирощуванням основних сільськогосподарських культур, зокрема зернових (пшениця, кукурудза) та олійних (соняшник, соя), реалізуючи повний виробничий цикл – від підготовки ґрунту та посіву до збору врожаю, зберігання та первинної переробки продукції.



Рис. 1.1. Центральний офіс ТОВ «МХП-УРОЖАЙНА КРАЇНА» в м. Ромни

Земельний банк підприємства становить близько 32 тисяч гектарів, що забезпечує масштабне виробництво та стабільну врожайність. Землі обробляються у різних регіонах України, що дозволяє підприємству зменшувати вплив кліматичних ризиків. Станом на останні роки, ТОВ «МХП-УРОЖАЙНА КРАЇНА»

має понад 8 тисяч орендодавців, з якими ведеться співпраця на довгостроковій та взаємовигідній основі. Кількість працівників підприємства перевищує 300 осіб, а центральний офіс розташований у місті Ромни.

Підприємство здійснює свою діяльність на значних площах сільськогосподарських угідь, розташованих у різних регіонах України, що дозволяє оптимізувати виробничі потужності та зменшити ризики, пов'язані з кліматичними умовами. Завдяки централізованому управлінню, уніфікованим підходам до організації праці та логістики, ТОВ «МХП-УРОЖАЙНА КРАЇНА» досягає високої ефективності виробництва, стабільності результатів та гнучкості в реагуванні на ринкові виклики.

Компанія активно впроваджує передові агротехнології, використовуючи сучасну техніку, програмне забезпечення для точного землеробства, системи супутникового моніторингу та автоматизації процесів. Це дозволяє зменшити витрати ресурсів, підвищити продуктивність та екологічність сільського господарства. Особливу увагу підприємство приділяє питанням охорони навколишнього середовища, зокрема збереженню родючості ґрунтів, раціональному використанню водних ресурсів та зменшенню викидів парникових газів.

ТОВ «МХП-УРОЖАЙНА КРАЇНА» також активно розвиває соціальну відповідальність, підтримуючи місцеві громади в районах своєї присутності. Компанія інвестує у розвиток інфраструктури, освіти, охорони здоров'я, реалізує соціальні програми, спрямовані на підвищення якості життя сільського населення. Важливою складовою соціальної політики є створення стабільних та безпечних робочих місць, забезпечення гідних умов праці та професійного розвитку працівників.

Таким чином, ТОВ «МХП-УРОЖАЙНА КРАЇНА» є сучасним, динамічним і технологічно розвинутим аграрним підприємством, яке поєднує ефективне сільськогосподарське виробництво з високими стандартами екологічної та соціальної відповідальності, відіграючи значну роль у забезпеченні продовольчої безпеки як національного, так і міжнародного рівнів.

1.2. Фінансові показники ТОВ «МХП-УРОЖАЙНА КРАЇНА»

За останні чотири роки підприємство демонструє стабільне зростання доходів, незважаючи на певні коливання в 2023 році. Так, у 2024 році дохід склав понад 1,8 млрд гривень, що більш ніж удвічі перевищує показник 2023 року, коли дохід був близько 862 млн гривень. У 2022 та 2021 роках доходи склали відповідно близько 1,45 млрд та 1,62 млрд гривень (рис. 1.2).

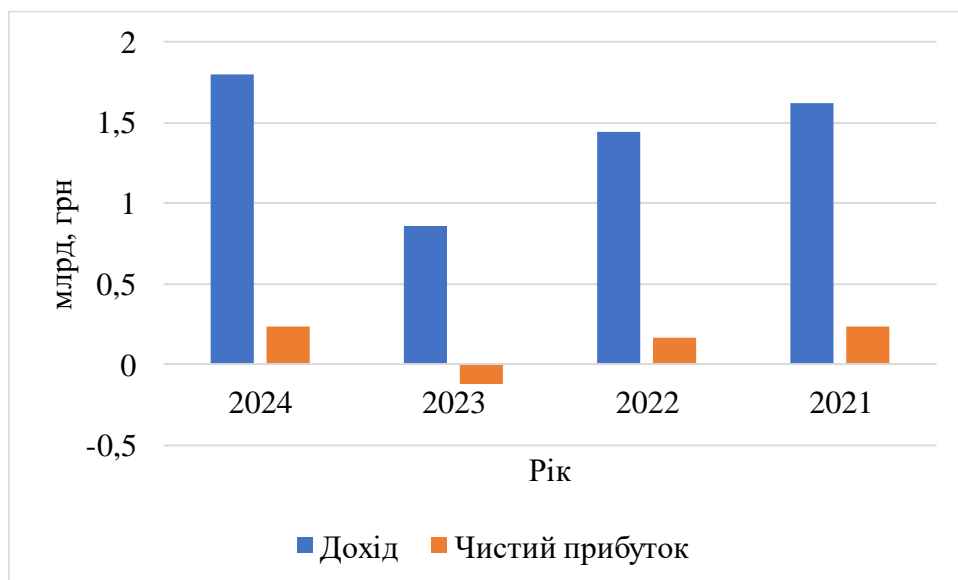


Рис. 1.2. Дохід та чистий прибуток підприємства за 2021-2024 рр.

Чистий прибуток (рис. 1.2) також демонструє позитивну динаміку з 2023 року, коли підприємство зазнало збитків у розмірі 123 млн гривень. У 2024 році чистий прибуток зріс до 236 млн гривень, що майже у два рази перевищує прибуток 2021 року. Це свідчить про відновлення фінансової стабільності та ефективності управління.

Активи підприємства коливаються у межах 2,8–3,2 млрд гривень, залишаючись стабільними за цей період. Зобов'язання значно знизилися у 2024 році порівняно з 2023 роком, що свідчить про покращення фінансового стану та зниження боргового навантаження.

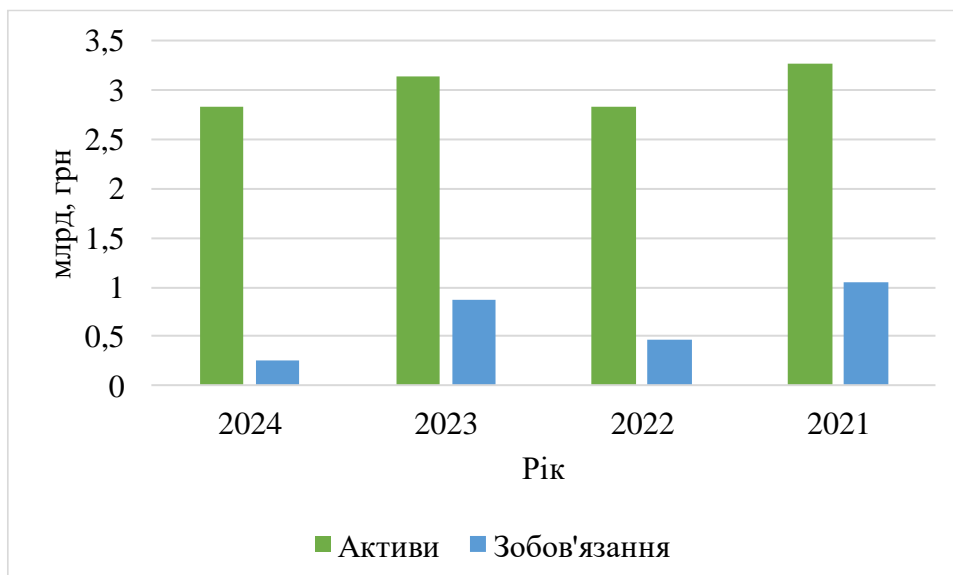


Рис. 1.2. Активи та зобов'язання підприємства за 2021-2024 рр.

Кількість працівників залишалася майже незмінною і коливалася в межах 350–365 осіб (рис. 1.3.), що відповідає рівню стабільного персоналу підприємства.

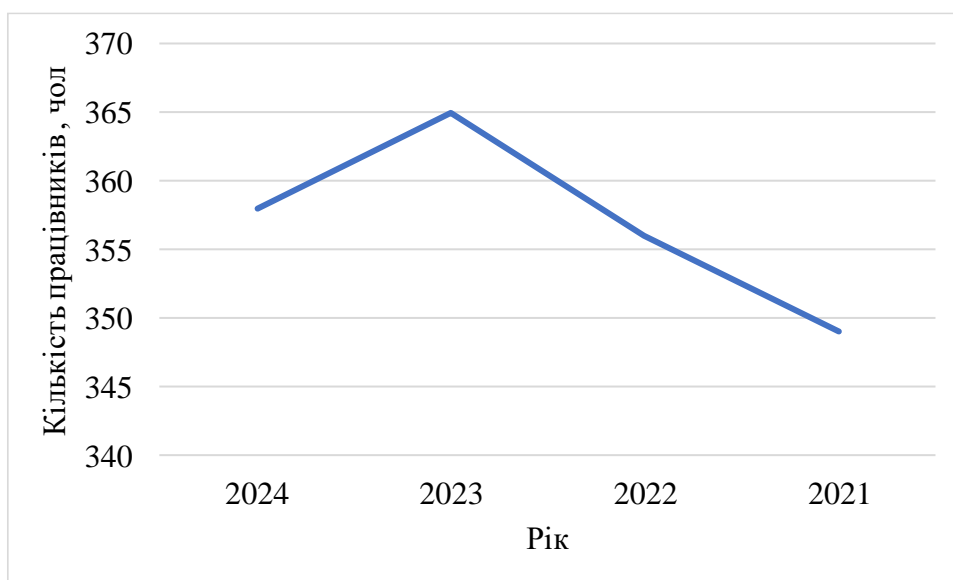


Рис. 1.3. Кількість працівників 2021-2024 рр.

1.3. Загальна характеристика зернопункту

Зернопункт є важливим елементом агропромислового комплексу, який забезпечує приймання, зберігання, підготовку та відвантаження зернових культур. Він виконує функцію логістичного вузла між сільськогосподарськими

виробниками та переробними підприємствами або експортними структурами. Якість та надійність роботи зернопункту безпосередньо впливають на збереження врожаю та ефективність подальшої переробки зерна.

Зернопункт ТОВ «МХП-Урожайна країна», розташований у Роменському районі Сумської області, обладнаний сучасними зерноочисними комплексами, системами сушіння та зберігання зерна, що забезпечує збереження якісних показників продукції протягом тривалого часу. Високий рівень автоматизації технологічних процесів сприяє підвищенню продуктивності та зменшенню витрат на обробку зернової сировини.

Важливою складовою функціонування зернопункту є його система електрифікації, яка забезпечує безперебійне живлення обладнання, автоматизацію процесів і безпеку виробництва. Застосування сучасних технічних рішень у сфері електрифікації дозволяє не лише оптимізувати енергоспоживання, але й підвищити надійність роботи всього комплексу.

У структурі зернопункту реалізовано технологічний процес хімічного протруювання зернових, що є необхідним заходом для захисту врожаю від шкідників і хвороб. Впровадження автоматизованої системи керування цим процесом дозволить підвищити точність дозування препаратів, скоротити витрати і знизити ризики, пов'язані з людським фактором.

Таким чином, зернопункт ТОВ «МХП-Урожайна країна» є сучасним, технічно оснащеним підприємством, яке відіграє ключову роль у ланцюжку зберігання і підготовки зернових культур, забезпечуючи високу якість продукції та ефективність виробничих процесів.

1.4. Аналіз існуючої електрифікації зернопункту

Існуюча система електрифікації зернопункту ТОВ «МХП-Урожайна країна» побудована на обладнанні, що на сьогодні вважається застарілим і не відповідає сучасним вимогам надійності та безпеки. Основні силові кабелі виконані із застосуванням алюмінієвих проводів марки АПВ 4 мм² та АПВ 6 мм², що

характеризуються підвищеним опором і схильністю до механічних пошкоджень, а також мають низький ресурс експлуатації.

