

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

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

доцент Чепіжний А.В.

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ
за першим бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Реконструкція системи електрифікації складу будівельних матеріалів ТОВ «ВБК компанія «Федорченко» м. Суми з розробкою автоматизованої системи керування краном мостового типу»

Виконав

_____ (підпис)

Убийвовк А. С.
(прізвище, ініціали)

Група

ГЕЕ 2201 с.т.

Керівник:

_____ (підпис)

Савойський О. Ю.
(прізвище, ініціали)

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

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

доцент _____ Чепіжний А.В.
(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Убийвовку Артему Сергійовичу
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема (бакалаврського) проекту: «Реконструкція системи електрифікації складу будівельних матеріалів ТОВ «ВБК компанія «Федорченко» м. Суми з розробкою автоматизованої системи керування краном мостового типу»

керівник проекту: *Савойський Олександр Юрійович, старший викладач*
затверджено наказом по університету від «27» березня 2024 р. № 912/ОС.

2. Термін подання здобувачем закінченого проекту «20» травня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту Матеріали обстеження об'єкту, технічна література, нормативна документація, державні стандарти.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Вступ.

1. Коротка характеристика об'єкту проектування

2. Технологічна частина

3. Розрахунок електроприводів кранових механізмів

4. Розробка системи керування крановим механізмом

5. Вибір провідників та пускозахисної апаратури

6. Розрахунок системи освітлення складу

7. Охорона праці

8. Екологія

9. Економічне обґрунтування

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)

1. Склад будівельних матеріалів. Установка освітлювальна. Схема електрична розташування.

2. Кран мостового типу. Система керування автоматизована. Схема електрична принципова.

3. Кран мостового типу. Система керування автоматизована. Шафа керування. Схема електрична з'єднань.

4. Кран мостового типу. Система керування автоматизована. Схема електрична підключень.

5. Показники техніко-економічні. Таблиця.

6. Консультанти розділів проекту (з вказівкою розділів, що відносяться до проекту)

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційного проекту	Строк виконання етапів кваліфікаційного проекту	Примітки
1	Збір інформації про діяльність господарства	05.09.2023 р. – 30.09.2023 р.	
2	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	02.10.2023 р. – 02.12.2023 р.	
3	Складання плану роботи	04.12.2023 р. – 09.12.2023 р.	
4	Написання вступу та розділу 1	11.12.2023 р. – 21.12.2023 р.	
4	Написання розділів 2, 3 та 4. Підготовка листів 1 та 2 графічної частини.	05.02.2024 р. – 02.03.2024 р.	
5	Написання розділів 5 та 6. Підготовка листів 3 та 4 графічної частини.	04.03.2024 р. – 06.04.2024 р.	
6	Написання розділів 7, 8 та 9. Підготовка листа 5 графічної частини.	08.04.2024 р. – 04.05.2024 р.	
8	Написання висновків	06.05.2024 р. – 11.05.2024 р.	
9	Подання проекту на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 13.05.2024 р.	
10	Подання проекту на рецензування	до 20.05.2024 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис) **(Убийвовк А. С.)**
(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційного проекту

