

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 цеху Кролевецького комбикормового заводу м. Кролевець, Конотопського району, Сумської області з розробкою лінії по виготовленню кормів»

Виконав:

(підпис)

Степаненко М.Г.

(Прізвище, ініціали)

Група:

ЕТЕС 2301 с.т.- 2 р.н.

(Науковий) керівник:

(підпис)

Рясна О.В.

(Прізвище, ініціали)

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

Степаненку Михайлу Геннадійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Реконструкція системи електрифікації цеху Кролевецького комбикормового заводу м. Кролевець, Конотопського району, Сумської області з розробкою лінії по виготовленню кормів»,

керівник роботи: старший викладач Рясна Ольга Василівна

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “24” вересня 2025 року № 3257/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. Аналіз господарської діяльності підприємства

2. Технологічна частина проекту

3. Розрахунок і вибір силового електрообладнання

4. Розробка автоматизованої системи керування лінією виготовлення кормів

5. Проектування електричного освітлення

6. Проектування питань з охорони праці

7. Екологічна експертиза

8. Економічне обґрунтування проекту

Висновки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Цех виготовлення кормів. Схема розташування силового електрообладнання. Схема електрична розташування.

2. Цех виготовлення кормів. Система штучного освітлення. Схема електрична розташування.

3. Лінія виготовлення кормів. Схема електрична принципова.

4. Лінія виготовлення кормів. Шафа керування. Схема електрична з'єднань.

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)

Степаненко М.Г.
(прізвище та ініціали)

Керівник

кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Рясна О.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Реконструкція системи електрифікації цеху Кролевецького комбікормового заводу м. Кролевець, Конотопського району, Сумської області з розробкою лінії по виготовленню кормів. Дипломний проєкт / Степаненко М.Г. – Суми: СНАУ, 2025 р. – 57 с.

В роботі запропоновано проєкт реконструкції системи електрофікації виробничого цеху ТОВ «Кролевецький комбікормовий завод» та автоматизації системи керування лінією виготовлення кормів.

Описана технологія виготовлення кормів. Проаналізовано стан цеху. Розглянуті технічні характеристики та продуктивність необхідного устаткування.

Основну увагу в роботі приділено сучасним зразкам силового обладнання: електричним двигунам для вузлів лінії по виготовленню кормів, вибір яких здійснено на основі виконаних розрахунків. Розроблено автоматизовану систему керування, складено принципову електричну схему лінії виготовлення кормів та схему електричних з'єднань. Обрано комплект комутаційного обладнання.

Проведено світлотехнічний та електротехнічний розрахунки штучного освітлення цеху з вибором необхідного обладнання.

Розглянуті питання з охорони праці при виконанні робіт у виробничому приміщенні. Здійснена екологічна експертиза. Проведено техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень.

Ключові слова: лінія виготовлення кормів, агрегат, електричний двигун, автоматизація, комутаційне обладнання.

Ілл. 5

Табл. 15

Бібл. 18

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	9
1.1 Загальні відомості про ТОВ «Кролевецький комбикормовий завод»	Ошибка! Закладка не определена.
1.2 Аналіз господарської діяльності об'єкту проектування	10
1.3 Аналіз стану електрифікації цеху по виготовленню кормів	10
1.4 Висновки та пропозиції	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ	13
2.1 Опис прийнятої технології виготовлення кормів	13
2.2 Вибір стандартного технологічного обладнання.....	15
2.3 Опис виробничого приміщення та розташування обладнання.....	16
2.4 Технологічні вимоги до проєкту електрифікації	16
3 РОЗРАХУНОК І ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ	17
3.1 Вибір силового устаткування для технологічного обладнання	17
3.2 Перевірочний розрахунок потужності електродвигунів	19
3.3 Вибір апаратів захисту та силової електропроводки	25
4 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЛІНІЄЮ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРМІВ	26
4.1 Опис технологічної схеми лінії виготовлення кормів	27
4.2 Складання технологічних вимог до проєкту автоматизації	28
4.3 Складання принципової електричної схеми системи автоматичного керування і сигналізації.....	29
4.4 Проектування шафи керування з розробкою схеми електричних з'єднань	31
4.5 Складання специфікації на матеріали та обладнання	33
5 ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ	35
5.1 Вибір системи та виду освітлення.....	35

5.2 Вибір нормованої освітленості цеху	35
5.3. Алгоритм розрахунку освітлення методом світлового потоку	35
5.4. Світлотехнічна частина розрахунку та вибір обладнання.....	37
5.5. Електротехнічна частина розрахунку та вибір обладнання	42
6 ПРОЕКТУВАННЯ ПИТАНЬ З ОХОРОНИ ПРАЦІ	45
7 ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА	48
8 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЄКТУ.....	50
ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	57

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку виробництва питання енергоефективності, надійності електропостачання та безпеки експлуатації електрообладнання набувають особливого значення. Більшість вітчизняних підприємств досі використовують застарілі електротехнічні системи, які не відповідають сучасним вимогам до енергоспоживання, автоматизації та охорони праці. Це призводить до підвищених витрат, зниження продуктивності, частих аварійних ситуацій і негативного впливу на довкілля.

Особливої актуальності набуває реконструкція систем електрифікації виробничих приміщень, що включає заміну електропроводки, модернізацію силового обладнання, зокрема електродвигунів, та оновлення систем штучного освітлення. Електродвигуни, як основні споживачі електроенергії в технологічних лініях, часто працюють з низьким коефіцієнтом корисної дії, що призводить до перевитрат енергії та прискореного зношування механізмів. Їх модернізація або заміна на більш сучасні зразки дозволяє значно підвищити ефективність виробництва та зменшити експлуатаційні витрати.

Крім того, впровадження світлодіодного освітлення забезпечує нормований рівень освітленості відповідно до чинних стандартів, покращує умови праці персоналу та знижує навантаження на електромережу.

Запропоновані заходи з реконструкції системи електрифікації, модернізації електрообладнання та оптимізації освітлення є не лише технічно доцільними, а й економічно вигідними. Вони дозволяють зменшити витрати підприємства на електроенергію та обслуговування обладнання.

Відповідно до завдання, дипломний проєкт присвячений розробці комплексного технічного рішення для виробничого цеху ТОВ «Кролевецький комбікормовий завод», яке дозволить модернізувати енергосистему та здійснити автоматизацію системи керування лінією приготування кормів з урахуванням сучасних технологічних вимог та економічної доцільності.

1 АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Загальні відомості про ТОВ «Кролевецький комбікормовий завод»

ТОВ «Кролевецький комбікормовий завод» (англ. – Limited Liability Company «Krolevetsky Feed Mill» зареєстроване 10 грудня 2007 року в м. Кролевець Конотопського району Сумської області [1].

Юридична адреса підприємства: м. Кролевець, вул. Транспортна, 34.

Підприємство представляє собою комплекс виробництв аграрного спрямування.

Засновником та діючим керівником ТОВ «Кролевецький комбікормовий завод» є Андрущенко Олександр Миколайович.

На сьогодні статутний капітал підприємства становить 10080815 грн.

За підсумками 2024 року активи підприємства вартують 5974187000 грн, а дохід сягнув максимальних 1340895000 грн.

Загальна кількість працівників ТОВ «ККЗ» становить 612 чоловік.

Власні та орендовані посівні площі північних районів Сумської області дозволяють забезпечити повний цикл виробництва сільськогосподарської продукції високої якості.

За КВЕД ТОВ «ККЗ» займається близько 30 видами різної діяльності (див. рис. 1.1).

У рослинництві – вирощування ячменю, жита, пшениці, кукурудзи, гречки, соняшнику та рапсу.

Сучасний елеватор підприємства здатний зберігати і переробляти зернові суміші ємність до 300 тисяч тон.

В окремих приміщеннях розміщені потужності зерноочистки, сушіння та виготовлення кормів як для власних тваринницьких ферм, так і на оптовий продаж.

В лабораторіях підприємства здійснюється дослідження посівного насіння та виведення нових сортів культур. Здійснюється післяурожайна діяльність.

Сучасні технології, розгорнуті на території підприємства, дозволяють виготовляти будівельні матеріали: вогнетривкі блоки, бетонні вироби, гіпс, цемент.

В ангарах підприємства налагоджений процес ведення складського господарства.

Автопарк ТОВ «ККЗ» дозволяє здійснювати допоміжну діяльність у сфері транспорту: надавати послуги легкових та вантажних перевезень, орендувати автотранспортні засоби.

Останнім часом запрацював маркетинговий відділ підприємства. Здійснюється дослідження кон'юнктури ринку, виявляється та враховується громадська думка, розвивається реклама.

Автономна електростанція, встановлена на території підприємства, дозволяє виробляти електричну енергію, покриваючи первинні потреби виробництва. Надлишки потенційно виробленої електроенергії продаються.

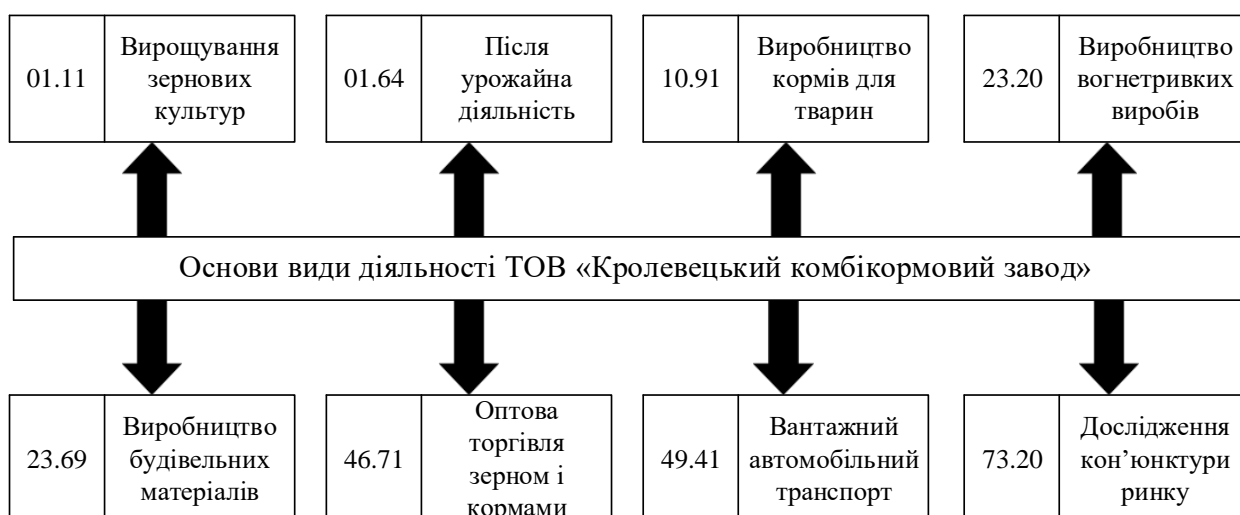


Рис. 1.1 – Види діяльності ТОВ «ККЗ» за КВЕД

1.2 Аналіз господарської діяльності об'єкту проєктування

Об'єкт дипломного проєктування – одне з типових виробничих приміщень, в якому здійснюється виготовлення готових кормів для тварин – пластівців із зернових сумішей або фуражного зерна.