Розподільчі щити представлені шафами типу ЩР-1, оснащеними автоматичними вимикачами серії ВА-47-29 або ВА-51, які вже втратили актуальність через низьку чутливість і недостатню швидкодію. Пускозахисна апаратура складається з контакторів КТП-207 та теплових реле ТРН-4, що не забезпечують захист від перевантажень із сучасною точністю і не підтримують дистанційне керування.

Для захисту від струмів витоку часто застосовуються застарілі диференційні автомати АВДТ-32, які мають обмежені функції та низьку надійність. Крім того, в системі практично відсутня повноцінна автоматизація керування технологічним обладнанням, що ускладнює оперативне реагування на аварійні ситуації.

Освітлення організовано за допомогою світильників з люмінесцентними лампами типу ЛСП-2х36, які мають значне енергоспоживання і низький строк служби. Електричні з'єднання виконані застарілими клемними колодками типу КВТ, що часто є причиною ненадійного контакту.

Стан ізоляції проводів та кабелів є незадовільним: місцями помічено пошкодження оболонок, що підвищує ризик коротких замикань та аварій. Відсутність сучасних засобів моніторингу та захисту ускладнює технічне обслуговування та підвищує ймовірність простоїв.

Враховуючи наведені недоліки, існуюча електрична система зернопункту не відповідає сучасним стандартам безпеки, енергоефективності та надійності. Це призводить до підвищеного ризику аварій, збільшених експлуатаційних витрат та загроз для безпеки працівників.

Отже, реконструкція системи електрифікації є необхідною мірою для підвищення надійності електропостачання, модернізації захисних засобів, впровадження автоматизації та забезпечення відповідності сучасним нормам та стандартам.

1.4. Висновки та пропозиції

В ході аналізу існуючого стану електрифікації зернопункту ТОВ «МХП-Урожайна країна» виявлено, що наявне обладнання та кабельні мережі мають значний технічний знос, що негативно впливає на надійність роботи та безпеку виробничих процесів. Застосування застарілої пускозахисної апаратури, а також відсутність сучасних систем захисту і автоматизації створюють ризики аварійних ситуацій та підвищують експлуатаційні витрати.

Наявність пошкоджень ізоляції кабелів і використання алюмінієвих провідників із недостатньою пропускнуою здатністю призводить до підвищеного енергоспоживання і можливих збоїв у роботі технологічного обладнання.

На основі проведеного аналізу обґрунтовується необхідність комплексної реконструкції системи електрифікації зернопункту з метою підвищення її надійності, безпеки та енергоефективності. Реконструкція передбачає заміну кабельних ліній на мідні, встановлення сучасної пускозахисної апаратури з функціями дистанційного керування та захисту, оновлення розподільчих щитів, впровадження систем автоматизації та контролю технологічних процесів.

Впровадження автоматизованої системи керування електроприводом хімічного протруювання зернових підвищить точність дозування, зменшить вплив людського фактора та підвищить загальну продуктивність.

Отже, реалізація проекту реконструкції системи електрифікації зернопункту сприятиме забезпеченню безперебійної, безпечної та енергоефективної роботи підприємства, підвищенню рівня автоматизації технологічних процесів та зниженню експлуатаційних витрат.

2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНОВИХ

2.1. Опис технології післязбиральної обробки зернових

Післязбиральна обробка зернових культур є важливим етапом технологічного циклу на зернопункті ТОВ «МХП-Урожайна країна». Її основна мета – забезпечення збереження якості врожаю під час транспортування та зберігання, зниження втрат і підготовка зерна до реалізації або подальшої переробки. Технологічний процес включає низку послідовних операцій: приймання, очищення, сушіння, тимчасове зберігання, протруювання та відвантаження зерна.

Зерно, яке надходить із поля, транспортується до приймального бункера, де проходить первинний контроль якості. Далі воно подається на попереднє очищення за допомогою барабанного сепаратора САД-10, який видаляє великі домішки, зокрема соломку, бур'яни та великі грудки ґрунту.

Наступним етапом є тонке очищення, яке виконується на плоско-решітних сепараторах САД-5 або аналогічних машинах типу БЦС-50, що дозволяють отримати зерно з мінімальною кількістю дрібних домішок. У разі підвищеної вологості зерна воно додатково сушиться в зерносушарках шахтного типу СЗШ-8 або ДСП-32, де за допомогою гарячого повітря знижується вологість до оптимального рівня (12–14%).

Після очищення і сушіння зерно тимчасово зберігається в силосах з плоским або конусним дном. Перед закладкою на тривале зберігання або перед відвантаженням виконується хімічне протруювання зерна. Для цього на підприємстві використовується протруювач ПС-20, призначений для обробки насінневого матеріалу рідкими пестицидами. Машина забезпечує рівномірне нанесення протруйника на зернову масу, працює в напівавтоматичному режимі та дозволяє обробляти до 20 т/год.

Основні технологічні машини, що використовуються на зернопункті, включають:

- Сепаратор САД-10 – для попереднього та тонкого очищення зерна;
- Зерносушарка ДСП-32 – для зниження вологості зерна;
- Протруювач ПС-20 – для обробки насінневого матеріалу;
- Норії НЦ-10 або НЦ-20 – для вертикального транспортування зерна;
- Транспортери шнекові ТШН-160 та стрічкові транспортери ТЛ-500 – для горизонтального переміщення;
- Силоси для зберігання (виробництва KMZ Industries) – для збереження зерна до моменту реалізації;
- Ваговий комплекс ВА-60 – для точного зважування зерна перед реалізацією або закладкою на зберігання.

Усі технологічні етапи тісно пов'язані між собою та потребують чітко налагодженого енергозабезпечення й ефективного автоматизованого управління, особливо на критичних ділянках, таких як протруювання. Сучасні вимоги до якості обробки зерна, санітарних норм та продуктивності виробництва зумовлюють необхідність оновлення окремих елементів технологічної та енергетичної інфраструктури.

2.2. Характеристика приміщень зернопункту

Зернопункт ТОВ «МХП-Урожайна країна» включає комплекс технологічних і допоміжних споруд, призначених для приймання, обробки, зберігання та відвантаження зернової продукції. Основні приміщення мають капітальне виконання, з урахуванням санітарних, протипожежних і технологічних вимог, притаманних підприємствам агропромислового комплексу.

Головною будівлею є виробничо-технологічний корпус, де розташовані сепаратори, зернотранспортне обладнання, протруювальна установка та частина допоміжних механізмів. Споруда має прямокутну форму, габаритами близько 36×18 метрів, з висотою до підкранової балки 6 метрів. Фундаменти стрічкового

типу, стіни з силікатної цегли, перекриття залізобетонне. Усередині передбачено антипилове покриття підлоги та витяжна вентиляція для зниження запиленості повітря.

Приміщення для сушіння зерна (зерносушарка) розташоване окремо й обладнане технологічним майданчиком для обслуговування сушильного агрегату типу ДСП-32. Будівля має металевий каркас із профнастиловим облицюванням, захищена від атмосферного впливу. Система вентиляції та димовидалення забезпечує безпечну роботу при використанні теплогенераторів.

Окремо розміщений склад зберігання готового зерна, що складається з ряду металевих силосів з конусним дном на опорних конструкціях. Завантаження та розвантаження силосів відбувається за допомогою норій та транспортних галерей. Поряд із ними розташовано закриті піднавісні приміщення для зберігання тари, добрив, протруйників та іншого допоміжного інвентарю.

Приміщення вагової, диспетчерської та лабораторії об'єднані в адміністративно-побутовий блок, що має окремий вхід і доступ до технологічного майданчика. Всі приміщення обладнані системою освітлення, електропостачання, вентиляції та заземлення відповідно до діючих норм. Окрему увагу приділено протипожежному захисту, зокрема наявності вогнегасників, пожежних гідрантів та евакуаційних виходів.

Загалом просторове планування зернопункту забезпечує логічну послідовність технологічних процесів, ефективну взаємодію між дільницями та безпечні умови праці персоналу.

2.3. Паспортні дані технологічного обладнання

Паспортні дані технологічного обладнання наведено в таблицях 2.1–2.5.

Таблиця 2.1. – Паспортні дані протруювача ПС-20

№ з/п	Показник	Значення
1	Тип машини	Протруювач зерна
2	Марка	ПС-20
3	Продуктивність	15–20 т/год
4	Об'єм завантажувального бункера	0,5 м ³
5	Спосіб обробки	Напіввологий (аерозольний)
6	Привід	багатодвигунний, 5,32 кВт
7	Напруга живлення	380 В
8	Габаритні розміри (Д×Ш×В)	2400×1000×1900 мм
9	Маса	600 кг

Таблиця 2.2. – Паспортні дані сепаратора САД-10

№ з/п	Показник	Значення
1	Тип машини	Сепаратор аеродинамічний
2	Марка	САД-10
3	Продуктивність	до 10 т/год
4	Встановлена потужність	4,0 кВт
5	Тип очищення	Попереднє
6	Напруга живлення	380 В
7	Розміри (Д×Ш×В)	3100×1200×1800 мм
8	Маса	850 кг

Таблиця 2.3. – Паспортні дані зерносушарки ДСП-32

№ з/п	Показник	Значення
1	Тип машини	Сушарка шахтна
2	Марка	ДСП-32
3	Продуктивність	до 32 т/год (пшениця)
4	Тип палива	Природний газ / дизельне пальне

5	Споживання тепла	2,1 Гкал/год
6	Встановлена потужність	15 кВт
7	Напруга живлення	380 В
8	Габарити	6500×2500×10000 мм
9	Маса	8,2 т

Таблиця 2.4. – Паспортні дані норії НЦ-20

№ з/п	Показник	Значення
1	Тип машини	Норія ковшова
2	Марка	НЦ-20
3	Продуктивність	20 т/год
4	Висота підйому	до 25 м
5	Привід	Електродвигун 5,5 кВт
6	Швидкість стрічки	1,25 м/с
7	Напруга живлення	380 В
8	Маса	750 кг

Таблиця 2.5. – Паспортні дані транспортерів ТШН-160 та ТЛ-500

№ з/п	Показник	ТШН-160	ТЛ-500
1	Тип машини	Шнековий	Стрічковий
2	Продуктивність	10–16 т/год	до 50 т/год
3	Довжина	6–12 м (варіативно)	8–20 м
4	Потужність приводу	3–4 кВт	5,5–7,5 кВт
5	Напруга живлення	380 В	380 В
6	Діаметр шнека / ширина	160 мм	500 мм
7	Маса	до 450 кг	до 600 кг

2.4. Складання технологічних вимог до системи електрифікації зернопункту

Зернопункт ТОВ «МХП-Урожайна країна» є технічно складним об'єктом з великою кількістю електроприводного обладнання, автоматизованих систем, контрольно-вимірювальних пристроїв та допоміжної техніки. Ефективність його функціонування на пряму залежить від надійності, безпеки та енергоефективності системи електропостачання. У зв'язку з цим розробка проекту реконструкції передбачає формування чітких технологічних вимог до системи електрифікації всього зернопункту.

Передусім система електропостачання повинна забезпечувати безперебійне живлення всіх споживачів першої та другої категорій надійності. До таких споживачів належать зерносушарки (ДСП-32), сепаратори (САД-10), норії (НЦ-20), транспортні системи (ТШН-160, ТЛ-500), протруювальні машини (ПС-20), компресори, вентилятори, системи аспірації та освітлення. Потужність електричних навантажень становить понад 150 кВт, що вимагає організації вводу від трансформаторної підстанції з потужністю не менше 250 кВА.

Система має бути трифазною, з робочою напругою 380/220 В, частотою 50 Гц. Розподіл електроенергії виконується через головний розподільчий щит (ГРЩ), від якого живляться локальні шафи управління (ШУ) на окремих технологічних ділянках. Всі магістральні лінії прокладаються кабелем типу АВВГнг або ВВГнгLS відповідного перерізу з урахуванням пускових струмів, довжини кабельної лінії та умов прокладки.