_____ (підпис) **(Савойський О.Ю.)**
(прізвище, ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування			К-ть листів	Номер листа	Примітки		
1	A4	ДП.6.03.012.ПЗ	Реконструкція системи електрифікації			59	4			
2			складу будівельних матеріалів							
3			ТОВ «ВБК компанія «Федорченко»							
4			м. Суми з розробкою автоматизованої							
5			системи керування краном мостового							
6			типу. Кваліфікаційний проект.							
7			Пояснювальна записка.							
8	A1	ДП.6.03.012.E7	Склад будівельних матеріалів.			1	1			
9			Установка освітлювальна. Схема							
10			електрична розташування.							
11	A1	ДП.6.03.012.E3	Кран мостового типу. Система			1	2			
12			керування автоматизована.							
13			Схема електрична принципова.							
14	A2	ДП.6.03.012.E4	Кран мостового типу. Система			1	3			
15			керування автоматизована.							
16			Шафа керування.							
17			Схема електрична з'єднань.							
18	A1	ДП.6.03.012.E5	Кран мостового типу. Система			1	4			
19			керування автоматизована.							
20			Схема електрична підключень.							
21	A1	ДП.6.03.012.ТБ	Показники техніко-економічні.			1	5			
22			Таблиця.							
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
					ДП.6.03.012.ТП					
Зм.	Лист	№ документа	Під-пис	Да-та	Відомість проекту					
Розробив	Убийвовк							Літ	Лист	Листів
Перевірив	Савойський							i	4	59
Н.контр.	Рибенко							СНАУ, гр. ГЕЕ 2101 ст.		
Затверд.	Чепіжний									

РЕФЕРАТ

Реконструкція системи електрифікації складу будівельних матеріалів ТОВ «ВБК компанія «Федорченко» м. Суми з розробкою автоматизованої системи керування краном мостового типу. Кваліфікаційний проект / Убийвовк Артем Сергійович – Суми.: СНАУ, 2024 р. – 59 с.

Дипломний проект присвячений реконструкції системи електрифікації складу будівельних матеріалів ТОВ «ВБК компанія «Федорченко» в м. Суми з розробкою автоматизованої системи керування краном мостового типу. В роботі подано коротку характеристику об'єкту проектування, зокрема загальні відомості про компанію та опис складу будівельних матеріалів.

В розрахунковій частині представлено вимоги до електроприводів кранових механізмів, а також розрахунок механізмів підйому, переміщення візка та крану. Проект передбачає розробку системи керування крановим механізмом, що включає опис технологічних вимог, розробку та опис схеми керування, схем з'єднань шафи керування та підключень системи керування мостовим краном, а також перелік елементів схеми керування.

Окрему увагу приділено вибору провідників та пускозахисної апаратури, включаючи вибір кабелів, автоматичних вимикачів та магнітних пускачів. Розраховано систему освітлення складу, включаючи світлотехнічний та електротехнічний розрахунки, а також перелік матеріалів та обладнання.

Ключові слова: електрифікація, склад будівельних матеріалів, автоматизована система керування, кран мостового типу, ТОВ «ВБК компанія «Федорченко», електроприводи, автоматичні вимикачі, магнітні пускачі, система освітлення.

Ілл. 4

Табл. 4

Бібл. 20

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ	9
1.1. Загальні відомості про компанію	9
1.2. Опис складу будівельних матеріалів	10
1.3. Висновки та пропозиції	11
1.4. Висновки та пропозиції	12
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	13
2.1. Вимоги, що пред'являються до підйомно-транспортного обладнання .	13
2.2. Вибір типу крану	14
2.3. Будова обраного типу підйомального механізму	15
2.4. Опис приміщення складу	16
2.5. Технологічні вимоги до системи електрифікації складу	17
3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ КРАНОВИХ МЕХАНІЗМІВ....	18
3.1. Вимоги до електроприводів кранових механізмів	18
3.2. Розрахунок механізму підйому	18
3.3. Розрахунок електроприводу механізму переміщення візка	21
3.4. Розрахунок електроприводу механізму переміщення крану.....	23
4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КРАНОВИМ МЕХАНІЗМОМ	27
4.1. Технологічні вимоги до системи керування кранового механізму	27
4.2. Розробка та опис схеми керування.....	28
4.3. Розробка схем з'єднань шафи керування мостовим краном	30
4.4. Розробка схеми підключень системи керування мостовим краном	30
4.5. Перелік елементів схеми керування краном	31