Будівля має форму невеликого ангару площею 100 м².

Розміри цеху: довжина – 11 м, ширина – 9 м, висота 5,5 м.

Периметр будівлі виконаний із силікатної цегли та бетонних блоків на проармованому заливному фундаменті.

Всередині приміщення стіни потягнуті вологими будівельними сумішами та пофарбовані у світло-сірий колір. Зовні будівля утеплена та обшита сендвіч-панелями. Дах має аркоподібну форму, змонтовану на металопрофільній конструкції, зверху якої укладені покрівельні профлисти.

Виробниче приміщення має ворота для заїзду автомобільної техніки, яка підвозить зернові суміші для заповнення бункера-живильника лінії виробництва кормів та вивозить вже виготовлені пластівці.

1.3 Аналіз стану електрифікації цеху по виготовленню кормів

Система електрифікації ТОВ «ККЗ» і, відповідно, виробничих приміщень, знаходиться в експлуатації з моменту заснування підприємства, протягом останніх 18 років.

Джерелом електроенергії господарства є внутрішня ЗТП, яка живиться від ПЛ-35 кВ «Кролевець-Андріївка». В 2017 році відбулась реконструкція ПЛ-35 кВ на ділянці №1-21 від ПС 110/35/10 кВ «Кролевець» з урахуванням модернізації підприємства та розширення виробництва.

Цех по виготовленню кормів живиться від головної розподільчої шафи, встановленої всередині виробничого приміщення поряд із шафою керування силовим устаткуванням та освітлювальним щитом.

Від ЗТП в металорукаві прокладено трифазну лінію зі сторони ЗТП.

Магістральна електропроводка всередині цеху виконана кабелями АВВГ та ВВГ із жилами різних поперечних перерізів: 1,5 мм², 2,5 мм², 4,0 мм². Стан проводки відповідає вимогам ПБЕ та перебуває у задовільному стані.

Пуско-захисна апаратура регулярно обслуговується електромонтерами підприємства, але є технічно застарілою. До того ж, некоректна відповідність номінального струму автоматичних вимикачів до розрахункового значення ставить під сумнів кваліфікований вибір апаратів.

Система штучного освітлення реалізована світильниками ДСП із люмінесцентними лампами. Освітленості в 100 лк в повній мірі не вистачає для виробничих цілей без доступу природного світла. Освітлювальна проводка АВВГ 2x2,5, прокладена відкрито по стіні та стелі, потребує заміни.

1.4 Висновки та пропозиції

Стан силового та комутаційного обладнання, освітлювальної апаратури вимагає проведення електромонтажних робіт в рамках реконструкції системи електрифікації цеху.

Пропоную провести електротехнічний розрахунок освітлювальної та силової проводок з вибором сучасних кабелів ВВГнг з відповідною кількістю жил.

Вважаю, що потрібно виконати заміну магнітних пускачів та автоматичних вимикачів. Підбір силового комутаційного обладнання треба здійснити відповідно до характеристик електричних двигунів устаткування лінії виробництва кормів.

Відомо, що люмінесцентне освітлення не вимагає високих потужностей освітлювальних установок, як от лампи розжарювання. Але розширення ринку світлодіодних ламп на противагу люмінесцентним створює передумови до світлотехнічного перерахунку штучного освітлення з підбором сучасних зразків промислових світильників.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

2.1 Опис прийнятої технології виготовлення кормів

Технологічне обладнання для виробництва корму – пластівців зернової суміші – змонтоване на базі устаткування ПЗ-ЗА [2].

Агрегат ПЗ-ЗА – це комплекс обладнання, призначеного для плющення вологих зерен гороху, кукурудзи, вівса, ячменю пшениці з кінцевим приготуванням кормів для тварин та худоби.

Агрегат часто використовується як самостійна машина на молочно-товарних комплексах або застосовується в кормоприготувальних цехах різної площі на лініях переробки зернофуражу.

Структурна схема агрегату ПЗ-ЗА зображена на рис. 2.1.

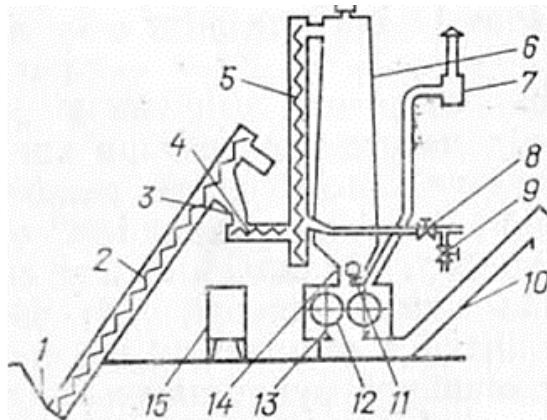


Рис. 2.1 – Агрегат для плющення зерен – ПЗ-ЗА

У стандартній комплектації устаткування складається з обладнання: бункеру 1, завантажувального конвеєра 2, магнітного сепаратора 3, шнекового живильника 4, вертикального шнеку 5, бункера-пропарювача 6, вентиляційної системи 7, вентилів подачі пари 8 та 9, розвантажувального конвеєра 10, дозатора 11, вальців-плющильників 12, лотіка 13, зернової тічки 14 та шафи керування 15.

Із бункеру зернова суміш поступає в магнітний сепаратор завантажувальним конвеєром шнекового типу. Заслінка горловини конвеєра регулює його продуктивність. Керування заслінкою здійснюється вручну, за допомогою важеля. Решітка у верхній частині горловини працює як фільтр і не пропускає зайвих часточок. Очищення решітки здійснюється прутковою гребінкою. Сам же шнек приводиться в дію через клинопасову передачу від електричного двигуна.

На приймальній горловині конвеєра горизонтального спрямування встановлено магнітний сепаратор. Від нього по вертикальному шнеку зернова суміш поступає в пропарювач. Рівень заповнення пропарювача регулюється заслінкою і тягарцем на її осі, вони зв'язані з датчиком рівня. Тривалість завантаження зерна у пропарювач тримає протягом часу, доки його маса на заслінці не перевищить масу самого тягарця.

Серед інших датчиків – манометр, яким контролюється тиск пари в пропарювачі, від 130 до 170 кПа. Термометр дає можливість фіксувати температуру пари в діапазоні 105-130 °С. На підвищений тиск реагує запобіжний клапан.

Стаціонарна вентиляційна система дозволяє відвести відпрацьовану пару від вальців-плющильників.

Сама плющила встановлена на загальній станині. Положення вальців один відносно одного та ступінь їх реагування на сторонні предмети регулюється оператором агрегату через провертання гайок на гвинтах механізму. Кожен із вальців-плющильників має індивідуальний електричний привід та приводиться в дію через механізм клинопасової передачі.

Зупинка агрегату ПЗ-ЗА здійснюється поетапно: першим відключають завантажувальний конвеєр, далі – лінію розвантаження після вироблення залишкової зернової маси, і насамкінець – зупиняють плющильник, розвантажувальний транспортер та вентилятор.

Якщо агрегат ПЗ-ЗА треба зупинити швидко, на пульті керування передбачена аварійна кнопка «Стоп».

2.2 Вибір стандартного технологічного обладнання

Відповідно до технологічного процесу для розробки лінії виготовлення кормів в цеху ТОВ «ККЗ» обираю стандартне технологічне обладнання, серед якого похилий та вертикальний конвеєри, пропарювач, роторний дозатор, штатний вентилятор, два вальці-плющильники, та вивантажувальний конвеєр.

Технічні характеристики вузлів устаткування по виробництву пластівців наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики та продуктивність устаткування

Найменування	Числове значення
Продуктивність переробки сировини	
Пшениця	1 – 5 т/год
Кукурудза, горох, овес	3 – 3,5 т/год
Ячмінь	3,5 – 4,5 т/год
Товщина готових пластівців	1 – 1,5 мм
Перелік привідного електричного обладнання	
Електричний двигун завантажувального конвеєра	1,1 кВт
Електричний двигун вертикального конвеєра	2,2 кВт
Електричний двигун приводу дозатора	1,1 кВт
Електричний двигун приводу плющильників	2 x 15,0 кВт
Електричний двигун приводу вентилятора	0,25 кВт
Електричний двигун вивантажувального конвеєра	2,2 кВт
Загальна потужність електрообладнання	36,85 кВт
Габаритні розміри агрегату	
Довжина	4,5 м
Ширина	2,2 м
Висота	4,2 м

2.3 Опис виробничого приміщення та розташування обладнання

Кормоцех на підприємстві ТОВ «ККЗ» складається із кількох однотипних, невеликих за площею приміщень в 100 м², де розміщені окремі технологічні лінії:

- лінія очищення зерна (зерносумішей);
- лінія приготування концкормів;
- лінія приготування пластівців із зернової суміші.

Кожне із виробничих приміщень відноситься до категорії запилених.

В приміщенні розташовані силова та освітлювальна електричні мережі.

Існує можливість торкання операторами устаткування та підсобними робітниками корпусів електрообладнання.

План-схема виробничого приміщення цеху зображена на рис. 2.2.



Рис. 2.2 – План-схема виробничого приміщення цеху

Технологічне обладнання розташовується у приміщенні цеху вздовж його правої стіни, із врахуванням вимог до електробезпеки, загальної техніки безпеки та зручності обслуговування кваліфікованим персоналом. Розподільча шафа А1, шафа керування А2 та освітлювальний щит А3 розміщені в лівому куті приміщення поблизу вхідних воріт.

2.4 Технологічні вимоги до проєкту електрифікації

Технологічний процес виробництва кормів із зернових сумішей, що забезпечує стабільну продуктивність технологічної лінії, має відповідати наступним вимогам електрифікації:

- усі технологічні лінії повинні бути обладнані електроприводами;
- виробниче приміщення потрібно забезпечити штучним освітленням;
- виробничий цех має бути підключений до системи водопостачання як для технологічних потреб, так і для можливості пожежогасіння;
- силові розподільчі щити та шафи керування слід розміщувати неподалік у спеціально відведеному місці.