З метою забезпечення електробезпеки система електрифікації повинна включати повноцінну систему заземлення за контурною схемою типу TN-S. Передбачено встановлення УЗО (пристроїв захисного вимкнення) та автоматичних вимикачів з характеристиками типу С або D (наприклад, серії Schneider Electric, Eaton, ABB) у щитах освітлення та управління. Усі відкриті провідні частини повинні бути надійно заземлені.

Особлива увага приділяється пускозахисній апаратурі. На електроприводи норій, сушарок та транспортерів необхідно встановити контактори з тепловими реле (наприклад, Schneider LC1-D, серія ПМЛ), а також частотні перетворювачі для регулювання продуктивності транспортерів або вентиляторів (наприклад, серії Danfoss FC-51 або Siemens Micromaster). Наявність плавного пуску значно знижує ударні навантаження на мережу та механічні вузли.

Розподільча апаратура, зокрема ГРЩ і ШУ, має бути встановлена у приміщеннях, захищених від пилу та вологи (IP44–IP54), з окремим доступом для персоналу. Важливим елементом є організація диспетчеризації та моніторингу споживання електроенергії, що дозволить оптимізувати витрати та оперативно реагувати на аварійні ситуації.

Система електрифікації зернопункту повинна відповідати сучасним вимогам безпеки, функціональності та надійності. Вона має передбачати достатній резерв по потужності, захист від аварій, легкість обслуговування та можливість інтеграції з системою автоматизації підприємства. Запропоновані технічні рішення забезпечать ефективну та безпечну роботу всіх етапів післязбиральної обробки зерна

3. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОСИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ПРОТРУЮВАННЯ ЗЕРНОВИХ

3.1. Вибір силового електрообладнання для системи протруювання зернових

У процесі вибору електродвигунів для системи протруювання зернових необхідно враховувати специфіку роботи обладнання, умови експлуатації та вимоги до надійності та безпеки. Електродвигуни є основними елементами, що приводять у дію мішальні барабани, насосно-дозуючі установки та допоміжні механізми, тому від їх правильного підбору залежить ефективність всієї технологічної лінії.

В умовах зернопункту, де здійснюється протруювання, електродвигуни працюють при підвищеній вологості, запиленості та в присутності агресивного хімічного середовища. У зв'язку з цим вони повинні мати відповідне кліматичне виконання – не нижче УЗ або УХЛ4 за ДСТУ 15150, що забезпечує стійкість до коливань температури та вологи. Двигуни, як правило, встановлюються у неопалюваних приміщеннях або під навісами, тому також необхідно враховувати категорію розміщення не нижче другої. Це гарантує їх працездатність при температурах від -40 до $+40$ °С і відносній вологості до 98 %.

Важливим критерієм вибору є ступінь захисту корпусу. Для роботи в запиленому середовищі та при можливості прямого потрапляння вологи мінімально допустимим є ступінь IP54, хоча оптимальним вважається IP55 або IP65. Такий захист запобігає проникненню пилу та води, що забезпечує довговічність обмоток і підшипників.

Конструктивно двигуни мають бути виконані з урахуванням умов монтажу – це може бути встановлення на лапах або на фланці. Найчастіше використовуються конструктивні виконання типу IM B3 або IM B5. Також обов'язковою є відповідність класу ізоляції щонайменше F, що дозволяє витримувати нагрівання

обмоток до 155 °С, особливо в умовах тривалого або повторно-короткочасного навантаження, характерного для протруювального обладнання.

Ще однією особливістю є характер пуску. Оскільки двигуни нерідко запускаються під навантаженням, доцільним є використання частотних перетворювачів або пускозахисної апаратури, яка забезпечує м'який пуск, захист від перевантаження та перенапруг. У разі застосування стандартного пуску необхідна наявність теплового реле, пускових кнопкових постів та автоматичного вимикача відповідної характеристики.

Для ефективної роботи в умовах агресивного середовища перевагу слід надавати електродвигунам з додатковим ущільненням підшипникових вузлів та антикорозійним покриттям корпусу. Такі моделі менш схильні до виходу з ладу під впливом пилу, вологи або хімікатів. Крім того, динамічно збалансований ротор знижує рівень вібрації та шуму під час тривалої роботи, що позитивно впливає на загальний ресурс двигуна та комфорт працівників.

Таким чином, правильний вибір електродвигунів для системи протруювання зернових передбачає врахування не лише технічних параметрів, як-от потужність чи швидкість обертання, а й цілої низки експлуатаційних та захисних характеристик, що дозволяють забезпечити безпечну, ефективну та довговічну роботу системи в умовах сільськогосподарського виробництва.

3.2. Перевірочний розрахунок потужності електроприводу протруювача

Перерахунок паспортної потужності виконаємо на прикладі електродвигуна приводу колес протруювача серії АИР Україна АИР71В6.

Для руху протруювача необхідно подолати опір руху. Розрахунок сили опору робиться за формулою:

$$F = m \cdot g \cdot f, \quad (3.1)$$

де m – маса протруювача ($m = 600$ кг);

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння;

f – коефіцієнт опору руху (для руху по твердому покриттю прийmemo 0,05).

$$F = 600 \cdot 9,81 \cdot 0,05 = 294,3 \text{ Н.}$$

Момент на колесах залежить від сили опору і радіуса колеса:

$$M_k = F \cdot r = F \cdot \frac{d}{2}, \quad (3.2)$$

де r, d – радіус та діаметр колеса відповідно, м.

$$M_k = F \cdot r = 294,3 \cdot 0,15 = 44,145 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Переведення моменту на вал двигуна з урахуванням передавального числа редуктора. Необхідний крутний момент на валу двигуна:

$$M_{\text{дв}} = \frac{M_k}{i}, \quad (3.3)$$

де i – передавальне число редуктора.

$$M_{\text{дв}} = \frac{29,43}{30} = 0,981 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Розрахункова потужність на валу двигуна:

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot M_{\text{дв}}}{60}, \quad (3.4)$$

де n – швидкість обертання валу електродвигуна протруювача, об/хв.

$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \cdot 1,475}{60} = 154 \text{ Вт} = 0,154 \text{ кВт}.$$

Для надійної роботи двигуна необхідно передбачити запас потужності:

$$P_{\text{розр}} = \frac{P \cdot K_z}{\eta} \quad (3.5)$$

Прийmemo коефіцієнт запасу $K_z = 1,3$ та врахуємо ККД редуктора і двигуна $\eta = 0,8$:

$$P_{\text{розр}} = \frac{0,154 \cdot 1,3}{0,8} = 0,25 \text{ кВт}.$$

Електродвигун приводу протруювача повинен відповідати умові:

$$P_{\text{н.дв}} \geq P_{\text{розр}} \quad (3.6)$$

Оскільки $0,55 \text{ кВт} > 0,25 \text{ кВт}$, двигун в комплекті АИР71В6 задовольняє умовам за потужністю.

Розрахункова потужність двигуна з урахуванням маси 600 кг становить близько 0,25 кВт. Паспортний двигун 0,55 кВт має достатній запас потужності для надійного приводу коліс протруювача ПС-20.

Перевіряємо обраний електродвигун приводу коліс протруювача за пусковими умовами та перевантажувальною характеристикою [12].

Перевірку електродвигуна, який використовується для приводу колісного механізму протруювального обладнання, за умовами запуску здійснюють згідно з формулою, наведеною у джерелах [10, 12]:

$$M_{\text{пов}} \geq M_{\text{нн}}, \quad (3.7)$$

де $M_{\text{пов}}$ – значення пускового моменту, зазначеного у технічній документації на електродвигун; Нм;

$M_{\text{нн}}$ – момент сили, необхідний для запуску переміщувальної системи, Нм.

Номінальний пусковий момент електродвигуна, відповідно до довідкових даних [10, 12]:

$$M_{\text{пов}} = M_{\text{н}} \cdot \mu_{\text{н}} \cdot K_{\text{у}}^2, \quad (3.8)$$

де $M_{\text{н}}$ – номінальний обертовий момент електродвигуна, обраного для встановлення, Нм;

$\mu_{\text{н}}$ – коефіцієнт, що характеризує кратність пускового моменту двигуна, який планується до монтажу; відповідно до [9] приймається значення $\mu_{\text{н}} = 1,9$;

$K_{\text{у}}$ – коефіцієнт, що враховує можливу невідповідність фактичної напруги в мережі; згідно з [12] приймається рівним $K_{\text{у}} = 0,9$.

Номінальне значення обертового моменту для двигуна, який встановлюється на протруювач, визначається за джерелами [10, 12]:

$$M_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{\omega_{\text{н}}}, \quad (3.9)$$

де $\omega_{\text{н}}$ – кутова швидкість у номінальному режимі роботи електродвигуна, який планується для встановлення на насос, с^{-1} ; $\omega_{\text{н}} = 0,105 \cdot 1000 = 105 \text{ с}^{-1}$.

$$M_n = \frac{550}{105} = 5,23 \text{ Нм}$$

$$M_{\text{пов}} = 5,23 \cdot 1,9 \cdot 0,9^2 = 8,04 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Величину моментів опору насосу мийної установки визначимо за формулою [10, 12]:

$$M_{\text{н.н.}} = \frac{P_{\text{розр}}}{\omega_n}, \quad (3.10)$$

$$M_{\text{н.н.}} = \frac{250}{105} = 2,38 \text{ Нм}$$

Пусковий обертовий момент системи, що забезпечує переміщення протруювач [10, 12]:

$$M_{\text{пн}} = (0,8 \dots 0,9) M_{\text{н.н.}} \quad (3.11)$$

$$M_{\text{пн}} = 0,9 \cdot 2,38 = 2,14 \text{ Нм}$$

Здійснюємо перевірку дотримання заданої умови (3.7):

$$8,04 \text{ Нм} > 2,14 \text{ Нм.}$$

Умова виконується.

Оцінювання здатності електродвигуна приводу переміщення протруювача витримувати перевантаження здійснюється за наступною формулою [10, 12]:

$$M_{\text{max пов}} \geq M_{\text{max н}} \quad (3.12)$$

де $M_{\max \text{ д\text{в}}}$ – граничний (критичний) обертовий момент електродвигуна, обраного для встановлення, Нм;

$M_{\max \text{ н}}$ – максимальний момент навантаження на привід, що забезпечує переміщення протруювального механізму, Нм.

Граничне значення крутного моменту електродвигуна, запланованого до встановлення [10, 12]:

$$M_{\max \text{ д\text{в}}} = M_{\text{н}} \cdot \mu_{\max} \cdot K_u^2 \quad (3.13)$$

$$M_{\max \text{ д\text{в}}} = 5,23 \cdot 2,1 \cdot 0,9^2 = 8,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Граничне значення обертового моменту для приводу системи переміщення протруювального агрегату:

$$M_{\max \text{ н}} = K_{\max} \cdot M_{\text{н.н}}, \quad (3.14)$$

де K_{\max} – коефіцієнт, що відображає співвідношення між піковим і номінальним значенням обертового моменту приводу механізму переміщення протруювача; згідно з [8], приймається рівним $K_{\max} = 1,2$.

$$M_{\max \text{ н}} = 2,38 \cdot 1,2 \cdot 0,9^2 = 2,86 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Здійснюємо перевірку дотримання заданої умови (3.12):

$$8,9 \text{ Нм} > 2,86 \text{ Нм}.$$

Умова задовольняється. За результатами проведеної перевірки можна стверджувати, що вибір електродвигуна для приводу протруювача є правильним.

За аналогією перевіряються всі інші електродвигуни протруювача. Результати вибору електродвигунів для протруювача наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. – Інформація про електродвигуни протруювача насіння

Призначення	Позначення	Потужність, кВт	Частота обертів, об/хв	Підбір електродвигуна серії АІР
Привід колес	М5	0,55	1000	АІР 71 В4, 0,55 кВт, 1000 об/хв
Привід дозатора	М1	0,55	1000	АІР 71 В4, 0,55 кВт, 1000 об/хв
Привід форсунки	М4	0,37	3000	АІР 63 В4, 0,37 кВт, 3000 об/хв
Шнек завантаження	М3	2,2	1000	АІР 90 S4, 2,2 кВт, 1000 об/хв
Шнек вивантаження	М2	1,1	1000	АІР 80 А4, 1,1 кВт, 1000 об/хв
Привід мішалки	М6	0,2	3000	DC 12 В, колекторний Постійного струму

3.3. Розробка схеми розташування електрообладнання зернопункту

Розробка схеми розташування електрообладнання зернопункту повинна базуватися на забезпеченні безпечної, надійної та зручної експлуатації всієї електричної системи. При цьому необхідно враховувати специфіку технологічного процесу, особливості приміщень та вимоги нормативних документів щодо електробезпеки.