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

5. ВИБІР ПРОВІДНИКІВ ТА ПУСКОЗАХИСНОЇ АПАРАТУРИ	32
5.1. Вибір кабелів для електроустаткування мостового крану	32
5.2. Вибір автоматичних вимикачів	34
5.3. Вибір магнітних пускачів.....	35
6. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ СКЛАДУ	37
6.1. Світлотехнічний розрахунок системи освітлення складу.....	37
6.2. Електротехнічний розрахунок системи освітлення складу.....	40
6.3 Перелік матеріалів та обладнання системи освітлення складу.....	41
7. ОХОРОНА ПРАЦІ	42
8. ЕКОЛОГІЯ	45
9. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	47
ВИСНОВКИ	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	51
ДОДАТКИ.....	54

ВСТУП

Реконструкція системи електрифікації складу будівельних матеріалів ТОВ «ВБК компанія «Федорченко» є надзвичайно важливим проектом з кількох причин. По-перше, оновлення електрифікації дозволить підвищити ефективність енергоспоживання, знизивши витрати на електроенергію та зменшивши навантаження на місцеву електромережу. Це також сприятиме більш стабільному та безперебійному енергопостачанню, що є критично важливим для безперервної роботи складу.

Другою важливою складовою є впровадження автоматизованої системи керування краном мостового типу. Це дозволить значно підвищити продуктивність роботи складу за рахунок зменшення часу, необхідного для переміщення та завантаження будівельних матеріалів. Автоматизація процесів забезпечить більш точне та швидке виконання операцій, що, в свою чергу, знизить ймовірність людських помилок та підвищить загальну безпеку на робочому місці.

Крім того, впровадження таких інноваційних рішень дозволить ТОВ «ВБК компанія «Федорченко» залишатися конкурентоспроможною на ринку, адаптуючись до сучасних технологічних вимог. Це також може залучити нових клієнтів та партнерів, які цінують інновації та ефективність у логістиці та управлінні складськими процесами.

Загалом, реконструкція системи електрифікації та розробка автоматизованої системи керування краном мостового типу сприятиме не лише підвищенню внутрішньої ефективності компанії, але й поліпшенню умов праці для працівників, зниженню експлуатаційних витрат та посиленню позицій компанії на ринку будівельних матеріалів.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Загальні відомості про компанію

ТОВ «БВК КОМПАНІЯ «ФЕДОРЧЕНКО» було засноване в 1996 році.

ТОВ «БВК компанія «Федорченко» є значущим учасником будівельного ринку, що спеціалізується на широкому спектрі будівельних та ремонтних робіт. Основна діяльність компанії включає зведення житлових та комерційних будівель, що охоплює весь процес від проектування до завершення будівництва. Компанія забезпечує комплексне управління будівельними проектами, включаючи архітектурне проектування, інженерні розрахунки, а також контроль за виконанням будівельних робіт.

Крім зведення нових будівель, ТОВ «БВК компанія «Федорченко» займається капітальним ремонтом та реконструкцією існуючих споруд. Ці роботи включають оновлення фасадів, заміну комунікаційних систем, покращення внутрішніх приміщень та модернізацію будівель у відповідності з сучасними стандартами комфорту та безпеки. Особлива увага приділяється енергоефективним рішенням, що дозволяють знизити експлуатаційні витрати і підвищити екологічність об'єктів.

Компанія також надає послуги з монтажу інженерних мереж, таких як електропостачання, водопостачання, каналізація та системи опалення. Важливою складовою діяльності є виконання робіт з благоустрою територій, що включає облаштування доріг, тротуарів, озеленення та створення зон відпочинку.

ТОВ «БВК компанія «Федорченко» активно впроваджує новітні технології та будівельні матеріали, що забезпечує високу якість виконуваних робіт та відповідність міжнародним стандартам. Завдяки професійному підходу, досвіду та компетенції, компанія зарекомендувала себе як надійний партнер у будівельній галузі, здатний реалізовувати проекти різної складності та масштабу.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Опис складу будівельних матеріалів

Склад будівельних матеріалів призначений для ефективного зберігання, обліку та розподілу різноманітних будівельних ресурсів, необхідних для реалізації будівельних проектів. Його основна функція полягає в забезпеченні безперебійного постачання матеріалів на будівельні майданчики, що дозволяє підтримувати високу продуктивність та знижувати ризики затримок через нестачу необхідних ресурсів.