Щодо загальних технічних рішень проєкту передбачені наступні моменти:

- управління технологічним процесом повинно здійснюватися централізовано, для чого проєктом передбачено встановлення шаф керування;
- електрообладнання повинно мати ступінь захисту не нижче IP54;
- технологічна лінія має функціонувати у двох режимах: «ручний» та «автоматичний»;
- для забезпечення автоматизованого управління необхідно встановити датчики рівня;
- передбачити можливість аварійної зупинки обладнання у випадках надзвичайних ситуацій;
- електродвигуни повинні бути захищені від перевантажень та коротких замикань;
- система повинна включати блокування для запобігання передчасному запуску наступних технологічних машин та уникати утворення «завалів».

3 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

3.1 Вибір силового устаткування для технологічного обладнання

У сільському господарстві основний перелік робочих машин займають саме електричні машини – асинхронні двигуни з короткозамкнутим ротором. Вони відзначаються високим ККД, прийнятним значенням $\cos\phi$, доступною вартістю, надійністю та безпекою в експлуатації. Проте переваги таких електродвигунів повністю реалізуються лише за умови їх правильного вибору та відповідного розміщення.

В більшості випадків електродвигуни надходять в агрогосподарства разом із технологічним обладнанням у готовому комплекті. Тому при виборі двигунів необхідно забезпечити їх відповідність параметрам робочих машин, характеристикам приводу, а також умовам довкілля. При цьому важливо врахувати, що фактичні умови експлуатації можуть відрізнятися від стандартних, зазначених у технічній документації двигуна. Таким чином, вибір електродвигуна повинен базуватись на особливостях технологічного процесу та реальних умовах експлуатації.

Основні завдання при виборі електродвигунів для технологічного обладнання включають:

- врахування впливу навколишнього середовища при експлуатації;
- перевірочний розрахунок потужності двигуна з урахуванням реального навантаження та режиму роботи;
- оцінка відповідності вибраних моделей умовам запуску, перевантажувальній здатності та іншим технічним показникам.

Надійність електродвигуна багато в чому залежить від того, наскільки його конструкція дозволяє ефективно протистояти негативним впливам зовнішнього середовища. Тому вибір електродвигуна слід здійснювати з урахуванням таких параметрів:

- кліматичне виконання;
- категорія розміщення;
- ступінь захисту;
- відповідність умовам експлуатації.

Відповідно до чинних стандартів для електротехнічного обладнання, яке використовується в сільському господарстві, двигуни повинні мати кліматичне виконання для помірних та субтропічних широт, а ступінь захисту – не нижче IP44, IP54 або IP 55.

Оскільки виробничі умови в цеху виготовлення кормів класифікують як сухі та запилені, доцільно обрати електродвигуни у кліматичному виконанні УЗ. Такі силові машини призначені для експлуатації у приміщеннях із штучно регульованими кліматичними умовами.

Ступінь захисту IP54 забезпечує надійний захист персоналу від дотику до струмопровідних і рухомих частин, а також обмежує проникнення твердих часточок і води всередину корпусу двигуна.

Для забезпечення процесу виробництва кормів у вигляді пластівців із зернових сумішей доцільно використовувати сучасні електродвигуни АІР, при цьому відійти від застарілих моделей АМ, яким комплектувались агрегати ПЗ-ЗА. АІР – оптимальний варіант для експлуатації в умовах помірного клімату за температурного діапазону від -40 до +40 °С та відносній вологості до 80%.

Враховуючи перелік привідного електричного обладнання, описаного в пункті 2.2 розділу 2, обираю моделі електродвигунів для устаткування [3]:

- похилого конвеєра – АІР80В6УПУЗ;
- вертикального конвеєра – АІР100ЛУПУЗ;
- дозатора – АІР100L8/6УПУЗ;
- вальців-плющильників – АІР160М6УПУЗ;
- вентилятора – АІР63А4УПУЗ.

Основні технічні характеристики електродвигунів систематизовані та приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики моделей електродвигунів

№ поз.	Модель електродвигуна	Р _н , кВт	n _н , об/хв	η _н , %	cosφ	I _н , А	Маса, кг
Похилий конвеєр							
M1	AIP80B6УПУЗ	1,1	920	74	0,74	3,05	15,3
Вертикальний конвеєр							
M2	AIP100LУПУЗ	2,2	945	81	0,74	5,6	27,5
Дозатор							
M3	AIP100L8/6УПУЗ	1,32	705	71	0,67	4,1	26,7
Вальці-плющильники							
M4	AIP160M6УПУЗ	15,0	970	88	0,85	30,1	120
M5	AIP160M6УПУЗ	15,0	970	88	0,85	30,1	120
Вентилятор							
M6	AIP63A4УПУЗ	0,2	1320	68	0,67	0,83	4,7

3.2 Перевірочний розрахунок потужності електродвигунів

Обираю привід електродвигуна вертикального конвеєра для здійснення перевірного розрахунку [4].

Розрахункова потужність електродвигуна визначається за формулою:

$$P = \frac{g \cdot K_3 \cdot K \cdot Q_{ш} \cdot (H + f_c \cdot L) \cdot 10^{-3}}{\eta_{п}}, \quad (3.1)$$

де: g – прискорення вільного падіння,

$$g = 9,81 \frac{м}{с^2};$$

$Q_{ш}$ – продуктивність шнека, кг/с;

K_3 – коефіцієнт запасу,

$$K_3 = 1,1 - 1,4;$$

K – коефіцієнт кута нахилу транспортера,

$K = 3$ при врахуванні вертикального розташування під кутом 90^0 ;

L – довжина транспортера,

$L = 5,5$ м;

H – висота підйому зернової суміші,

$H = 5,5$ м;

f_c – коефіцієнт опору переміщення сировини,

$f_c = 1,3$ для зернової суміші;

η_{Π} – ККД клинопасової передачі між валом двигуна та шнеком,

$\eta_{\Pi} = 0,93$.

Продуктивність шнека розраховується за формулою:

$$Q_{\text{ш}} = 0,25\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot S \cdot n \cdot \gamma \cdot K_v \cdot \omega, \quad (3.2)$$

де: D – зовнішній діаметр гвинта,

$D = 0,3$ м;

d – діаметр валу гвинта,

$d = 0,05$ м;

S – крок гвинта,

$S = 0,15$ м;

n – частота обертання валу шнека,

$n = 1,5 \frac{\text{об}}{\text{с}}$;

γ – насипна щільність матеріалу;

$\gamma = 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

K_v – коефіцієнт швидкості матеріалу,

$K_v = 0,6 - 0,9$;

ω – коефіцієнт заповнення гвинта транспортера,

$\omega = 0,25 - 0,35$.

Умова вибору привідного електродвигуна за потужністю визначається умовою:

$$P_{\text{дв}} \geq P, \text{ кВт} \quad (3.3)$$

Розраховую продуктивність шнека за формулою 3.2:

$$Q_{\text{ш}} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot (0,3^2 - 0,05^2) \cdot 0,15 \cdot 1,5 \cdot 700 \cdot 0,9 \cdot 0,35 = 3,405 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Розраховую потужність електродвигуна за формулою 3.1:

$$P = \frac{9,81 \cdot 1,4 \cdot 3 \cdot 3,405 \cdot (5,5 + 1,4 \cdot 5,5) \cdot 10^{-3}}{0,93} = 1,991 \text{ кВт.}$$

Враховуючи умову 3.3, де номінальне значення потужності обраного електричного двигуна має дорівнювати або бути трохи вищим за розрахунковий показник, обираю асинхронний електродвигун з короткозамкнутим ротором типу АІР100ЛУПУЗ, потужність якого становить 2,2 кВт:

$$2,2 \text{ кВт} \geq 1,991 \text{ кВт.}$$

Вибір електродвигунів для інших ланок технологічної лінії здійснюється за вище наведеним алгоритмом. Технічні характеристики усіх обраних моделей електродвигунів наведені в таблиці 3.1.

Виконаю перевірку обраного електричного двигуна за іншими характеристиками:

- за величиною пускового моменту;
- за статичним моментом зрушення;
- за величиною мінімального моменту;
- за величиною перевантажувальної здатності;
- за максимальним значенням статичного опору.

Умова перевірки електродвигуна за величиною пускового моменту наступна:

$$M_{\text{пдв}} \geq 1,25 \cdot M_{\text{трм}}, \quad (3.4)$$

де: $M_{\text{пдв}}$ – пусковий момент із врахуванням ймовірності зниження напруги мережі живлення, Н · м;

$M_{\text{трм}}$ – статичний момент зрушення, Н · м.

$$M_{\text{пдв}} = M_{\text{н}} \cdot \mu_{\text{п}} \cdot k_{\text{У}}^2, \quad (3.5)$$

де: $M_{\text{н}}$ – значення номінального моменту, Н · м;

$\mu_{\text{п}}$ – кратність пускового моменту,

$$\mu_{\text{п}} = 2,0;$$

$k_{\text{У}}$ – коефіцієнт врахування можливого зниження напруги,

$$k_{\text{У}} = 0,9.$$

$$M_{\text{н}} = \frac{P_{\text{дв}}}{\omega_{\text{н}}}, \quad (3.6)$$

$$\omega_{\text{н}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{н}}}{30}, \quad (3.7)$$

де: $\omega_{\text{н}}$ – кутова швидкість обертання валу електричного двигуна, рад/с;

$n_{\text{н}}$ – номінальна частота обертання АІР100ЛУПУЗ,

$$n_{\text{н}} = 945 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Розрахую кутову швидкість обертання за формулою 3.7:

$$\omega_{\text{н}} = \frac{3,14 \cdot 945}{30} = 98,91 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Розрахую номінальний момент за формулою 3.6:

$$M_{\text{н}} = \frac{2200}{98,91} = 22,24 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Пусковий момент із врахуванням зниження напруги отримаю з формули 3.5:

$$M_{\text{пдв}} = 22,24 \cdot 2,0 \cdot 0,9^2 = 36,03 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Статичний момент зрушення розраховується за формулою:

$$M_{\text{трм}} = (1 \dots 2) \cdot M_{\text{сн}}, \quad (3.8)$$

де: $M_{\text{сн}}$ – статичний момент опору, $M_{\text{сн}} = M_{\text{н}}$, Н · м.