Передусім, схема повинна передбачати раціональне розташування основних електричних приладів і апаратури з урахуванням їх функціонального призначення та взаємозв'язку між собою. Електрообладнання розміщується таким чином, щоб забезпечити мінімальні втрати напруги і скоротити довжину електричних ліній, що підвищує загальну ефективність системи.

Важливо також передбачити зручний доступ до апаратів керування, захисту та контролю для технічного персоналу. Розташування обладнання повинно

відповідати ергономічним вимогам, з дотриманням безпечних відстаней і зони обслуговування, а також забезпечувати можливість швидкого реагування у разі аварійних ситуацій.

Схема має включати всі елементи – розподільні щити, автомати, пускозахисну апаратуру, трансформатори, електродвигуни та інші пристрої, що використовуються у системі електрифікації зернопункту. Відстані між обладнанням визначаються з урахуванням теплообміну та можливості вентиляції, що сприяє запобіганню перегріву.

Особливу увагу потрібно приділити заземленню та захисним заходам, що підвищують безпеку експлуатації електроустановок. Всі кабельні траси і електричні зв'язки повинні бути позначені чітко і логічно, що полегшує обслуговування та ремонти.

Крім того, схема повинна бути сумісною з автоматизованою системою керування, що дозволить інтегрувати електрообладнання з процесами контролю та регулювання технологічних параметрів.

Розроблена схема розташування електрообладнання установки для протрування наведена у графічній частині роботи.

4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПРОТРУЮВАННЯ ЗЕРНОВИХ

4.1. Опис технології протруювання насіння

Камерний протруйник насіння ПС-20 (рис. 4.1) представляє собою комплексний агрегат, що включає основні механізми: бункер для зберігання насіннєвого матеріалу, протруювальну камеру, ємність для робочої рідини, насос, шнеки для завантаження та вивантаження, а також механізм обертання передніх коліс із електроприводом, блок керування потоком рідини та шафу управління.



Рис. 4.1. Зовнішній облік конструкції протруювального апарату ПС-20

Всі складові агрегату змонтовані на каркасній рамі, встановленій на колесах із пневматичними шинами. Вивантажувальний шнек має можливість підніматися та опускатися за допомогою ручної лебідки, якою керує оператор. Завантажувальний шнек можна переводити між робочим та транспортним положеннями за допомогою спеціального важеля. Резервуар заповнюється чистою технічною водою і служить для промивання гідравлічних систем протруювача, а

також для миття рук операторів.

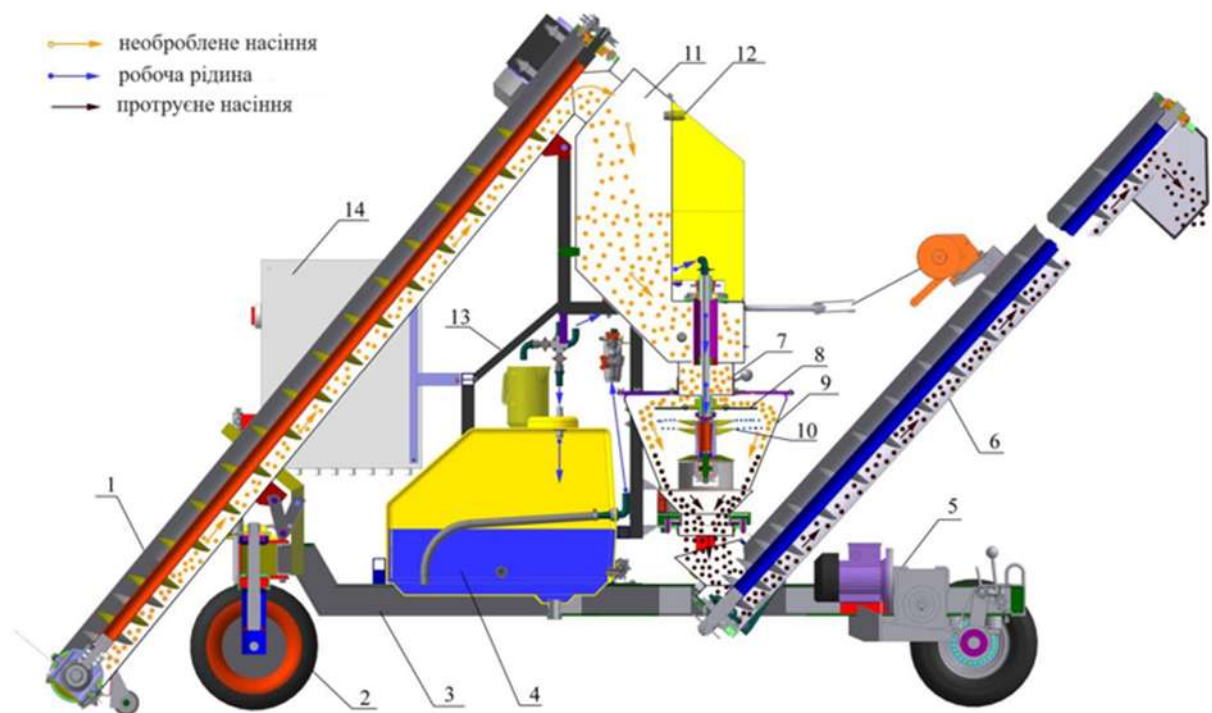


Рис. 3.2.— Технологічна схема протруювача ПС-20

1 — шнек завантажувальний; 2 — колеса керуючі; 3 — рама; 4 — бак; 5 — привід колес; 6 — шнек вивантажувальний; 7 — заслінка дозатора зерна; 8 — диск дозатора зерна; 9 — камера протруювання; 10 — форсунка; 11 — бункер; 12 — датчик рівня; 13 — вузол розподілу рідини; 14 — шафа управління.

Протруювач здійснює такі основні технологічні процеси: приготування робочої рідини, самостійне завантаження насіння, протруювання зерна, вивантаження обробленого насіння у завантажувачі сівалок, а також промивання гідравлічних комунікацій.

Принцип роботи протруювача полягає у наступному. Необроблене зерно через завантажувальний шнек (позначений як 1) надходить у бункер (11). З бункера насіння потрапляє в протруювальну камеру (9), де за допомогою диска-дозатора (8) рівномірно розподіляється по всьому об'єму камери. Робоча рідина з резервуара (4) подається насосом-дозатором у камеру, а через форсунку (10) відбувається її розпилення, що забезпечує процес протруювання. Після обробки зерно

вивантажується із камери за допомогою шнека (6) і фасується у відповідну тару.

4.2. Технологічні вимоги до системи автоматизації процесу протруювання насіння

Система автоматизації процесу протруювання насіння повинна забезпечувати повний контроль і керування основними операціями, що виконуються камерним протруйником ПС-20. Вона має гарантувати стабільну, ефективну та безпечну роботу агрегату відповідно до технологічного циклу:

- система автоматизації повинна забезпечувати автоматичний контроль і регулювання подачі насіннєвого матеріалу через завантажувальний шнек із підтриманням оптимальної швидкості транспортування;

- необхідно передбачити автоматичне визначення рівня насіння в бункері для запобігання його переповненню або вичерпанню, що гарантуватиме безперервність технологічного процесу;

- система має забезпечувати точне дозування робочої рідини та підтримку необхідного тиску подачі через форсунки для якісного розпилення та рівномірного протруювання зерна;

- автоматичне керування насосом-дозатором повинно забезпечувати стабільність подачі робочої рідини, а також своєчасне виявлення та сигналізацію про аварійні ситуації, такі як відсутність рідини або засмічення форсунок;

- система повинна реалізувати плавний запуск, регулювання швидкості обертання і зупинку електроприводу передніх коліс із контролем параметрів навантаження для захисту механізму від перевантажень;

- система має інтегруватися з шафою управління протруювального апарата для централізованого контролю всіх процесів;

- загальною вимогою є підвищення продуктивності протруювача, зменшення впливу людського фактору, забезпечення безпеки експлуатації і стабільності якості обробки насіння.

4.3. Складання принципової електричної схеми керування протруювачем

На рис. 4.3 та 4.4 показано принципову електричну схему системи керування протруювачем.

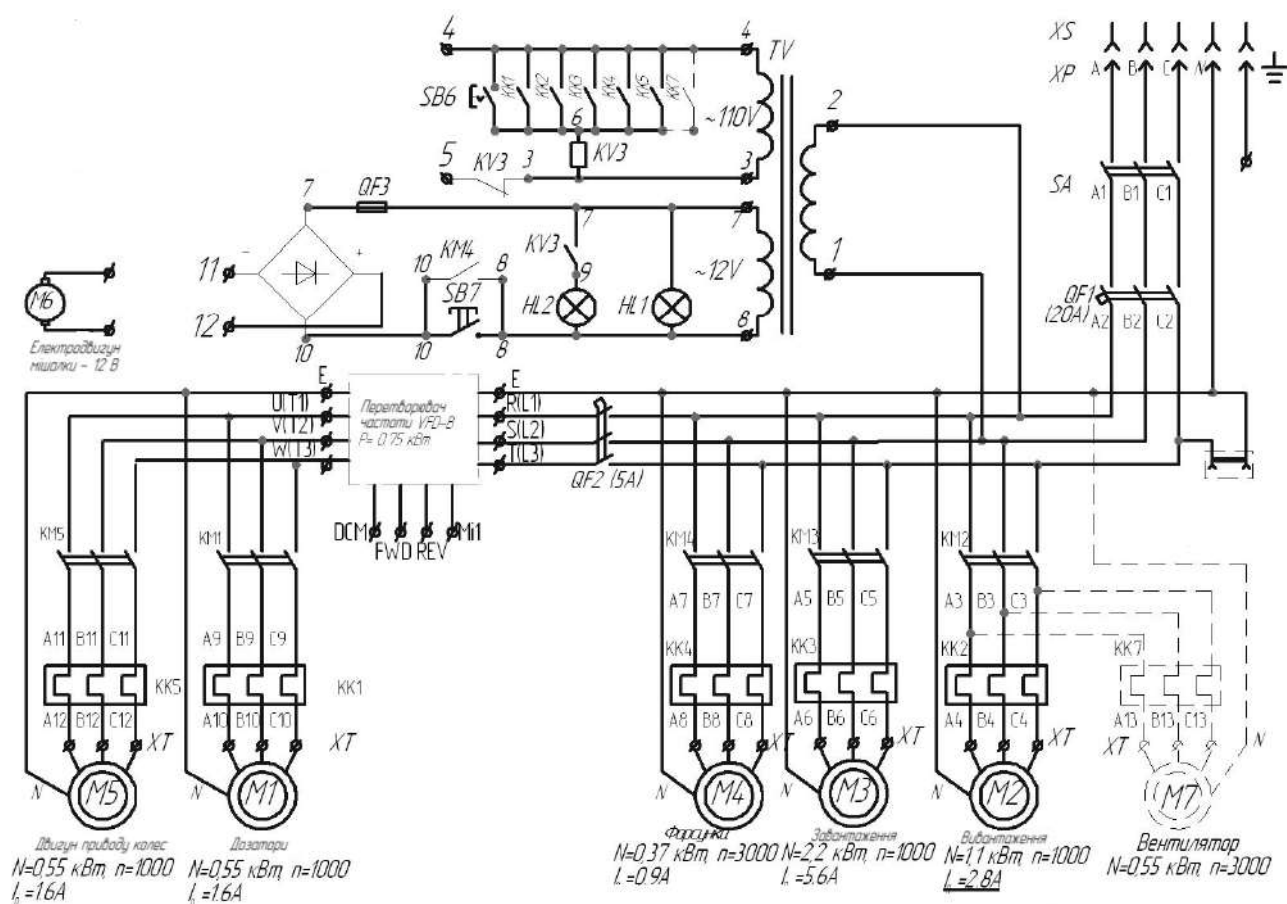


Рис. 4.3. Силова частина принципової електричної схеми системи керування протруювачем

Запропонована система керування забезпечує роботу протруювального пристрою у двох основних режимах:

– режим налагодження («Н») – призначений для перевірки електрообладнання, регулювання та налаштування механізмів і систем, підготовки робочої рідини, а також для промивання гідравлічних комунікацій;

– режим автоматичного керування («А») – здійснює протруювання насіння під час забору його з буртів.