Склад відіграє ключову роль у логістиці будівельного процесу, адже дозволяє організувати зберігання матеріалів у належних умовах, запобігаючи їх пошкодженню або втраті. Відповідна організація простору та системи зберігання дає змогу швидко знайти та відвантажити потрібні матеріали, що значно оптимізує процес будівництва. До того ж, на складі проводиться облік та контроль за наявністю матеріалів, що допомагає вчасно поповнювати запаси і уникати їх дефіциту.

Окрім цього, склад будівельних матеріалів забезпечує збереження якості матеріалів шляхом дотримання необхідних умов зберігання, таких як вологість, температура та захист від механічних пошкоджень. Це особливо важливо для таких матеріалів, як цемент, деревина, металеві конструкції та інші, що можуть втратити свої властивості при неправильному зберіганні.

Таким чином, склад будівельних матеріалів є невід'ємною частиною будівельної інфраструктури, забезпечуючи надійне та ефективне управління матеріальними ресурсами. Його призначення полягає в тому, щоб сприяти безперебійній роботі будівельних проектів, зберігаючи та розподіляючи будівельні матеріали у належний спосіб.

Склад будівельних матеріалів являє собою цех (рис. 1.1), в якому встановлені різні пристосування для зберігання матеріалу: стелажі (для зберігання сталі), касети (для металевих, залізобетонних ферм, балок, стінових панелей), піраміди (для віконного скла). Уздовж стелажів прокладені рейки, по яких переміщується козловий кран під час роботи. Оскільки головна робоча

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зона знаходиться під прольотом крана, основна частина стелажів розташовується в цьому просторі. Можливість виходу вантажопідіймальної візки на виносні консолі за межі крана дозволяє використовувати великі площі складу.

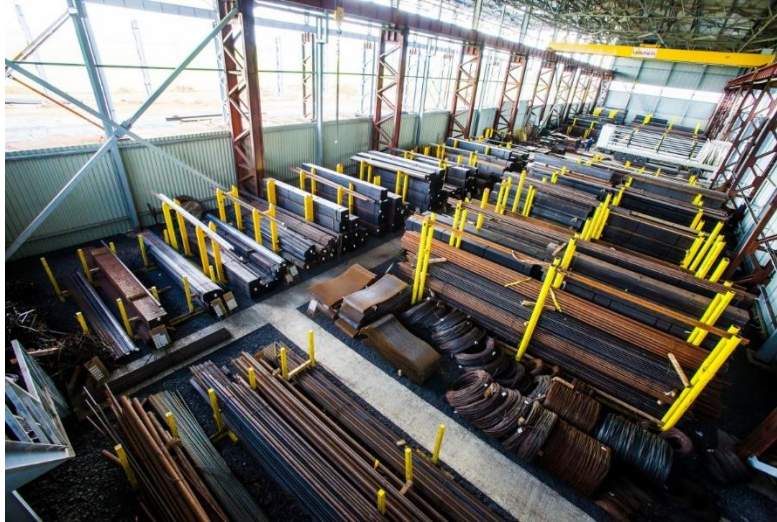


Рис. 1.1. Склад будівельних матеріалів

1.3. Висновки та пропозиції

Система електрифікації складу будівельних матеріалів ТОВ «ВБК компанія «Федорченко» має ключове значення для забезпечення його функціонування, зокрема для освітлення приміщення та живлення мостового крану, що використовується для переміщення вантажів. Наразі електрична енергія на складі розподіляється через старі проводи типу АПВ, які вже не відповідають сучасним стандартам безпеки та енергоефективності.