За формулою 3.8:

$$M_{\text{трм}} = 1,26 \cdot 22,24 = 28,02 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Скористаюсь умовою 3.4 задля отримання результату відповідності:

$$36,03 \text{ Н} \cdot \text{м} \geq 1,25 \cdot 28,02 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$36,03 \text{ Н} \cdot \text{м} \geq 35,03 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Отже умова 3.4 повністю виконується, обраний електродвигун АІР100ЛУПУЗ задовольняє умовам пуску.

Розрахунок величини мінімального моменту здійснюється за формулою:

$$M_{\text{min}} \geq M_{\text{с.min}}, \quad (3.9)$$

де: M_{min} – значення мінімального моменту при ймовірному зниженні напруги живлення, Н · м.

$M_{\text{с.min}}$ – статичний момент опору електричного двигуна, Н · м.

$$M_{\text{min}} = M_{\text{н}} \cdot \mu_{\text{min}} \cdot k^2, \quad (3.10)$$

де: μ_{min} – коефіцієнт кратності мінімального моменту,

$$\mu_{\text{min}} = 1,6.$$

$$M_{\text{с.min}} = M_{\text{трм}} + (M_{\text{сн}} - M_{\text{трм}}) \cdot \left(\frac{\omega_{\text{min}}}{\omega_{\text{н}}}\right)^x, \quad (3.11)$$

де: ω_{min} – кутова швидкість (мінімальна), рад/с;

$$\omega_{\text{min}} = 0,15 \cdot \omega_{\text{с}}, \quad (3.12)$$

де: $\omega_{\text{с}}$ – синхронна кутова швидкість, що відповідає обертанню магнітного поля електричного двигуна, рад/с.

$$\omega_{\text{с}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{с}}}{30}, \quad (3.13)$$

де: n_c – синхронна частота обертання магнітного поля,

$$n_c = 1000 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Розрахую синхронну частоту обертання магнітного поля за формулою 3.13:

$$\omega_c = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,67 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Розрахую мінімальну кутову швидкість за формулою 3.12:

$$\omega_{min} = 0,15 \cdot 104,67 = 15,7 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Розрахую статичний момент опору електродвигуна за формулою 3.11:

$$M_{c.min} = 28,02 + (22,24 - 28,02) \cdot \left(\frac{15,7}{96,29}\right)^0 = 22,24 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Умова 3.10 виконується:

$$28,82 \text{ Н} \cdot \text{м} \geq 22,24 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Обраний електричний двигун АІР100ЛУПУЗ задовольняє умові мінімального моменту.

Перевантажувальну здатність електродвигуна перевірю за наступним алгоритмом:

$$M_{max} \geq (1,1 \dots 1,2) \cdot M_{c.max}, \quad (3.14)$$

де: M_{max} – значення максимального моменту при ймовірному зниженні напруги живлення, Н · м.

$M_{c.max}$ – максимум статичного момент опору машини, Н · м.

$$M_{max} = M_H \cdot \mu_{max} \cdot k^2, \quad (3.15)$$

де: μ_{max} – коефіцієнт кратності максимального моменту, $\mu_{max} = 2,2$.

$$M_{c.max} = 1,3 \cdot M_{сн} \quad (3.16)$$

Розрахую максимальне значення статичного моменту опору двигуна за формулою 3.16:

$$M_{c.max} = 1,3 \cdot 22,24 = 28,91 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Розрахую значення максимального моменту M_{max} за формулою 3.15:

$$M_{max} = 22,24 \cdot 2,2 \cdot 0,9^2 = 39,63 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Перевіримо виконання умови перевантажувальної здатності 3.14:

$$39,63 \text{ Н} \cdot \text{м} \geq 1,2 \cdot 28,91 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$39,63 \text{ Н} \cdot \text{м} \geq 34,69 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Як бачимо, обраний електричний двигун АІР100ЛУПУЗ задовольняє умові перевантажувальної здатності.

3.3 Вибір апаратів захисту та силової електропроводки

Для електричного двигуна моделі АІР100ЛУПУЗ підберемо комутаційне обладнання: магнітний пускач та автоматичний вимикач. Умови вибору обладнання – відповідності струмів та напруги.

В якості автоматичного вимикача для електродвигуна потужністю 2,2 кВт пропоную обрати ВА51Г-25-34 із номінальним струмом спрацювання 6,3 А. В якості магнітного пускача обираю ПМЛ 110-604 ($U_n = 220 \text{ В}$). В якості силової проводки обираю 5-жильний ВВГнг з площею поперечного перерізу жили 2,5 мм², прокладений в трубі.

Комутаційне обладнання для інших електричних двигунів обирається аналогічно.

Схема розташування силового обладнання в цеху виготовлення кормів наведена на аркуші 1 графічної частини проекту.

4 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЛІНІЄЮ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРМІВ

4.1 Опис технологічної схеми лінії виготовлення кормів

Технологічна схема, що представлена на рис 4.1, відображає будову та можливості лінії по переробці зернових сумішей в готовий вид корму – пластівці.

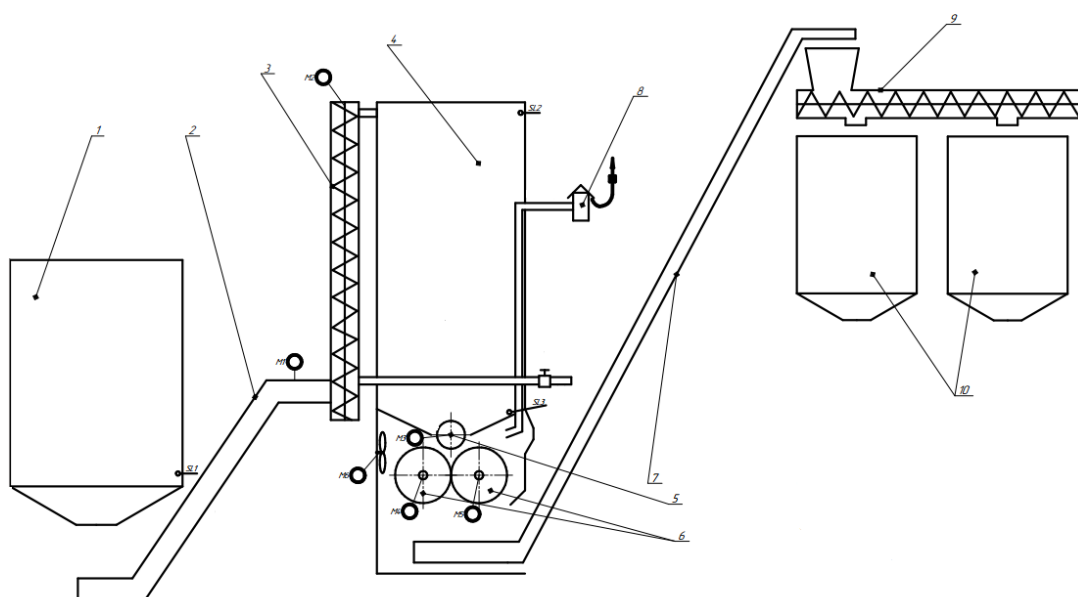


Рис. 4.1 – Технологічна схема лінії по виготовленню кормів

Запропонована лінія складається з бункеру-живильника 1, похилого 2 та вертикального 3 конвеєрів, емнісного пропарювача 4, дозатора 5, привідних вальців-плющильників 6, конвеєру для вивантаження пластівців 7, вентиляційної системи 8, завантажувального механізму 9, ємкостей для зберігання корму 10.

Зернова суміш, що знаходиться в живильнику, поетапно подається в пропарювач: спочатку транспортується похилим завантажувальним конвеєром, стикується з вертикальним конвеєром, куди завчасно подається пара з котла. Первинно пропарене зерно попадає в основний пропарювач, де

зволожується до необхідного рівня та проходить термічну обробку під дією підвищеної температури.

Заповнення бункера пропарювача визначається датчиком рівня.

Після остаточної вологотеплової обробки зернова суміш поступає на вальці-плющильники через роторний дозатор. Готові пластівці подаються в ємкості для зберігання через систему об'єднаних скребкового конвеєра та завантажувального шнека.

Штатний вентилятор технологічної лінії виводить відпрацьовану пару в навколишнє середовище.

4.2 Складання технологічних вимог до проєкту автоматизації

Проаналізований технологічний процес, описаний в пункті 4.1, беру до уваги під час розробки основних вимог до проєкту автоматизації, а саме:

- послідовність виконання технологічного процесу по виготовленню кормів має забезпечуватись схемою автоматизації;
- робота технологічного обладнання може здійснюватися в ручному або автоматичному режимах за рахунок передбачених електротехнічних рішень;
- передбачити наявність світлової сигналізації задля забезпечення контролю окремих операцій технологічного процесу виготовлення кормів;
- передбачити можливість здійснення аварійної зупинки обладнання при некоректній роботі;
- створити передумови для можливої модернізації лінії: заміни застарілого обладнання на новітні електротехнічні зразки;
- визначити параметри, які повинні підлягати постійному автоматичному контролю та регулюванню.

4.3 Складання принципової електричної схеми системи автоматичного керування і сигналізації

Принципова електрична схема керування електричним обладнанням, що формує лінію приготування готових кормів, представлена на аркуші 2 графічної частини проекту.

Принципова електрична схема розроблена із урахуванням попередньо представленої технологічної схеми.

Електрична схема працює ручному або автоматичному режимах, що забезпечується зміною положення перемикача SA1.

Ручний режим керування виконується безпосередньо оператором устаткування, коли перемикач SA1 займає положення «Р». Для цього відведено кнопковий пост SB-1 – SB12.

Силова частина схеми заживлюється загальним автоматичним вимикачем QF1.

Автоматичний вимикач QF3 приводить в дію похилий конвеєр.

Автоматичний вимикач QF4 приводить в дію вертикальний конвеєр.

Автоматичний вимикач QF5 надає живлення дозатору.

Автоматичні вимикачі QF6 та QF7 приводять в дію перший та другий вальці-плющильники.

Автоматичний вимикач QF8 заживлює штатний вентилятор.

Привід похилого конвеєра (завантаження) – електричний двигун M1 – керується кнопками SB1 та SB2.

Привід вертикального конвеєра (пропарювача) – електричний двигун M2 – керується кнопками SB3 та SB4.

Привід пропареного зерна (дозатора) – електричний двигун M3 – керується кнопками SB5 та SB6.

Приводи вальців плющильників – електричні двигуни M4 та M5 – керуються парами кнопок SB7, SB8 та SB9, SB10.

Привід вентилятора – електричний двигун М6 – керується кнопками SB11 та SB12.

Візуальний контроль за роботою електродвигунів М1-М6 забезпечують сигнальні лампи HL1-HL6.