Під час роботи протруювача у режимі «А», при встановленні перемикача в відповідне положення, активуються двигуни приводу коліс, завантажувального та вивантажувального шнеків, насоса мішалки, розпилювача робочої рідини та вентилятора системи аспірації (за наявності). Ручки кранів у блоці керування потоком рідини повинні бути встановлені в положення, відповідне режиму протруювання.

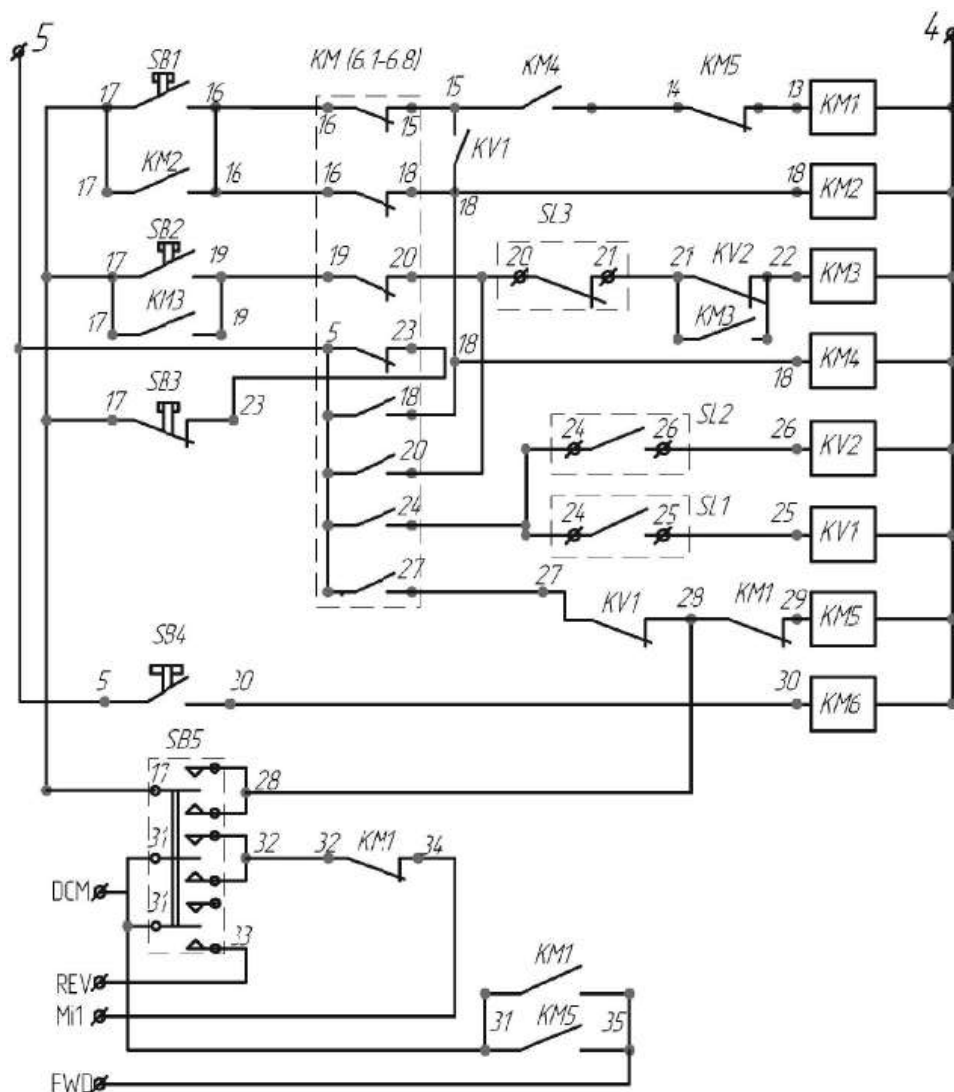


Рис. 4.4. Коло керування принципової електричної схеми протруювача

Протруювач рухаючись вперед, одночасно при цьому бункер завантажується зерновою масою. При досягненні зерном рівня нижнього датчика запускаються привод насоса-дозатора та привод дозатора насіння, а також ЕД приводу коліс. Робоча рідина починає надходити на форсунки для розпилення.

Процес протруювання розпочинається. Якщо рівень насіння у бункері досягає верхнього датчика, запускається двигун завантажувального шнека.

Коли кількість зерна опускається нижче середнього датчика, двигун завантажувального шнека активується. Якщо рівень опускається нижче нижнього датчика, відбувається вимкнення двигунів насоса-дозатора та дозатора насіння, і знову вмикається привід коліс. Подача робочої рідини припиняється, а протравлювач продовжує рух вперед до зернових буртів.

У систему керування пристрою інтегровано частотний перетворювач, що регулює швидкість обертання валів електродвигунів приводу коліс і дозаторів. Цей перетворювач оснащений комплексним захистом від різних аварійних ситуацій, серед яких:

- захист від надмірних струмів навантаження та коротких замикань на виході, включно з замиканням вихідної фази на землю;
- запобігання перегріву радіатора;
- захист від критичних відхилень і раптових зникнень напруги в мережі живлення;
- обмеження несанкціонованого доступу до програмованих налаштувань за допомогою пароля.

4.4. Розробка схеми з'єднань

Схема з'єднань системи автоматизації протруювача насіння базується на структурі, що передбачає централізоване керування електроприводами, насосом-дозатором, електромагнітним клапаном подачі протруйника, а також передбачає контроль параметрів роботи агрегату (рівень рідини, аварійні сигнали, зупинка при перевантаженні тощо).

Розробка схеми з'єднань системи автоматизації керування протруювачем повинна відповідати чинним стандартам електробезпеки, надійності та технологічної ефективності. Вона забезпечує централізоване, безпечне та стабільне керування усіма елементами процесу протруювання насіння.

Усі компоненти автоматизації мають бути взаємопов'язані в єдину систему відповідно до послідовності технологічного процесу. При проєктуванні слід забезпечити чітку логіку запуску, контролю та зупинки обладнання, дотримання правильного порядку включення виконавчих механізмів, а також урахування аварійних і блокувальних сигналів.

Схема має враховувати гальванічну розв'язку між силовими та контрольними колами, застосування елементів захисту від перенапруг, короткого замикання, перевантаження та зниження напруги. Усі з'єднання повинні бути доступними для обслуговування, чітко маркованими, із застосуванням стандартних клемників та кабель-каналів. Прокладка проводів повинна виконуватись з урахуванням пожежної безпеки, з дотриманням мінімального радіусу вигину та вимог електромагнітної сумісності.

Управління виконавчими механізмами повинно забезпечуватись із безпечної зони, кнопкові пости мають бути водо- та пилозахищеними відповідно до умов експлуатації (не нижче IP54). Програмне або релейне керування повинно забезпечувати можливість аварійного відключення всього обладнання однією кнопкою з фіксацією стану.

Схема наведена в графічній частині роботи.

4.5. Розробка схеми підключень

Схема підключення силового електрообладнання протруювача насіння передбачає надійне і безпечне живлення електродвигунів, захист від перевантажень, коротких замикань, а також можливість ручного та автоматичного керування роботою виконавчих механізмів.

Усі силові споживачі – асинхронні трифазні електродвигуни (M1–M5) та один двигун постійного струму (M6) – підключаються до мережі напругою 380 В (для змінного струму) та 12 В (для постійного струму) через відповідні автоматичні вимикачі, магнітні пускачі, теплові реле та інші елементи захисту.

Для двигунів змінного струму підключення реалізується через автоматичний

вимикач (типу Schneider Electric серії Easy9 або Acti9), який захищає лінію від струмів короткого замикання, і далі – через магнітний пускач (серії Schneider LC1-K або LC1-D), керований кнопковим постом або ПЛК. У ланцюг пуску включено теплове реле (Schneider LRD), яке відключає двигун при перевантаженні.

Частотний перетворювач (наприклад, Altivar ATV312) використовується для керування двигуном M5 – приводу коліс. Він забезпечує плавний пуск і зупинку, а також регулювання швидкості обертання.

Провідники обираються з урахуванням струмів навантаження, допустимих тривалих струмів для кабелів у металорукаві, температурних умов і способу прокладки.

Схема також передбачає наявність шин заземлення, які забезпечують підключення кожного металевого корпусу обладнання для безпеки персоналу. Для живлення керуючих і сигнальних ланцюгів передбачено окреме джерело 220 В або перетворювач на 24 В DC.

Схема наведена в графічній частині роботи.

4.6. Обґрунтування вибору частотного перетворювача для протруювача насіння

У системі електроприводу камерного протруювача насіння ПС-20 важливим елементом є частотний перетворювач, який забезпечує регулювання обертів електродвигуна приводу коліс. Це дає змогу точно підлаштувати швидкість руху агрегата відповідно до режимів роботи та технологічних потреб.

Вимоги до частотного перетворювача:

- забезпечення регулювання швидкості асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором;
- сумісність із двигуном потужністю 0,55–1,1 кВт, робочою напругою 380 В, частотою 50 Гц;
- трифазне живлення на вході та трифазний вихід;
- можливість налаштування прискорення та гальмування;

- наявність захисту від перенавантаження, короткого замикання, перегріву та зниження напруги;
- підтримка керування частотою за аналоговим або цифровим сигналом;
- робота в умовах підвищеної запиленості, з вологістю до 80% при температурі до +40 °С;
- мінімальний ступінь захисту корпусу – IP20 (рекомендовано IP54 і вище у випадку монтажу без шафи).

Правила вибору частотного перетворювача:

- потужність перетворювача повинна перевищувати потужність електродвигуна на 10–20% для забезпечення стабільної роботи при перевантаженнях і пікових навантаженнях;
- підбір здійснюється відповідно до номінального струму двигуна, а не тільки за потужністю;
- враховуються умови охолодження (вентильований або природний теплообмін), тип монтажу, температура навколишнього середовища;
- при необхідності гальмування електродвигуна обирається модель з вбудованим або зовнішнім гальмівним блоком;
- у разі використання в автоматизованій системі — перевіряється наявність інтерфейсів обміну даними (Modbus, CANopen, RS-485 тощо).

Для приводу привідних коліс та дозатора протруювача ПС-20 з електродвигунами потужністю 0,55 кВт рекомендовано застосувати частотний перетворювач потужністю 1,1 кВт.

Обираємо до установки на протруювач модель: Schneider Electric Altivar 312 ATV312HU11N4 (рис. 4.5). Технічні параметри частотного перетворювача наведено в таблиці 4.1.



Рис. 4.5. Перетворювач Schneider Electric Altivar 312 ATV312HU11N4

Таблиця 4.1. – Основні характеристики Schneider Electric Altivar ATV12H075M2.