Використання застарілих автоматичних вимикачів, таких як серія АЕ1031, часто призводить до збоїв у подачі електроенергії, оскільки ці пристрої мають обмежений термін служби і не забезпечують належного рівня захисту від перевантажень та коротких замикань. Магнітні пускачі ПМЛ, які використовуються для керування електродвигунами мостового крану, також вже не відповідають сучасним вимогам, через що часто виходять з ладу, що призводить до простоїв у роботі складу.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Особливу увагу слід звернути на систему автоматизованого керування краном, яка теж застаріла і часто виходить з ладу. Збої в роботі цієї системи можуть бути спричинені як зношеністю обладнання, так і недостатньо ефективним програмним забезпеченням. Крім того, існує ризик механічних несправностей, таких як зношення електромоторів та проблеми з електропроводкою, що також потребує уваги.

1.4. Висновки та пропозиції

Загалом, система електрифікації складу потребує комплексної реконструкції для підвищення її надійності, безпеки та ефективності. Заміна застарілих провідників, автоматичних вимикачів та магнітних пускачів на сучасні аналоги, відповідні поточним стандартам, дозволить забезпечити стабільне енергопостачання та уникнути частих простоїв.

Крім того, модернізація системи автоматизованого керування краном, з використанням сучасних технологій та обладнання, значно підвищить продуктивність і безпеку роботи складу.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Вимоги, що пред'являються до підйомно-транспортного обладнання

Багато виробництв в останні кілька років прагнуть перейти від ручної праці до часткової або повної автоматизації виробництва за рахунок впровадження автоматичних верстатів, вантажопідйомних механізмів і повністю автоматизованих ліній.

Будівельні матеріали, що надходять, у величезній кількості, необхідно прийняти, розвантажити і зберегти, а до моменту споживання доставити до місця переробки. На деяких об'єктах понад 70% витраченої праці припадає саме на транспортно-перевалочні та складські операції.

Великий обсяг у будівництві займають вантажно-розвантажувальні операції з штучними вантажами – лісоматеріалами, сортовим металом, металевими конструкціями та конструкціями із збірного залізобетону. Особливості цієї категорії будівельних вантажів – їхня значна одинична вага і великі габаритні розміри, що визначає умови їх зберігання, а також засоби механізації їх транспортування і перевантаження.

Вантажно-розвантажувальні операції з штучними вантажами механізують у більшості випадків за допомогою різних вантажопідйомних машин з різними вантажозахоплювальними пристосуваннями.

Вибір способів виробництва робіт повинен передбачати запобігання або зниження небезпечних і шкідливих виробничих факторів шляхом [1-3]:

- механізації та автоматизації вантажно-розвантажувальних робіт;
- застосування пристроїв і пристосувань, що відповідають вимогам безпеки;
- застосування знакової та інших видів сигналізації під час переміщення вантажів підйомно-транспортним обладнанням;

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- правильного розміщення і укладання вантажів у місцях виробництва робіт та в транспортні засоби;

2.2. Вибір типу крану

Оскільки в більшості випадків одні й ті самі роботи можуть бути виконані кранами різних типів, то в кожному конкретному випадку необхідно вибирати оптимальний тип крана на основі порівняння варіантів. При порівнянні варіантів треба враховувати, що вибір типу крана в ряді випадків впливає на загальну технологію робіт [1-3].

Найчастіше доводиться вибирати і порівнювати крани між першою і другою групою.

Перша група – самохідні повноповоротні крани загального призначення. Ці крани застосовуються найбільш широко, їхні особливості – порівняно висока початкова вартість, наявність автономних двигунів, знижені трудомісткість і вартість приведення з транспортного положення в робоче.

Друга група – спеціалізовані універсальні крани загального призначення, тобто козлові та жорстконогі крани. Крани цієї групи відрізняються вужчою сферою застосування, меншою початковою вартістю, живленням двигунів від зовнішніх джерел, підвищеними трудомісткістю і вартістю приведення з транспортного положення в робоче.