Наявність напруги в мережі живлення сигналізує лампа HL7.

При переведенні пакетного перемикача в положення «А», активується автоматичний режим керування лінією виробництва кормів.

Як керування технологічним процесом, так і контроль за наявністю зернової суміші в окремих технологічних машинах буде контролюватися наявними датчиками рівнів: SL1, SL2, SL3.

За наявності зернової суміші в бункері-живильнику контакт датчика SL1 буде розімкнений, і через розмикаючий контакт КТ3 заживиться котушка магнітного пускача КМ2 в колі котушки магнітного пускача КМ1 та електромагніту УА. Далі активуються електричний двигун похилого конвеєра М1, електричний двигун приводу вертикального конвеєра-пропарювача М2. Синхронно спрацює клапан подачі пари у конвеєр-пропарювач. Поступово зернова суміш надходитиме у пропарювач, в результаті чого датчик нижнього рівня SL3 замкне контакт і заживить реле часу КТ1. Після витримки часу на пропарювання в межах 8-10 хвилин КТ1 замикаючим контактом надає живлення магнітному пускачу КМ5, а він в свою чергу – електричному двигуну М5 (приводу валка-плющильника). КМ5 зашунтує розмикаючий контакт КТ3 в колі КМ2, і заживить котушку магнітного пускача КМ6, а він в свою чергу – електричний двигун М6 вентилятора установки. Надалі КМ6 ввімкне реле часу КТ2, яке заживить магнітний пускач КМ3.1 і електродвигун дозатора М3. Останній ввімкне магнітний пускач КМ4, а він в свою чергу – електричний двигун М4 (ще один привід валка-плющильника). Лінія виробництва кормів працюватиме на максимальній потужності.

Якщо зернової суміші в пропарювачі буде занадто багато, тоді датчик рівня SL2 (див. табл. 4.1) замкне контакт в колі керування реле часу КМ3, а він в свою чергу – протягом хвилини вимкне КМ1. Після розвантаження пропарювача SL2 розімкне свій контакт, реле часу КТ3 (див. табл. 4.2) знеструмиться і ввімкне магнітний пускач КМ1, а він в свою чергу – електродвигун М1 похилого конвеєра. Таким чином робота технологічної лінії повністю відновиться.

Якщо в бункері-живильнику не залишиться зернової суміші, тоді датчик SL1 (див. табл. 4.1) замкне контакт в колі керування реле часу КТ3, а він в свою чергу – протягом хвилини вимкне КМ1. Таким чином лінія працюватиме до моменту закінчення пропареного зерна в ємкості пропарювача. Далі датчик рівня SL3 знеструмить котушку реле часу КТ1, а вона вимкне магнітні пускачі КМ5, КМ2 та КМ6. Останній вимкне реле часу КТ2, після чого знеструмляться магнітні пускачі КМ3 та КМ4. Робота технологічної лінії зупиниться до того часу, поки в бункері живильнику не з'явиться зернова маса.

Варто зауважити, що приводи вальців-плющильників М4 та М5 мають високу потужність (по 15 кВт) та працюють у «важкому режимі».

У силових колах даних електродвигунів передбачена наявність струмових реле КА1 і КА2 (див. табл. 4.3). Вони можуть змінювати положення власних контактів і через магнітний пускач КМ3.2 зменшувати швидкість приводу дозатора М3, якщо струми в обмотці статорів М4 та М5 будуть перевищені.

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики датчика рівня МДУ-3 [5]

Найменування параметра	Значення / Опис
Діапазон вимірювань, м	1-20
Ймовірна похибка, м	0,4
Тип чутливого елемента	мембранний
Реалізація вихідного сигналу	через замикаючий контакт

Технологічне призначення	контроль за рівнем сипучих матеріалів
--------------------------	---------------------------------------

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики реле часу ВЛ-46 [6]

Найменування параметра	Значення / Опис
Номінальна змінна напруга, В	220
Часовий діапазон, с	10 – 100
Струм комутації (включення), А	3
Струм комутації (виключення), А	0,3
Характеристика навантаження	індуктивна

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики струмового реле РМЗ

Найменування параметра	Значення / Опис
Робоча напруга контактів, В	250
Робочий струм контактів, А	5
Комутуюча потужність, Вт	140
Опір ізоляції, МОм	100
Термін електричної роботи, циклів	100000
Термін механічної роботи, циклів	10000000

4.4 Проектування шафи керування з розробкою схеми електричних з'єднань

Для розподілу електричної енергії, захисту електричних установок, забезпечення надійної роботи силових машин, низьковольтних пристроїв та освітлювальної системи здійснюють вибір шаф керування.

При виборі шаф враховують:

- тип встановлення: підлоговий;
- кліматичне виконання УЗ;
- ступінь захисту: IP21;

- режим роботи: довготривалий.

В якості шафи керування електричними двигунами, що здійснюють механізований процес виробництва готових кормів із зернової суміші, обираю шафу Ш5933-4674У3.

На основі принципової електричної схеми системи автоматичного керування та сигналізації розроблена схема електричних з'єднань шафи керування адресним способом, яка зображена на аркуші 3 графічної частини проекту.

Розміщення пристроїв управління та сигналізації наступне:

- на дверцятах шафи розташований трипозиційний перемикач SA1, кнопкові станції керування SB1-SB12, сигнальні лампи HL1-HL7;
- на задній стінці шафи керування розміщені клемні колодки X1, X2, автоматичні вимикачі QF1-QF7, магнітні пускачі KM1-KM6, реле часу КТ1-КТ3.

В якості розподільчої шафи для розподілу електроенергії, захисту електроустановок, оперативного вмикання та вимикання електричної енергії, здійснення запуску електричних двигунів обираю шафу ЩР-11-73505-54У3.

Освітлювальна система цеху живиться від ЯРН 8501-4205 – групового освітлювального щитка.

Специфікація на обрані шафи наведена нижче, в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Технічна характеристика шаф керування

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
A1	Шафа керування Ш5933-4674У3	1	$I_n = 630 \text{ A}$
A2	Шафа розподільча ЩР-11-73505-54У3	1	$U_n = 660 \text{ B}$
A3	Освітлювальний щиток ЯРН 8501-4205	1	

4.5 Складання специфікації на матеріали та обладнання

На основі розробленої принципової електричної схеми збираю специфікацію на електричні елементи та систематизую їх в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Специфікація на матеріали та обладнання

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
Електричні двигуни			
M1	AIP80B6УПУЗ	1	$P_H = 1,1$ кВт
M2	AIP100LУПУЗ	1	$P_H = 2,2$ кВт
M3	AIP100L8/6УПУЗ	1	$P_H = 1,32$ кВт
M4, M5	AIP160M6УПУЗ	2	$P_H = 15$ кВт
M6	AIP63A4УПУЗ	1	$P_H = 0,25$ кВт
Автоматичні вимикачі			
QF1	BA51-31-34	1	$I_H = 80$ А
QF3	BA51Г-25-34	1	$I_H = 3,15$ А
QF4	BA51Г-25-34	1	$I_H = 6,3$ А
QF5	BA51Г-25-34	1	$I_H = 3,15$ А
QF6, QF7	BA51Г-31-34	2	$I_H = 31,5$ А
QF8	BA51Г-25-34	1	$I_H = 1,1$ А
SF	BA14-26-14	1	$I_H = 16$ А
Магнітні пускачі			
KM1, KM2, KM6	ПМЛ 110-604	3	$U_H = 220$ В
KM3	ПМЛ 150-604	1	$U_H = 220$ В
KM4, KM5	ПМЛ 310-604	2	$U_H = 220$ В
Сигнальна арматура			
HL1-HL7	АС 220/12	7	
Датчики рівня			
SL1, SL2, SL3	МДУ-3 (мембранний)	3	
Реле			
KA1, KA2	Струмове реле РМЗ	2	
KT1, KT2, KT3	Реле часу ВЛ-46	3	
Кнопкові пости			
SA1	Перемикач ПКП-25	1	
SB1-SB12	ПКЕ-112-2УЗ	6	

5 ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

5.1 Вибір системи та виду освітлення

Для проєктування освітлювальної установки виробничого приміщення приймаємо до розрахунку робоче освітлення за загальною рівномірною системою.

Джерелом світла для освітлення цеху по виробництву зернофуражних кормів обираємо світлодіодні промислові світильники Direct 90.

5.2 Вибір нормованої освітленості цеху

Значення нормованої освітленості відповідно до виробничого призначення приміщень разом з розмірами та площею кожного вказана в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормована освітленість приміщень комплексу

Найменування приміщення	Довжина А, м	Ширина В, м	Висота Н, м	Площа S, м ²	Нормована освітленість, лк
Виробниче приміщення	11	9	5	99	200

5.3 Алгоритм розрахунку освітлення методом світлового потоку

Розрахунок освітлення майстерні буде здійснено методом використання світлового потоку та подано нижче, за формулами 5.1-5.13 [7].

Оскільки освітлювальні елементи будуть спроектовані на стелі, то світло буде поширюватись переважно вниз. Це потрібно враховувати при виборі коефіцієнта використання світлового потоку відносно коефіцієнта приміщення.

Висота підвісу світильників розраховується за формулою:

$$H_p = H - (h_z + h_p), \quad (5.1)$$

де: H – висота приміщення, м;

h_3 – висота звисання світильника, м;

h_p – рівень робочої поверхні від підлоги, м.

Оптимальна відстань між світильниками розраховується за формулою:

$$L = \lambda \cdot H_p, \quad (5.2)$$

де: λ – коефіцієнт кривої «К» джерела світла.

Кількість рядів світильників розраховується за формулою:

$$n_p = \frac{B}{L}, \quad (5.3)$$

де: B – ширина приміщення, м;

L – відстань між рядами світильників, м.

Кількість рядів світильників потрібно округлювати до цілого числа.

Відстань від крайніх світильників до стін розраховується за формулою:

$$L_c = 0,5 \cdot L \quad (5.4)$$

Відстань між рядами світильників розраховується за формулою:

$$L_B = \frac{B - 2 \cdot L_c}{n_p - 1} \quad (5.5)$$

Відстань між світильниками в ряду розраховується за формулою:

$$L_A = \frac{L^2}{L_B} \quad (5.6)$$

Кількість світильників у ряду розраховується за формулою:

$$n_a = \frac{A - 2L_c}{L_c} \quad (5.7)$$

Загальна кількість світильників розраховується за формулою:

$$N = n_p \cdot n_a \quad (5.8)$$

Індекс приміщення визначається за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p(A + B)} \quad (5.9)$$

Виходячи з розрахованого індексу приміщення, визначаємо наступні коефіцієнти:

- коефіцієнт відбивання стелі $\rho_1 = 50$, стін $\rho_2 = 30$, підлоги $\rho_3 = 10$;
- коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,61$;
- нормовану освітленість в 200 лк; коефіцієнт запасу ($K = 1,3$);
- коефіцієнт ймовірної нерівномірності освітлення ($Z = 1,3$).