Параметр	Значення
Потужність	1,1 кВт
Номінальна напруга	3×380 В
Частота	0,5...400 Гц
Номінальний струм	3,4 А
Спосіб охолодження	Примусове повітряне
Захист	IP20 (при монтажі у шафі), вбудовані захисти від перенавантаження, короткого замикання
Інтерфейси	Аналоговий вхід, Modbus, цифрові входи
Температурний діапазон	-10 °С ... +50 °С

Таблиця налаштувань частотного перетворювача для керування привідним механізмом переміщення та дозатором наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. – Таблиця налаштувань частотного перетворювача

Параметр	Позначення	Значення	Опис
Номінальна потужність двигуна	P_n	0,55 кВт	Вводиться згідно з паспортними даними
Номінальна напруга двигуна	U_n	380 В	Напруга обмоток двигуна
Номінальний струм двигуна	I_n	1,6 А	Для правильного контролю струмового захисту
Номінальна частота	f_n	50 Гц	Частота мережі та двигуна
Номінальна швидкість обертання	n_n	1000 об/хв	Паспортне значення
Максимальна частота	f_{max}	60 Гц (або 70)	Для забезпечення прискорення при необхідності
Мінімальна частота	f_{min}	5–10 Гц	Для повільного старту або точного дозування
Час розгону	t_{acc}	3–5 с	Регулюється відповідно до інерційності механізму
Час гальмування	t_{dec}	3–5 с	При зупинці або зміні напрямку
Тип керування	-	V/F або Sensorless Vector	У разі простого приводу достатньо V/F
Тип запуску	-	Плавний	Плавний пуск для зменшення ударних навантажень
Захист від перевантаження	-	Вмикається	Поріг приблизно 110% від номінального струму двигуна

4.7. Розробка рекомендацій щодо усунення можливих несправностей системи автоматизованого керування протруювачем

У процесі експлуатації автоматизованої системи керування протруювачем насіння можуть виникати певні несправності, пов'язані як із електротехнічними

складовими (електродвигуни, частотні перетворювачі), так і з механічними або гідравлічними вузлами машини. Для забезпечення стабільної та безпечної роботи обладнання важливо своєчасно виявляти, діагностувати та усувати такі відхилення. Нижче подано узагальнені типові несправності, їх можливі причини та рекомендовані методи усунення.

Таблиця 4.2. – Типові несправності системи автоматизації протруювача, їх можливі причини та рекомендовані методи усунення

№ з/п	Ознака несправності	Ймовірна причина	Спосіб усунення
1	Не вмикається електродвигун	Відсутнє живлення; аварійне відключення	Перевірити напругу живлення; скинути аварію на частотнику
2	Двигун працює з ривками або нестабільно	Некоректні налаштування частотного перетворювача	Перевірити параметри: частота, струм, час розгону та гальмування
3	Немає подачі робочої рідини до камери	Повітря в системі; засмічення форсунки або трубок	Прокачати систему, прочистити форсунки та фільтри
4	Протруювач не реагує на натискання кнопок управління	Відсутній сигнал із кнопкової панелі або ПЛК	Перевірити контакти, підключення до ПЛК, стан кабелів
5	Помилка на дисплеї частотного перетворювача (наприклад, "OV", "OC")	Перевантаження двигуна, перенапруга, коротке замикання	Зняти навантаження, перевірити ізоляцію та навантаження, перезапуск
6	Витік робочої рідини	Пошкодження трубопроводу або з'єднань	Перевірити всі з'єднання та шланги, замінити пошкоджені
7	Нерівномірне або неповне протруювання насіння	Несправність дозуючого насоса або форсунки	Перевірити продуктивність насоса, прочистити або замінити форсунки

8	Програмний збій у контролері	Втрата прошивки або помилка програми	Перепрошити контролер, завантажити резервну копію програмного забезпечення
9	Перегрів електродвигуна	Забруднення, недостатнє охолодження	Очистити систему охолодження, перевірити вентиляцію
10	Самовимкнення всього обладнання	Спрацювання захисного автомата	Перевірити споживану потужність, причину короткого замикання

Наведена таблиця може бути використана оператором або обслуговуючим персоналом як довідковий документ під час технічного обслуговування, пусконаладжувальних робіт та експлуатації протруювача типу ПС-20.

5. ПРОЄКТУВННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ 0,4 КВ ЗЕРНОПУНКТУ

5.1. Вибір системи живлення обладнання

Для забезпечення надійної та безпечної роботи технологічного обладнання зернопункту, зокрема системи протруювання насіння та інших енергоспоживачів післязбиральної обробки, необхідно правильно обрати систему живлення. З урахуванням характеру споживачів, потужності обладнання, умов експлуатації та вимог нормативної документації, для електропостачання зернопункту приймається система трифазного змінного струму напругою 380/220 В, частотою 50 Гц, із заземленою нейтраллю трансформатора.

Обґрунтованим вибором є система TN-S або TN-C-S, залежно від рівня надійності електропостачання, протяжності мереж, типу ґрунтів та специфіки монтажу. У випадку використання TN-C-S на вводі виконується повторне заземлення PEN-провідника з подальшим розділенням на PE і N.

Така система забезпечує:

- безпеку персоналу при експлуатації електрообладнання;
- можливість використання стандартного електротехнічного обладнання без необхідності спеціального захисту;
- сумісність із системами автоматизації, частотними перетворювачами, контролерами;
- мінімізацію втрат напруги при достатньому перерізі кабелів.

Сумарна потужність електроприймачів зернопункту передбачає використання трифазного живлення з резервом на перспективне розширення. Система живлення повинна передбачати установку головного ввідного розподільчого щита (ГВРЩ), із якого живитимуться всі технологічні ділянки та системи автоматизації.

У зв'язку з наявністю двигунів, насосів, шнеків, освітлення та силових споживачів, кабельна мережа проєктується на основі радіальної схеми з окремими групами захисту, а також із врахуванням струмових навантажень, механічних умов

та можливості аварійного відключення.

5.2. Розрахунок струмів навантаження

Для розрахунку струму трифазного асинхронного електродвигуна застосовується наступна формула:

$$I = \frac{P \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta}, \quad (5.1)$$

де P – потужність електродвигунів протруювача, кВт;

$U_{\text{л}}$ – лінійна напруга, В (для трифазної мережі 380 В);

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності (зазвичай для асинхронних двигунів 0,8-0,9);

η – ККД електродвигуна (зазвичай береться 0,85–0,92 залежно від типу і потужності);

$\sqrt{3} \approx 1,73$ – коефіцієнт для трифазної системи

Якщо електродвигун однофазний, використовується спрощена формула:

$$I = \frac{P \cdot 1000}{U \cdot \cos\varphi \cdot \eta}. \quad (5.2)$$

Для двигунів постійного струму:

$$I = \frac{P \cdot 1000}{U \cdot \eta}. \quad (5.3)$$

Як приклад визначаємо струм електродвигуна шнеку завантаження протруювача:

$$I_{M3} = \frac{2,2 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,88} = 4,75 \text{ A.}$$

За аналогією рахуємо струми інших електродвигунів протруювача. Результати розрахунку наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. – Розрахунок струмів ЕД протруювача

Поз.	Призначення	Потужність (кВт)	Частота обертання валу (об/хв)	Розрахунковий струм(А)
М1	Привід дозатора	0,55	1000	1,19
М2	Шнек вивантаження	1,1	1000	2,37
М3	Шнек завантаження	2,2	1000	4,75
М4	Привід форсунки	0,37	3000	0,80
М5	Привід колес	0,55	1000	1,19
М6	Привід мішалки	0,2	3000	22,2

Струм групової ділянки знайдемо за виразом:

$$I_p = K_0 \cdot \sum I_H, \quad (5.2)$$

$$I_{\text{груп. А1-А2}} = 1 \cdot (1,19 + 2,37 + 4,75 + 0,8 + 1,19 + 22,2) = 32,5 \text{ A}$$

5.3. Вибір провідників силової мережі

Вибір провідників для силової мережі зернопункту здійснюється на основі розрахованих струмів навантаження, довжини ліній, умов прокладання та допустимих струмових навантажень згідно з ПУЕ та ДСТУ. Основними критеріями при виборі провідників є: забезпечення надійного живлення обладнання, недопущення перегріву проводів, мінімальні втрати напруги, відповідність

механічній міцності та безпеці експлуатації.

Для живлення електродвигунів зернопункту доцільно використовувати мідні кабелі з м'якими жилами у ПВХ-ізоляції типу ВВГнг-LS або NYM (для стаціонарного прокладання в середині приміщень), а також ПВС – для з'єднань з рухомим обладнанням.

Основна умова вибору проводів та кабелів за тривалодопустимими струмами:

$$I_{тр.пр} \geq I_{розр}. \quad (5.4)$$

Результати вибору провідників для живлення обладнання протруювача відповідно до розрахункових струмів (табл. 5.1) наведено в таблиці 5.2 [12].

Таблиця 5.2. – Результати вибору провідників для живлення обладнання протруювача

Поз.	Потужність, кВт	Розр. струм, А	Рекомендований кабель (мідь, 380 В)	Тривало-допустимий струм, А	Переріз, мм ²
М1	0,55	1,19	ВВГнг-LS 4x1,5	16	1,5
М2	1,1	2,37	ВВГнг-LS 4x1,5	16	1,5
М3	2,2	4,75	ВВГнг-LS 4x2,5	16	1,5
М4	0,37	0,80	ВВГнг-LS 4x1,5	16	1,5
М5	0,55	1,19	ВВГнг-LS 4x1,5	16	1,5
М6 (DC)	0,2	22,2	ПВС 3x2,5 (12 В, короткий відрізок)	25	2,5
А1-А2	5	32,5	ПВС 5x4	35	4

Для зернопункту доцільно обрати прокладання силової мережі у металорукаві, що забезпечує надійний захист провідників у виробничих умовах. Такий спосіб монтажу дозволяє захистити кабелі від механічних пошкоджень, дії

пилу, вологи та агресивних середовищ, що характерні для об'єктів аграрної інфраструктури, зокрема у процесі протруювання насіння. Гнучкість металорукава дає змогу легко монтувати проводку до обладнання, яке потребує періодичного переміщення або технічного обслуговування, як-от шнеки чи мішалки.

Кабелі прокладаються всередині металорукава з кріпленням по стінах або елементах конструкцій приміщення. Такий спосіб виключає провисання проводів, зменшує ризик механічного зносу та забезпечує акуратність монтажу. Для герметичного введення кабелю в шафи управління та розподільчі коробки використовуються спеціальні кабельні вводи. Також передбачається надійне заземлення металорукава з обох боків, що забезпечує не лише захист провідників, але й виконує роль електромагнітного екрану.

Прокладання в металорукаві є сучасним, технологічно обґрунтованим рішенням, яке відповідає вимогам правил улаштування електроустановок, забезпечує пожежну безпеку та зручність при експлуатації й обслуговуванні електричних мереж зернопункту.

5.4. Вибір автоматичних вимикачів

Для надійного та безпечного захисту електродвигунів і кабельних ліній зернопункту на етапі проектування системи електропостачання важливим є обґрунтований вибір автоматичних вимикачів. Автоматичні вимикачі виконують функцію захисту електричних ланцюгів від перевантаження, короткого замикання та нештатних режимів роботи, запобігаючи пошкодженню обладнання й виникненню пожежонебезпечних ситуацій.

Під час вибору автоматичних вимикачів ураховується номінальний струм споживача, пускові струми електродвигунів, тип навантаження та характеристики автоматів. Номінальний струм автоматичного вимикача має перевищувати робочий струм навантаження на 10–20 %, щоб уникнути хибного спрацювання під час пуску двигуна. Також враховується час-струмова характеристика вимикача – для двигунів доцільно застосовувати автоматичні вимикачі з характеристикою «С»,

які витримують пускові струми в межах 5–10 крат робочого струму.

Для системи електропостачання зернопункту доцільно використовувати автоматичні вимикачі Schneider Electric серії Acti 9 iC60, які відзначаються надійністю, довговічністю, точністю спрацювання та відповідністю вимогам промислової експлуатації. Ці автомати мають широкий діапазон номіналів, високі комутаційні характеристики, класичну криву спрацювання типу «С», що ідеально підходить для захисту електродвигунів із типовими пусковими струмами.

З урахуванням умов вибору апаратури (див. додатки) та розрахованих струмів (табл. 5.1) нижче наведено таблицю вибраних автоматичних вимикачів Schneider Electric для захисту електродвигунів у системі протруювання (табл. 5.3).