Враховуючи визначені коефіцієнти, розраховуємо світловий потік світильника за формулою:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot A \cdot B \cdot K \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (5.10)$$

Маючи розрахункове значення світлового потоку, здійснюємо вибір світильника, опираючись на наступні характеристики:

- номінальну потужність P_n світильника;
- номінальний світловий потік Φ_n світильника.

Фактична освітленість приміщення розраховується за формулою:

$$E_f = E_n \cdot \frac{\Phi_n}{\Phi}, \quad (5.11)$$

Відхилення фактичної освітленості повинно знаходитись в допустимому діапазоні (+20...-10 %), та визначається за формулою:

$$E\% = \frac{E_f - E_n}{E_n} \cdot 100\%, \quad (5.12)$$

Загальна потужність освітлювальної установки знаходиться за формулою:

$$P_y = P_n \cdot N. \quad (5.13)$$

5.4 Світлотехнічна частина розрахунку та вибір обладнання

Приміщення має наступні розміри: довжина $A = 11$ м; ширина $B = 9$ м; висота $H = 5$ м; площа $S = 99$ м² (див. рис. 5.1).

Розрахую висоту підвісу світильників за формулою 5.1:

$$H_p = 5 - 0 - 0,7 = 4,3 \text{ м.}$$

Приймаю коефіцієнт кривої «К» джерела світла:

$$\lambda = 1,4.$$

Розраховую відносну відстань між світильниками за формулою 5.2:

$$L = 1,4 \cdot 4,3 = 6 \text{ м.}$$

Розраховую кількість рядів світильників за формулою 5.3:

$$n_p = \frac{9}{6} = 1,5 = 2 \text{ ряди.}$$

Розраховую відстань від крайніх світильників до стін за формулою 5.4:

$$L_c = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ м.}$$

Розраховую відстань між рядами світильників за формулою 5.5:

$$L_b = \frac{11 - 2 \cdot 3}{2 - 1} = 5 \text{ м.}$$

Розраховую відстань між світильниками у ряду за формулою 5.6:

$$L_a = \frac{12}{5} = 2,4 \text{ м.}$$

Розраховую кількість світильників у ряду за формулою 5.7:

$$n_a = \frac{11 - 2 \cdot 3}{2,4} = 2,08 = 2 \text{ шт.}$$

Загальну кількість світильників розраховую за формулою 5.8:

$$N = 2 \cdot 2 = 4 \text{ шт.}$$

Визначаю індекс приміщення за формулою 5.9:

$$i = \frac{11 \cdot 9}{4,3 \cdot (11 + 9)} = 1,15.$$

Приймаємо нормовану освітленість $E_k = 200$ лк.

Коефіцієнт використання світлового потоку: $\eta = 0,61$.

Розрахунковий світловий потік визначаю за формулою 5.10:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 11 \cdot 9 \cdot 1,3 \cdot 1,3}{4 \cdot 0,61} = 13713 \text{ лм.}$$

За розрахованим значенням світлового потоку здійснюю вибір світлодіодних світильників: серії Direct 90 (див. табл. 5.2) з номінальною потужністю $P_{\text{л}} = 90$ Вт та світловим потоком $\Phi_{\text{л}} = 13500$ лм [8]

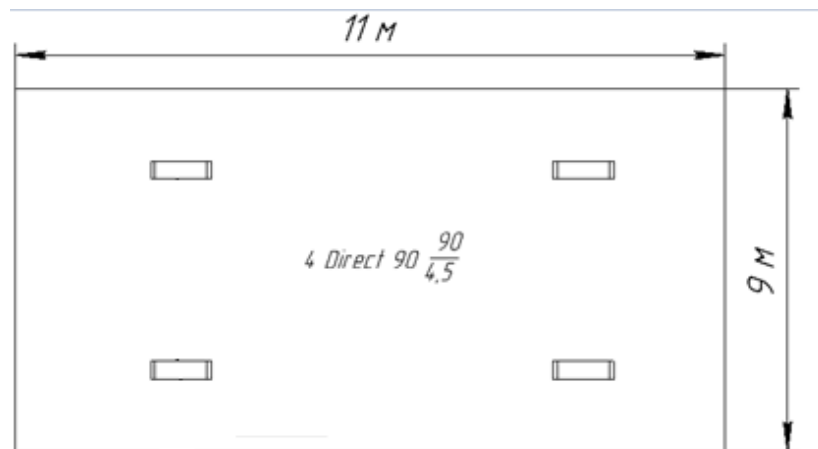


Рис. 5.1 – Схема розташування світильників у приміщенні цеху

Розрахую фактичну освітленість за формулою 5.11:

$$E_{\text{ф}} = 200 \cdot \frac{13500}{13713} = 196,9 \text{ лк.}$$

Відхилення освітленості від фактичного значення розрахую за формулою 5.12:

$$E\% = \frac{196,9 - 200}{100} \cdot 100\% = -3,1 \%$$

Відхилення фактичної освітленості не порушує межі допустимого діапазону.

Розраховують потужність освітлювальної установки за формулою 5.13:


$$P_{y1} = 90 \cdot 4 = 360 \text{ Вт} \rightarrow 0,36 \text{ кВт.}$$

Додатково над воротами цеху на висоті 3 м розміщують світильник від A.GLO моделі GL-11-30 потужністю $P_{y2} = 30 \text{ Вт}$ (див. табл. 5.3) [9] та датчиком руху SW-01 [10] (див. табл. 5.4).

Сумарно потужність освітлювальної установки становить:

$$P_y = P_{y1} + P_{y2} = 0,36 + 0,03 = 0,39 \text{ кВт.}$$

Таблиця 5.2 – Технічні характеристики світильника Direct 90

	Споживана потужність, Вт	90
	Світловий потік, Лм	13500
	Температура світіння, К	5000
	Кількість світлодіодів, шт.	546
	Напруга живлення, В	90-264 АС
	Частота мережі, Гц	50
	Індекс кольоропередачі, CRI	85
	Крива сила світла	Д
	Кліматичне виконання	УХЛ1
	Ступінь захисту	IP65
	Температурний діапазон, °С	-30...+50
	Матеріал виготовлення корпусу	алюміній
	Габарити, ДхШхВ, мм	1200x76x54
	Маса, кг	2,2

Таблиця 5.3 – Технічні характеристики світильника A.GLO GL-11-30

	Потужність прожектора, Вт	30
	Світловий потік, Лм	3000
	Індекс кольоропередачі, Ra	≥ 70
	Напруга живлення, В	175-265 AC
	Колірна температура, К	6400
	Кут розсіювання світла, °	120
	Клас енергоефективності	A+
	Ступінь захисту	IP65
	Температурний діапазон, °С	-40...+40
	Габаритні розміри, ДхШхТ, мм	121x143x30

Таблиця 5.4 – Технічні характеристики датчика руху SW-01

	
Фірма-виробник	Євросвітло
Потужність датчика, кВт	1,2
Тип монтажу	накладний
Регульовальна відстань, м	11
Напруга живлення, В	220-240 AC
Кут розгортки, °	1800
Діапазон часу спрацювання, с	5-420
Ступінь захисту	IP44
Температурний діапазон, °С	-10...+40
Габаритні розміри, ДхШхВ, мм	152x123x88

5.5 Електротехнічна частина розрахунку та вибір обладнання

Проведемо електротехнічний розрахунок провідників для освітлювальної установки. Для цього використаємо групу формул 5.14-5.20.

Струм системи освітлення визначається за формулою:

$$I_{A1-A3} = \frac{P_{роз}}{U_H \cdot \cos\mu}, \quad (5.14)$$

Моменти навантаження системи освітлення встановлюються за формулою:

$$M_{A1-A3} = P_{роз} \cdot l_{A1-A3}, \quad (5.15)$$

Момент освітлювального навантаження в майстерні визначається за формулою:

$$m_i = P_i \cdot l_i, \quad (5.16)$$

Розрахунковий переріз кабелю на ділянці встановлюється за формулою:

$$S_{A1-A3} = \frac{M_{A1-A3} + \alpha_{2-4} \cdot m_{осв}}{C_i \cdot \Delta U_{доп}}, \quad (5.17)$$

де: $\alpha = 1,85$;

C_i – число кількості провідників мережі (метраж);

$\Delta U_{доп}$ – допустимі втрати напруги, %;

$$\Delta U_{доп} = 2,5\%.$$

Можливі втрати напруги визначаються за формулою:

$$\Delta U_{A1-A3} = \frac{M_{A1-A3}}{C_4 \cdot S_{A1-A3}}, \quad (5.18)$$

Площу поперечного перерізу жил кабелю для живлення світильників розрахуємо за формулою:

$$S_i = \frac{m_i}{C_2(\Delta U_{доп} - \Delta U_{A1-A3})}, \quad (5.19)$$

Ймовірна втрата напруги в кінці лінії освітлення встановлюється за формулою:

$$\Delta U_i = \frac{m_i}{c_2 \cdot S_i}, \quad (5.20)$$

Розраховуємо струм системи освітлення за формулою 5.14:

$$I_{A1-A3} = \frac{390}{220 \cdot 0,95} = 1,14 \text{ А.}$$

Розраховуємо момент навантаження системи за формулою 5.15:

$$M_{A1-A3} = 0,39 \cdot 3 = 1,17 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

При найдовшій лінії момент навантаження становитиме (вираз 5.16):

$$m_{\text{осв.}} = 0,36 \cdot 16 = 5,76 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

Визначаємо розрахунковий переріз кабелю за формулою 5.17:

$$S_{A1-A3} = \frac{1,17 + 1,85 \cdot 5,76}{72 \cdot 2,5} = 0,07 \text{ мм}^2.$$

Розраховуємо можливі втрати напруги за формулою 5.18:

$$\Delta U_{A1-A3} = \frac{1,17}{72 \cdot 0,07} = 0,23 \text{ \%}.$$

Розраховуємо переріз жил кабелю для світильників за формулою 5.19:

$$S_i = \frac{5,76}{12 \cdot (2,5 - 0,23)} = 0,21 \text{ мм}^2.$$


Розраховуємо втрату напруги в кінці лінії освітлення за формулою 5.20:

$$\Delta U_i = \frac{5,76}{12 \cdot 1,5} = 0,32 \text{ \%}.$$


Для з'єднання освітлювальних елементів зі щитом А3 обираємо кабель типу ВВГ 3x1,5 мм². Для з'єднання освітлювального щита А3 з силовим щитом А1 обираємо кабель типу ВВГ 5x1,5 мм².