Таблиця 5.3. – Таблиця вибраних автоматичних вимикачів для захисту електродвигунів у системі протруювання

Позн.	$I_{роз}, A$	Тип та серія автоматичного вимикача	$I_{Н.АВ},$ A	$I_{Т.Р.},$ A	$I_{ВДС.ЕМ.Р},$ A
QF1	32,5	АВДТ Schneider Electric iCV40 40А, С, 3Р+N, 6 kA, 30 mA, АС (диференціальний)	40	40	400
QF2	2,4	iC60N 3P 4A C Schneider Electric A9F74304	4	4	40

5.5. Вибір магнітних пускатів

Вибір магнітних пускатів для системи електроприводів зернопункту здійснюється на основі потужності електродвигунів, їх робочої напруги, величини пускового струму та режиму роботи. Магнітні пускати призначені для ввімкнення/вимкнення асинхронних двигунів, а також забезпечення їх теплового та електромагнітного захисту у складі автоматизованих систем керування.

З урахуванням умов вибору апаратури (див. додатки) та розрахованих струмів (табл. 5.1) нижче наведено таблицю магнітних пускатів Schneider Electric для запуску та керування електродвигунами у системі протруювання (табл. 5.4).

Таблиця 5.4. – Таблиця вибраних магнітних пускачів для системи протруювання

Позн.	$I_{роз}, A$	Тип та серія магнітного пускача	$I_{Н.МП},$ A	$U_{Н.МП},$ B	$U_{кот.кер},$ B
КМ1	1,19	Schneider Electric TeSys D LC1D09	9	380	110
КМ2	2,37	Schneider Electric TeSys D LC1D09	9	380	110
КМ3	4,75	Schneider Electric TeSys D LC1D09	9	380	110
КМ4	0,80	Schneider Electric TeSys D LC1D09	9	380	110
КМ5	1,19	Schneider Electric TeSys D LC1D09	9	380	110

5.6. Вибір теплових реле

Теплові реле призначені для захисту електродвигунів від перевантажень тривалої дії, що можуть спричинити перегрів обмоток та пошкодження ізоляції. Вони встановлюються у парі з магнітними пускачами і спрацьовують при перевищенні струму понад встановлене значення упродовж заданого часу, розмикаючи контакти та зупиняючи двигун.

З урахуванням умов вибору апаратури (див. додатки) та розрахованих струмів (табл. 5.1) нижче наведено таблицю магнітних пускачів Schneider Electric для запуску та керування електродвигунами у системі протруювання (табл. 5.5). У нашому випадку доцільно використовувати теплові реле серії Schneider Electric TeSys LRD, які встановлюються безпосередньо на контактори серії LC1D.

Таблиця 3.4 – Таблиця вибраних теплових реле для системи протруювання

Позн.	$I_{роз}, A$	Тип та серія теплого реле	$I_{Н.ТР},$ A	$U_{Н.ТР},$ B	Тип монтажу
КК1	1,19	Schneider Electric	1,0-1,6	600	вбудоване

		TeSys LRD08			
KK2	2,37	Schneider Electric TeSys LRD10	1,6-2,5	600	вбудоване
KK3	4,75	Schneider Electric TeSys LRD16	4,0-6,0	600	вбудоване
KK4	0,80	Schneider Electric TeSys LRD07	0,63-1,0	600	вбудоване
KK5	1,19	Schneider Electric TeSys LRD08	1,0-1,6	600	вбудоване

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація роботи з охорони праці при протруюванні зернових.

Організація роботи з охорони праці при протруюванні зернових починається з чіткого планування заходів, спрямованих на забезпечення безпеки працівників. Планування включає визначення обсягу робіт, необхідних ресурсів і розробку заходів для мінімізації ризиків, пов'язаних із застосуванням хімічних речовин. Важливо, що фінансування цих заходів здійснюється заздалегідь, виділяються кошти на придбання засобів індивідуального захисту, спеціального одягу, а також на проведення навчань і атестацій працівників. Цей аспект є ключовим для створення безпечних умов праці та запобігання професійним захворюванням.

Колективний договір часто містить окремий розділ, присвячений охороні праці, де прописуються права та обов'язки сторін, а також конкретні заходи щодо поліпшення умов роботи. Такий розділ визначає стандарти безпеки, порядок забезпечення працівників спецодягом і засобами захисту, а також регламентує умови проведення навчань і контролю за їх дотриманням. Це формує правову базу для реалізації політики охорони праці на підприємстві.

Навчання працівників організовується систематично та включає теоретичні та практичні заняття, засновані на наявних програмах, які відповідають специфіці роботи з пестицидами і протруювачами. Використовуються інструкції з охорони праці, які розроблені з урахуванням чинних нормативів і особливостей технологічного процесу. Ведуться журнали реєстрації інструктажів, що підтверджують проходження навчання кожним працівником, а також протоколи атестації, які документують їхню готовність до виконання робіт із дотриманням безпеки. Такий системний підхід дозволяє знизити ризики виробничих травм і отруєнь.

Забезпечення спецодягом і засобами індивідуального захисту є обов'язковою складовою охорони праці при протруюванні зернових. Працівникам надають комбінезони, рукавички, захисні окуляри, респіратори або маски, які захищають від впливу токсичних речовин. Крім того, передбачене санітарно-побутове

забезпечення, яке включає душові, рукомийники і відповідні засоби гігієни, що дозволяють своєчасно усувати забруднення та запобігати проникненню отруйних речовин в організм. Ці заходи сприяють підтриманню здоров'я персоналу та підвищенню ефективності роботи.

Відповідальність за організацію і контроль дотримання норм охорони праці покладається на конкретних посадових осіб, зазвичай це керівник підприємства, спеціаліст з охорони праці та безпосередні керівники робіт. Вони несуть персональну відповідальність за виконання вимог безпеки, проведення навчань, забезпечення працівників необхідними засобами і своєчасне реагування на порушення. Така система управління охороною праці дозволяє ефективно контролювати безпечне виконання робіт, знижувати кількість інцидентів і створювати здорове робоче середовище.

Потенційні небезпеки при виконанні протруювання зернових. При виконанні протруювання зернових потенційні небезпеки пов'язані насамперед із впливом хімічних речовин – протруйників, які можуть бути токсичними для людини. Контакт із такими отруйними засобами може призвести до гострих отруєнь через шкіру, дихальні шляхи або слизові оболонки, особливо якщо працівники не користуються засобами індивідуального захисту. Окрім того, пил від зерна, що потрапляє у повітря під час обробки, може викликати подразнення дихальних шляхів, алергічні реакції або навіть хронічні захворювання легенів.

Ще одна небезпека – це ризик пожежі або вибуху, особливо якщо у процесі застосовуються легкозаймисті або леткі речовини, а обладнання і місце проведення робіт не відповідають вимогам пожежної безпеки. Механічні травми теж можуть траплятися через роботу із спеціалізованою технікою для протруювання або під час підготовчих і допоміжних операцій, наприклад, при завантаженні і транспортуванні зерна.

Психофізіологічні ризики виникають через монотонність роботи, вплив хімічних запахів, що може призводити до зниження концентрації уваги і підвищує ймовірність помилок. Також існує небезпека зараження через недотримання правил гігієни та відсутність належного санітарно-побутового забезпечення, що

може викликати захворювання шкіри, очей і дихальних шляхів. Усі ці фактори вимагають суворого контролю, дотримання технологічних процесів і постійного використання засобів захисту..

Рекомендації щодо впровадження безпечних і здорових умов праці. Для впровадження безпечних і здорових умов праці при протруюванні зернових слід насамперед забезпечити повний комплекс організаційних та технічних заходів. Важливо ретельно планувати роботи, враховуючи всі потенційні ризики, і дотримуватися встановлених технологічних норм та інструкцій з охорони праці. Обов'язковим є регулярне навчання працівників, що включає як теоретичну підготовку, так і практичні заняття щодо правильного використання засобів індивідуального захисту і дотримання безпечних прийомів роботи.

Серед ключових заходів – забезпечення всіх працівників якісним спецодягом, респіраторами, рукавичками, захисними окулярами та іншими засобами індивідуального захисту, які відповідають стандартам і нормам безпеки. Особливу увагу слід приділяти санітарно-побутовому забезпеченню: наявність душових, рукомийників, місць для зберігання спецодягу і гігієнічних засобів дозволяє запобігти проникненню шкідливих речовин у організм і знизити ризик захворювань.

Важливо також забезпечити належний технічний стан обладнання, що використовується для протруювання, та організувати його регулярне обслуговування і перевірку. Розробка і впровадження системи контролю за дотриманням норм охорони праці, включно з внутрішніми аудитами та моніторингом стану здоров'я працівників, допоможе виявляти і своєчасно усувати недоліки. Відповідальність за безпеку на робочих місцях має бути чітко розподілена між посадовими особами, що стимулює постійне поліпшення умов праці і знижує рівень виробничого травматизму.

Висновки. Впровадження комплексної системи охорони праці при протруюванні зернових забезпечує безпечні умови праці, мінімізує ризики отруєнь і травм, а також сприяє збереженню здоров'я працівників.

7. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Вступ. В умовах інтенсифікації аграрного виробництва та активного використання хімічних засобів захисту рослин екологічна безпека набуває особливого значення. Лінія протруювання зерна, яка забезпечує захист насіння від шкідників і хвороб, водночас може стати джерелом потенційного забруднення довкілля. Це пов'язано із застосуванням хімічних препаратів, які у разі неналежного поводження або недостатнього контролю можуть призводити до забруднення ґрунтів, поверхневих та підземних вод, а також негативно впливати на біорізноманіття регіону. У зв'язку з цим важливо провести детальний екологічний аналіз роботи зернопункту ТОВ «МХП-Урожайна країна», визначити основні джерела екологічних ризиків і розробити ефективні заходи для мінімізації негативного впливу на довкілля.

Вплив. Діяльність зернопункту ТОВ «МХП-Урожайна країна», зокрема лінія протруювання зернових, має комплексний вплив на людину, флору і фауну, що потребує особливої уваги з екологічної точки зору. Для людини основною загрозою є можливість контакту з хімічними препаратами, які використовуються для протруювання насіння. Це може спричинити негативні наслідки для здоров'я працівників підприємства та мешканців прилеглих територій через потрапляння шкідливих речовин у повітря, воду або на поверхні ґрунту. Токсичні сполуки можуть викликати алергічні реакції, отруєння, а при тривалому впливі – хронічні захворювання.

Щодо флори, хімічні речовини, які використовуються на лінії протруювання, можуть потрапляти у навколишнє середовище і впливати на рослинні угруповання. Забруднення ґрунту і води токсичними компонентами знижує родючість ґрунтів, порушує баланс мікроорганізмів і негативно позначається на рості і розвитку культурних і дикорослих рослин. Для фауни, особливо безхребетних, комах-опилювачів та інших корисних видів, хімічні речовини можуть бути смертельно небезпечними. Крім того, забруднення навколишнього середовища призводить до зниження біорізноманіття, порушення природних екосистем і ланцюгів живлення, що в цілому погіршує екологічний стан регіону.

Заходи. Для мінімізації негативного впливу лінії протруювання зернових ТОВ «МХП-Урожайна країна» на довкілля, здоров'я людей, флору і фауну необхідно впроваджувати комплекс заходів, спрямованих на підвищення екологічної безпеки виробничого процесу. В першу чергу, важливо забезпечити правильне зберігання і використання хімічних препаратів, дотримуючись усіх норм і вимог щодо безпеки та дозування. Впровадження систем контролю за витоком і розповсюдженням хімічних речовин дозволить зменшити забруднення навколишнього середовища.