Для освітлювальної групи обираю автоматичний вимикач ЕТІМАТ 10 1р С на 1,6 А (див. табл. 5.5) [11]. Функцію ввідного автомата буде виконувати ЕТІМАТ 6 3р С на 6 А (див. табл. 5.6) [12].

Таблиця 5.5 – Технічні характеристики ЕТІМАТ 10 1р С

	Номінальний струм, А	1,6
	Максимальна вимикаюча здатність, кА	10
	Тип напруги	АС
	Кількість полюсів	1
	Характеристика відключення	С
	Електрична зносостійкість, циклів	10000
	Механічна зносостійкість, циклів	20000
	Діапазон температур, °С	-25...+50
	Ступінь захисту	IP20
	Спосіб монтажу	DIN-рейка

Таблиця 5.6 – Технічні характеристики ЕТІМАТ 6 3р С

	Номінальний струм, А	6
	Максимальна вимикаюча здатність, кА	6
	Тип напруги	АС
	Кількість полюсів	3
	Характеристика відключення	С
	Електрична зносостійкість, циклів	8000
	Механічна зносостійкість, циклів	20000
	Діапазон температур, °С	-25...+50
	Ступінь захисту	IP20
	Спосіб монтажу	DIN-рейка

Технічні характеристики обох автоматичних вимикачів дають змогу здійснити їх монтаж на DIN-рейці освітлювального щита АЗ.

План-схема цеху виготовлення кормів з електричною схемою розташування системи штучного освітлення наведена на аркуші 4 графічної частини проєкта.

6 ПРОЄКТУВАННЯ ПИТАНЬ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Вимоги охорони праці при приготуванні кормів на виробничій лінії

У процесі приготування пластівців із зернових сумішей надзвичайно важливо дотримуватись вимог охорони праці, оскільки робота на виробничій лінії пов'язана з потенційними ризиками травматизму, пожеж та шкідливого впливу на здоров'я працівників.

Умови встановлення та експлуатації обладнання.

Окремі вузли виробничої лінії повинні бути змонтованими відповідно до проєктної документації та технічних рекомендацій виробника. Важливо, щоб устаткування було встановлено на рівній стійкій поверхні в провітрюваному приміщенні з хорошим освітленням. Монтажні та пусконаладжувальні роботи повинні виконуватися лише кваліфікованими фахівцями.

Обладнання повинно бути оснащено всіма стандартними захисними кожухами, бар'єрами та огорожами, які унеможливають доступ до обертових або рухомих вузлів агрегату. Це дозволяє уникнути травмування частин тіла чи пошкодження одягу в процесі виконання технологічних операцій.

Пульт керування агрегатом разом з аварійним вимикачем має бути встановлений у зручному та легко доступному місці. У разі виникнення непередбачуваної ситуації це дозволяє миттєво зупинити вузли устаткування та запобігти можливим ушкодженням чи аварії.

Обслуговування та технічна справність.

Технічне обслуговування лінії по виготовленню кормів має проводитись регулярно, згідно з графіком, який затверджується службою охорони праці підприємства. Перевіряється стан усіх механічних вузлів, електропроводки,

датчиків та системи керування. При виявленні будь-якої несправності обладнання негайно виводиться з експлуатації до усунення проблеми.

Навчання персоналу.

До роботи на лінії приготування кормів допускаються лише працівники, які пройшли навчання та інструктажі з охорони праці. Інструктаж має включати:

- основи безпечної роботи з силовим устаткуванням;
- правила поведінки в разі виникнення аварійних ситуацій: поломок, короткого замикання, «перевантаження» обладнання;
- навички надання першої допомоги при травмах, отруєнні пилом тощо.

Інструктажі слід проводити не тільки перед початком роботи, а регулярно – не рідше одного разу на півроку, або при зміні чи модернізації виробничого обладнання.

Організація робочого процесу.

Організація виробництва кормів має бути спрямована на максимальне зменшення ризиків для здоров'я працівників:

- перед початком роботи слід перевірити технічну справність приводів вузлів устаткування, наявність усіх захисних елементів чистоту робочої зони;
- заборонено залишати сторонні предмети біля обладнання задля нівелювання ризику їх потрапляння до рухомих механізмів, що може спричинити поломку чи травмування;
- завантаження сировини має проводитись поступово, з урахуванням граничної місткості живильника та дозатора. Перевантаження призводить до зношування частин механізмів, блокування їх роботи або загального перегріву обладнання.

Безпека в надзвичайних ситуаціях.

У разі виникнення аварійної ситуації (несправність, поломка, задимлення, іскріння) працівник зобов'язаний негайно зупинити роботу агрегату за допомогою аварійного вимикача та повідомити відповідальну особу.

Суворо забороняється:

- проводити будь-які ремонтні або налагоджувальні роботи під час обертання механізмів виробничої лінії;
- відкривати захисні кожухи чи втручатися в роботу рухомих частин.

Усі ремонтні роботи мають виконуватись лише після повного відключення агрегату від електромережі, із встановленням попереджувальних знаків та блокуванням пускових пристроїв.

Ремонт і техобслуговування здійснюють тільки кваліфіковані працівники, які пройшли відповідну підготовку. Якщо ремонт пов'язаний з підйомом важких деталей, обов'язковим є використання кранів, тельферів або інших механізмів, що зменшують фізичне навантаження.

Усі замінені частини, технічні рідини, ганчір'я та відходи необхідно утилізувати відповідно до правил поводження з виробничими відходами.

Вимоги до зберігання матеріалів та протипожежної безпеки.

Сипучі інгредієнти, що використовуються для приготування кормів, повинні зберігатись у спеціально відведених приміщеннях або герметичних контейнерах, які захищають їх від вологи, пилу та сторонніх домішок.

Під час завантаження матеріалів у змішувач працівники мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту – респіраторами, захисними окулярами, рукавичками. Це особливо важливо при роботі з мікродобавками, які можуть викликати алергію або подразнення дихальних шляхів.

Запобіжні заходи від ймовірності загорань та пожежі включають:

- наявність сертифікованих вогнегасників, пожежних кранів та сигналізації;
- ознайомлення персоналу з правилами пожежогасіння;

- регулярне очищення приміщення від пилу, залишків кормів та інших легкозаймистих речовин;
- контроль за технічним станом електрообладнання та якісна ізоляція проводки.

У приміщенні має бути аптечка першої допомоги з усім необхідним для надання невідкладної медичної допомоги в разі травмування або отруєння.

Висновки.

Щоб забезпечити безпечні умови праці на підприємстві з виробництва кормів, необхідно створити ефективну систему управління охороною праці. До її основних елементів належать:

- призначення відповідальних осіб за охорону праці та чітке визначення їхніх функцій;
- регулярне проведення інструктажів, перевірок знань, навчань із застосуванням сучасних методик;
- систематичний контроль за дотриманням вимог охорони праці, перевірка робочих місць та технічного стану обладнання;
- розробка програм із покращення умов праці, зменшення шкідливих факторів та підвищення рівня професійної безпеки.

7 ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Вступ. Виробництво кормів – безумовно важливий процес, який займає своє місце в агропромисловому комплексі України. Проте, як і будь-який технологічний процес, ця діяльність має свій вплив на довкілля: через утворення пилу під час подрібнення, змішування та транспортування продукції. Проведення екологічної експертизи дозволяє оцінити потенційні ризики для довкілля та розробити ефективні заходи для їх зменшення або усунення [13].

Вплив. Основними негативними екологічними факторами, що супроводжують виробництво кормів, є:

- запилення повітря: утворення дрібнодисперсного пилу при подачі та змішуванні компонентів, особливо зернових, білкових добавок та мінералів;
- вплив на якість атмосферного повітря: пилові частинки можуть містити органічні сполуки, грибкові спори та залишки пестицидів, що погіршують якість повітря на території підприємства та в прилеглих районах;
- вторинне забруднення ґрунту та вод: осідання пилу на відкриті ґрунти та можливе потрапляння забруднених часток у водостічні системи;
- вплив на самопочуття працівників і місцевого населення: пил може викликати, подразнення слизових оболонок очей, інших органів чуттів, викликати, хронічні захворювання органів дихання (бронхіти, астму).

Заходи. Для мінімізації екологічного навантаження, пов'язаного із запиленням, рекомендується впровадження таких заходів:

- установлення систем аспірації та фільтрації повітря у виробничих приміщеннях (рукавні фільтри, циклонні уловлювачі, електрофільтри);
- герметизація обладнання, яке використовується для подрібнення, змішування та транспортування сировини;

- регулярне зволоження повітря та прибирання приміщень, включаючи використання промислових пирососів;
- озеленення території підприємства: створення захисних зелених зон, які зменшують розповсюдження пилу;
- забезпечення кожного працівника респіраторами, захисними окулярами, спецодягом та іншими засобами індивідуального захисту;
- моніторинг стану повітря, особливо на межі санітарно-захисної зони, з фіксацією показників концентрації пилу;
- обмеження швидкості руху транспорту територією підприємства;
- додаткове обладнання транспортних ліній та конвеєрів спеціальними пиловловлювачами.

Висновок. Проведений аналіз екологічного впливу виробництва зернових кормів в умовах запилення навколишнього середовища свідчить про наявність потенційних ризиків для атмосферного повітря, ґрунтів, водного середовища, а також здоров'я працівників і мешканців прилеглих територій. Основним негативним фактором визначено утворення дрібнодисперсного пилу, який може містити залишки хімічних речовин, біологічно активні сполуки і алергени.

Водночас, за умови впровадження комплексу технічних, економічних та організаційних заходів, підприємство може значно зменшити рівень запилення і вплив на довкілля. Зокрема, обладнання сучасними системами пиловловлювання, герметизація виробничих процесів, регулярне очищення приміщень, санітарно-гігієнічні заходи та екологічний моніторинг забезпечать дотримання нормативів, визначених у державних екологічних та санітарних вимогах.

Рекомендується також розглянути можливість впровадження систем екологічного менеджменту за стандартом ISO 14001, що сприятиме сталому розвитку підприємства та зменшенню екологічного навантаження в довгостроковій перспективі.