Для захисту працівників слід організувати регулярне навчання з охорони праці, забезпечити їх засобами індивідуального захисту та контролювати дотримання санітарних норм на робочих місцях. Також доцільним є встановлення спеціалізованих фільтрів і вентиляційних систем, які мінімізують потрапляння шкідливих речовин у повітря. Управління відходами виробництва має бути організоване з урахуванням екологічних стандартів: своєчасний збір, утилізація та, за можливості, переробка небезпечних матеріалів. Крім того, необхідно регулярно контролювати стан ґрунтів і водних ресурсів у зоні впливу підприємства, щоб вчасно виявляти можливі забруднення і оперативно реагувати.

Важливим кроком є впровадження екологічно безпечних технологій та альтернативних, менш токсичних засобів протруювання, що дозволить знизити ризики для біорізноманіття і підтримати природний баланс у регіоні. Комплексний підхід до екологічного менеджменту сприятиме не лише збереженню довкілля, а й підвищенню ефективності та сталості роботи підприємства.

Висновки. Діяльність лінії протруювання зернових на зернопункті ТОВ «МХП-Урожайна країна» впливає на навколишнє середовище, здоров'я людей, флору і фауну через використання хімічних препаратів. Це може призводити до забруднення ґрунтів, води та повітря, створюючи екологічні ризики. Впровадження заходів безпеки, екологічного контролю та застосування менш токсичних технологій дозволить мінімізувати негативний вплив і забезпечити сталий розвиток підприємства.

8. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Реконструкція системи електрифікації зернопункту ТОВ «МХП-Урожайна країна», розташованого в Роменському районі Сумської області, є важливим кроком для підвищення ефективності та надійності технологічного процесу обробки зернових культур. Сучасна система електропостачання із впровадженням автоматизованої системи керування процесом хімічного протруювання зернових дозволить оптимізувати використання електроенергії, підвищити рівень автоматизації виробництва, забезпечити стабільність та безперервність технологічних операцій.

Впровадження автоматизованої системи керування процесом хімічного протруювання сприятиме зниженню втрат продукції, підвищенню якості обробки зерна, а також зменшенню витрат на експлуатацію обладнання і споживання енергоресурсів. Це, у свою чергу, позитивно вплине на економічні показники підприємства та підвищить конкурентоспроможність продукції.

Дане економічне обґрунтування містить аналіз капіталовкладень, розрахунок економічної ефективності проєкту, а також оцінку термінів окупності реконструкції системи електрифікації з урахуванням впровадження автоматизованої системи керування.

Таблиця 8.1. – Капіталовкладення

Найменування	Кількість	Вартість за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
Електродвигун АИР 71 В4, 0,55 кВт	2	3 500	7 000
Електродвигун АИР 63 В4, 0,37 кВт	1	3 200	3 200
Електродвигун АИР 90 S4, 2,2 кВт	1	5 800	5 800
Електродвигун АИР 80 А4, 1,1 кВт	1	4 500	4 500

Електродвигун DC 12 В, колекторний	1	1 500	1 500
Частотний перетворювач ATV312HU11N4	1	8 900	8 900
АВДТ Schneider Electric iCV40	1	1 800	1 800
Автомат iC60N 3P 4A	1	750	750
Контактор LC1D09	5	950	4 750
Теплове реле LRD08	2	850	1 700
Теплове реле LRD10	1	870	870
Теплове реле LRD16	1	890	890
Теплове реле LRD07	1	830	830
Кабель ВВГнг-LS 5x4 (15 м)	15	110	1 650
Кабель ПВС 3x2,5 (5 м)	5	35	175
Кабель ВВГнг-LS 4x1,5 (76 м)	76	28	2 128
Кнопка Harmony XB7	6	240	1 440
Сигнальна лампа Harmony XB7	2	270	540
Разом за обладнання:	-	-	48 423 грн

Монтажні роботи (орієнтовно 20% від вартості обладнання):

$$48423 \cdot 0,20 = 9684,60 \text{ грн}$$

Загальні капіталовкладення:

$$48423 + 9684,60 = 58107,60 \text{ грн}$$

Річна економія електроенергії (E_e):

$$E_e = W \cdot C \cdot P \quad (8.1)$$

$$E_{\varepsilon} = 160000 \cdot 6 \cdot 0,025 = 24000 \text{ грн / рік}$$

Термін окупності (T_o):

$$T_o = \frac{K}{E_{\varepsilon}} \quad (8.2)$$

$$T_o = \frac{58107,60}{24000} \approx 2,42 \text{ роки.}$$

Таблиця 8.2 – Техніко-економічні показники для базового та проектного варіантів реконструкції системи електрифікації зернопункту ТОВ «МХП-Урожайна країна»

Показник	Одиниця виміру	Базовий варіант	Проектний варіант
Річне споживання електроенергії (W)	кВт·год	160000	156000
Тариф на електроенергію (C)	грн/кВт·год	6,00	6,00
Річні витрати на електроенергію	грн	960000	936000
Економія витрат (E_{ε})	грн/рік	–	24000
Відносна економія енергії (P)	%	–	2,5
Капіталовкладення (K)	грн	–	58107,60
Термін окупності (T_o)	роки	–	2,42
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень (K_{ε})	відн. од. / %	–	0,413 / 41,3%

Висновки. Реконструкція системи електрифікації зернопункту ТОВ «МХП-Урожайна країна» з впровадженням автоматизованої системи керування процесом хімічного протруювання забезпечує щорічну економію витрат на електроенергію у розмірі 24000 грн за рахунок зменшення споживання на 2,5%, що дозволяє досягти терміну окупності 2,42 роки при капіталовкладеннях 58 107,60 грн. Отриманий коефіцієнт ефективності у 41,3% свідчить про високу економічну доцільність реалізації проекту.

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розроблено сучасну систему автоматизації процесу хімічного протруювання зернових, що забезпечує ефективне і безпечне керування технологічним обладнанням зернопункту. Було складено принципову електричну схему керування, а також схеми з'єднань і підключень, які дозволяють чітко організувати взаємодію між усіма компонентами системи.

Використання електродвигунів у поєднанні з частотним перетворювачем дозволило оптимізувати режим роботи обладнання, що сприяє зниженню енергоспоживання та підвищенню продуктивності. Система захисту, що включає автоматичні вимикачі, теплові реле та пристрої захисту від струмів витоку, гарантує безпеку експлуатації та надійність роботи електрообладнання.

Оптимально підібрані кабельні лінії та елементи керування забезпечують стабільність електропостачання та зручність в експлуатації. Впровадження автоматизованої системи дозволяє підвищити точність контролю процесу, знизити вплив людського фактора та покращити якість обробки зерна.

У роботі розроблено систему автоматизації процесу хімічного протруювання зернових, складено принципову електричну схему керування, схему з'єднань та схему підключень. Це дозволило забезпечити ефективне керування електросиловим обладнанням, підвищити надійність роботи системи та оптимізувати технологічний процес.

Реконструкція системи електрифікації зернопункту ТОВ «МХП-Урожайна країна» з впровадженням автоматизованої системи керування процесом хімічного протруювання забезпечує щорічну економію витрат на електроенергію у розмірі 24000 грн за рахунок зменшення споживання на 2,5%, що дозволяє досягти терміну окупності 2,42 роки при капіталовкладеннях 58107,60 грн. Отриманий коефіцієнт ефективності у 41,3% свідчить про високу економічну доцільність реалізації проєкту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Яковлєв В.Ф., Мунтян В.О., Куценко Ю.М., Коваль Д.М., Ільїн. Проектування систем електропостачання в АПК. Принципи побудови СЕП. Навчальний посібник – Мелітополь: «Люкс», 2007.– 178с.
3. Мазур, В. А., Поліщук І. С., Телекало, Н. В., & Мордванюк, М.О. (2020). *Рослинництво*. Вінниця: ТОВ «Друк».
4. Войтюк, Д. Г., Дубровін, В. О., & Іщенко, Т. Д. (2004). *Сільськогосподарські та меліоративні машини*. Київ: Вищаосвіта.
5. Подпрятков, Г. І., Рожко, В. І., & Скалецька, Л.Ф. (2014). *Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва*. Київ: Аграрна освіта.
6. Li, H., & Xu, L. (2022). Research on key technologies of planting machinery and combine harvester. *Agronomy*, 12(12), 3177. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123177>.
7. Kasymbekov, R., Temirbaeva, N. Y., Toktonaliev, B., Osmonov, Y. Z., & Aituganov, B. (2023). Designing a pre-sowing seed treatment method and a combined sowing rig. *IOP Conference Series*, 1206(1), 012030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1206/1/012030>.
8. Bozhkov, A. I., Kovalova, M. K., Azeez, Z. A., & Goltvjansky A. V. (2020). The effect of pre-sowing seed treatment on seedlings growth rate and their excretory activity. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11(1), 60-66. <https://doi.org/10.15421/022008>.
9. Semenov, A., Кожушко, Г. М., & Сахно, Т. В. (2019). Influence of UV radiation in pre-sowing treatment of seeds of crops. *Technology Audit and Production Reserves*, 1(3(45)), 30–32. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.159954>.
10. Mahajan, Y. A., Shinde, B. A., Torris, A., Gade, A. B., Patil, V. S., John, C. K., Kadoo, N. Y., & Nikam, T. D. (2023). Pre-Sowing Treatments, Seed Components and Water Imbibition Aids Seed Germination of *Gloriosa superba*. *Seeds*, 2(1), 15–29. <https://doi.org/10.3390/seeds2010002>.

11. Moumni, M., Brodal, G., & Romanazzi, G. (2023). Recent innovative seed treatment methods in the management of seedborne pathogens. *Food Security*, 15(5), 1365–1382. <https://doi.org/10.1007/s12571-023-01384-2>.
12. Wang, W., Peng, S., Chen, Q., Mei, J., Dong, H., & Nie, L. (2015). Effects of pre-sowing seed treatments on establishment of dry direct-seeded early rice under chilling stress. *Aob Plants*, 8. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plw074>.
13. Царенко, О. М., Войтюк, Д. Г., & Швайко, В. М. (2003). *Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів*. Київ: Мета.
14. Єременко, О. А., & Капінос, М. В. (2020). Вплив передпосівної обробки насіння на продуктивність сортів гороху посівного в умовах Південного Степу України. *Гельветика, Таврійський науковий вісник*, 113, 41–48.
15. Труш О.К., Бобро М.А., & Рожков А.О. (2018). Вплив передпосівної обробки бактеріальними препаратами насіння квасолі на основні елементи структури врожаю. *Селекція і насінництво*, 114, 120–127. DOI: 10.30835/2413-7510.2018.152146.
16. Ківа, О. В., & Ходурський, В. Є. (2020). Дослідження та розробка пристрою для передпосівної обробки насіння цукрового буряку. *ВІСНИК Полтавської державної аграрної академії*, 4, 176–178.
17. *Delta Electronics Ukraine*. (2023). Вилучено із: <https://deltaww.com.ua/index.php?route=common/home>.
18. ТОВ «Стандарт-прилад». (2023). Вилучено із: <https://standart-pribor.com.ua/product/datchik-dpu/>.
19. Мартиненко, І. І., Лисенко, В. П., Тищенко, Л. П., Болбот, І. М., & Олійник, П. В. (2008). *Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК*. Київ: НМЦ Мін-ва аграрної політики України.
20. Квітка, С. О., & Постнікова, М. В. (2018). *Проектування внутрішньої силової розподільчої мережі. Вибір та перевірка пуско-захисної апаратури*. Мелітополь: ТДАТУ.
21. АСКО-УКРЕМ – Українська електротехнічна корпорація. Каталог продукції. (2023). Вилучено із: https://www.acko.ua/e-store/xml_catalog/.

22. Березуцький, В. В. (2005). *Основи охорони праці: Навчальний посібник*. Харків: Факт.
23. Закон України "Про охорону праці" від 14 жовтня 1992 р. (Редакція станом на 20.01.2018).
24. *Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів*. ДНПАОП 0.00–1-1.21-98. К.: АТ «Київська книжкова фабрика».
25. Журило, І. В., & Полтавець, М. М. (2017). *Економіка та організація виробництва: Методичні вказівки до вивчення курсу для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»*. Кропивницький: ЦНТУ.

ДОДАТКИ