8 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЄКТУ

Вступ. Здійснення реконструкції електрифікації цеху по виробництву кормів у ТОВ «ККЗ» дозволить скоротити споживання електричної енергії. Автоматизована система керування лінією виготовлення кормів з новітнім технологічним обладнаннями потребуватиме обслуговування лише одним електромонтером, який виконуватиме роль оператора агрегату.

Визначення капіталовкладень на реконструкцію системи електрифікації виробничого приміщення та автоматизації системи керування лінією виготовлення кормів наведено в таблиці 8.1.

Ринкові ціни на технологічне обладнання та світлотехнічну продукцію є актуальними.

Таблиця 8.1 – Розрахунок капіталовкладень на реконструкцію системи електрифікації та автоматизації керування лінією виготовлення кормів

№ п/п	Найменування	Кількість одиниць обладнання, шт, м	Ціна за одиницю, грн	Всього, грн
Автоматизована система керування лінією виготовлення кормів				
Електричні двигуни				
1	AIP80B6УПУЗ	1	3470	3470
2	AIP100LУПУЗ	1	5867	5867
3	AIP100L8/6УПУЗ	1	4684	4684
4	AIP160M6УПУЗ	2	21008	42016
5	AIP63A4УПУЗ	1	1764	1764
Автоматичні вимикачі				
6	BA51-31-34	1	1500	1500
7	BA51Г-25-34	4	300	1200
8	BA51Г-31-34	2	1500	3000
9	BA14-26-14	1	150	150

Продовження таблиці 8.1

Магнітні пускачі				
10	ПМЛ 110-604	3	550	1650
11	ПМЛ 150-604	1	980	980
12	ПМЛ 310-604	2	600	1200
Сигнальна арматура				
13	АС 220/12	7	50	350
Кнопкові пости				
14	Перемикач ПКП25	1	700	700
15	ПКЕ-112-2У3	6	200	1200
Реле				
16	Реле часу ВЛ-46	3	800	2400
17	Струмове реле РМЗ	2	500	1000
Датчики рівня				
18	Мембранний МДУ-3	3	250	750
Електричне освітлення				
Світлотехнічна апаратура				
19	Світильники Direct 90	4	2700	10800
20	Прожектор А.GLO GL-11-30	1	250	250
Автоматичні вимикачі				
21	ЕТИМАТ 10 1р С 1,6 А	3	130	390
22	ЕТИМАТ 6 1р С 6 А	1	200	200
23	ЕТИМАТ 6 3р С 25 А	1	465	465
Електричні шафи				
24	Ш5933-4674У3	1	18000	18000
25	ЩР-11-73505-54У3	1	16000	16000
26	ЯРН 8501-4205	1	2000	3000
Всього, грн				122986

Визначення техніко-економічних показників

Річна зарплата електромонтера з ремонту та обслуговування устаткування становить [14]:

$$Z_p = (Z_m \cdot n) \cdot 12, \quad (8.1)$$

де: Z_p – місячний оклад електромонтера (в 2024 році – 12000 грн, в 2025 році – 15000 грн).

Витрати коштів на оплату праці електромонтерів до розробки проекту реконструкції та автоматизації:

$$Z_p = (12000 \cdot 2) \cdot 12 = 288000 \text{ грн.}$$

Витрати коштів на оплату праці електромонтера відповідно до запропонованого проекту:

$$Z_p = (15000 \cdot 1) \cdot 12 = 180000 \text{ грн.}$$

Спостерігається суттєве скорочення витрат на оплату праці:

$$\Delta Z = 288000 - 180000 = 108000 \text{ грн.}$$

Об'єм спожитої електроенергії цехом виготовлення кормів за минулий рік згідно даних ТОВ «ККЗ» становить $W_6 = 18000$ кВт · год.

Прогнозований відсоток зменшення витрат на електроенергію $k = 20$ %.

Розрахуємо об'єм спожитої електроенергії після реконструкції системи електрифікації приміщень:

$$W_{\Pi} = W_6 - \frac{W_6 \cdot k}{100}, \quad (8.2)$$

$$W_{\Pi} = 18000 - \frac{18000 \cdot 20}{100} = 14400 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Зменшені грошові витрати на оплату прогнозованої спожитої електроенергії при ціні 4,32 грн за кВт·год визначимо за формулою:

$$E_{\text{ел}} = (W_6 - W_{\Pi}) \cdot 4,32 \quad (8.3)$$

$$E_{\text{ел}} = (18000 - 14400) \cdot 4,32 = 15552 \text{ грн.}$$

Сумарний прибуток від реконструкції системи електрифікації становить:

$$E_p = \Delta Z + E_{ел}, \quad (8.4)$$

$$E_p = 108000 + 15552 = 123552 \text{ грн.}$$

Визначимо термін окупності капіталовкладень, витрачених на закупівлю обладнання для реконструкції системи електрифікації та автоматизації системи керування лінією виготовлення кормів:

$$T_{ок} = \frac{K}{E_p}, \quad (8.5)$$

де: K – капіталовкладення, прораховані в таблиці 8.1 ($K = 122986$ грн).

$$T_{ок} = \frac{122986}{123552} = 0,99 = 1 \text{ рік.}$$

Розрахуємо коефіцієнт економічної ефективності:

$$E_{e.e.} = \frac{E_p}{K}, \quad (8.6)$$

$$E_{e.e.} = \frac{123552}{122986} = 1,004.$$

Показники економічної ефективності проекту реконструкції системи електрифікації цеху виготовлення кормів представлені на аркуші 5 графічної частини проекту та в таблиці 8.2.

Висновки. Прийняті електротехнічні рішення щодо проектування автоматизованої системи керування лінією виготовлення кормів та реконструкція електрифікації виробничого приміщення суттєво зменшать споживання електроенергії з прибутком в 15526 грн на рік за умови сталого тарифу на електроенергію. Кількість електротехнічного персоналу також можна скоротити, що принесе додатковий прибуток в розмірі 108000 грн на рік.

Загальний прибуток від реалізації проекту становить 123552 грн з терміном окупності близько 1 року.

Таблиця 8.2 – Показники економічної ефективності проекту

Показники	Варіанти	
	базовий	проектний
Додаткові грошові витрати, грн.	-	122986
Об'єм спожитої електроенергії, кВт·год	18000	14400
Прибуток від зменшення споживання електричної енергії, грн	-	15552
Кількість електромонтерів, чол	2	1
Витрати на оплату праці, грн	288000	180000
Прибуток від зниження видатків на оплату праці електромонтерам, грн	-	108000
Загальний прибуток, грн	-	123552
Коефіцієнт економічної ефективності	-	1,004
Термін окупності, років	-	0,99

ВИСНОВКИ

У результаті реконструкції системи електрифікації цеху ТОВ «Кролевецький комбікормовий завод» у місті Кролевець, а також розробки автоматизованої системи керування лінією виробництва кормів із модернізацією силового електрообладнання, очікується досягнення таких позитивних результатів:

- підвищення надійності функціонування електромережі у виробничому приміщенні;
- забезпечення нормативного рівня освітленості завдяки впровадженню сучасних світлодіодних освітлювальних приладів;
- покращення технічних та екологічних умов праці персоналу;
- зниження споживання електроенергії до 20%;
- економія витрат на електроенергію в розмірі 15552 грн щорічно;
- оптимізація чисельності обслуговуючого персоналу виробничої лінії до одного електрика;
- скорочення витрат на оплату праці на суму 108000 грн, враховуючи прогнозоване зростання заробітної плати для електрика;
- отримання прибутку від реалізації проектних заходів у розмірі 123552 грн.

Згідно з проведеними техніко-економічними розрахунками, термін окупності впроваджених технічних рішень становить один рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. YouControl – сервіс перевірки контрагентів. ТОВ «Кролевецький комбікормовий завод» (L L C Krolevetsky Feed Mill). Режим доступу: https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/00686279/
2. Грицун А.В., Яропуд В.М., Бабин І.А. Обладнання для приготування та роздавання кормів. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Машини та обладнання для тваринництва» студентами факультету механізації сільського господарства напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» денної форми навчання. – Вінниця: ВНАУ, 2016 – 58 с.
3. Харківський вентиляційний завод . Каталог асинхронних електричних двигунів АІР. Режим доступу: <https://khvent.com.ua/g90261823-elektrodivigateli-asinhronnye>.
4. Василега П.О. Електропривод робочих машин : підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 290 с.
5. BukLib. Автоматизація зернопунктів. Датчик МДУ-3. Режим доступу: <https://buklib.net/books/35499/>.
6. Техпостач: електротехнічна компанія. Реле часу ВЛ-46. Режим доступу: <http://www.tehpostach.kiev.ua/vl-46m.htm>.
7. Кушлик Р.В., Яковлев В.Ф., Куценко Ю.М., Лисиченко М.Л., Кунденко М.П., Федюшко Ю.М. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. Х: ТОВ «Планетапрінт», 2016. 332 с.
8. TECHNO LED. Світлодіодний лінійний світильник Direct 90. Режим доступу: <https://technoled.com.ua/ua/catalog/cvetodiodnyy-lineynyy-svetilnyk-direct-90-vt>.
9. ЄВРОСВІТЛО. Прожектор світлодіодний А.GLO GL-11-30. Режим доступу: <https://evrosvet.com.ua/ua/product/prozhektor-svetodiodnyy-a-glo-gl-11-30-30w-6400k/>.

10. ЄВРОСВІТЛО. Датчик руху настінний SW-01 180° Чорний. Режим доступу: <https://evrosvet.com.ua/ua/product/datchik-dvizheniya-nastennyu-vrosvitlo-sw-01-180-chernyy/#gallery-3>.
11. 001.COM.UA. Автоматичний вимикач ЕТІМАТ 10 1Р 1,6 А. Режим доступу: <https://001.com.ua/uk/avtomatychnyy-vumykach-etimat-10-10ka-1p-1-6-a-har-ka-c-eti#chars>.
12. 001.COM.UA. Автоматичний вимикач ЕТІМАТ 6 3Р 6 А. Режим доступу: <https://001.com.ua/uk/avtomatychnyy-vumykach-etimat-6-6ka-3p-6-a-har-ka-c-eti#chars>.
13. Яковлев В. Ф., Барсукова Г. В. Методичні вказівки до виконання розділу «Екологічна експертиза» в випускних роботах здобувачами вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальностей 2 першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. – Суми: СНАУ, 2021. – 12 с.
14. Кравець О.В. Методичні вказівки до економічної частини дипломних проектів ФЕСВ / О.В. Кравець, М. І. Стручаєв. – Мелітополь : ТДАТА, 2004. – 15 с.