За рівної вантажопідйомності вартість машино-зміни крана другої групи буде нижчою, ніж першої у разі тривалої роботи крана без перебазування. При короткочасній роботі та частих перебазуваннях більш економічним є кран першої групи.

З огляду на те, що склад будівельних матеріалів являє собою будівлю, використання самохідних повноповоротних кранів не є можливим. Більш доцільним варіантом буде встановлення крана другої групи (козлового мостового), оскільки часте перебазування не потрібне, а необхідна стаціонарна установка.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тонн. При цьому балка може бути представлена ригелем прямокутного перерізу з сортового прокату або трикутного перерізу з труб.

Головні балки козлового крана закріплюються до опор, а вантажні канати проходять між ними. Вантажний візок при цьому переміщується всередині конструкції. Конструкція однобалкової прольотної конструкції може мати розкоси. Тоді вантажний механізм пересувається у верхній частині прольоту, а вантаж підвішується до траверси.

У разі, коли обладнання встановлено на вантажному візку, то переміщення по вертикалі відбувається по поясах балки. Якщо механізм розташований на мосту стаціонарно, то для переміщення передбачаються спеціальні умови запасовки каната підйомної лебідки. Він проходить до блоку через вантажний поліспаст, і далі до кінцевої балки через другий блок. За такою схемою зменшується загальна вага агрегата в середньому на 20 % за рахунок зменшення ваги мосту та маси вантажного візка.

Пересування козлового крана здійснюється за допомогою колісного приводу, розташованого на опорах. Він представляє собою асинхронний механізм з двигуном і двофазним мотором, який з'єднаний з колесами. Крани оснащені гальмівним пристроєм і протиугінним захватом.

Проліт козлового крана представляє собою пролітні балки коробчастого перерізу з рейками для ходових роликів вантажного механізму. З зовнішніх сторін, на рівні верхніх поясів, конструкції доповнені майданчиками.

2.4. Опис приміщення складу

Приміщення складу будматеріалів каркасного типу, з розмірами 30x68 м та висотою 12 м, мають стіни та дах з оцинкованої рулонної сталі, а підлога виконана з бетону. Згідно з джерелом [4, 5], всі виробничі приміщення складу, з огляду на їхню характеристику до можливого ураження електричним струмом, віднесені до категорії приміщень з підвищеною небезпекою, а за умовами навколишнього середовища – вони вважаються сухими.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Технологічні вимоги до системи електрифікації складу

Згідно з технологічними вимогами до системи електрифікації складу будівельних матеріалів та системи автоматизованого керування мостовим краном, необхідно враховувати наступне [6-9]:

– забезпечення достатньої потужності та надійності електричних мереж для живлення різноманітного обладнання, включаючи освітлення, конвеєри, підйомні механізми;

– використання ефективних систем розподілення електроенергії для забезпечення безперебійного живлення та управління електричним обладнанням;

– використання високоякісних провідників та кабелів, які відповідають вимогам безпеки та ефективності.

– встановлення систем автоматизованого керування, які дозволяють ефективно керувати процесами на складі, включаючи систему автоматизованого керування мостовим краном;

– реалізація системи керування, яка забезпечує точність, швидкість і безпеку підйому та переміщення вантажів мостовим краном;

– використання сучасних технологій автоматизації для оптимізації процесів керування та моніторингу стану обладнання;

– забезпечення відповідності системи стандартам безпеки та нормам експлуатації.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ КРАНОВИХ МЕХАНІЗМІВ

3.1. Вимоги до електроприводів кранових механізмів

Електроприводи кранових механізмів є ключовою складовою їхньої конструкції, і вони повинні відповідати ряду вимог, щоб забезпечити ефективну та безпечну експлуатацію крана. Перш за все, ці приводи повинні мати достатню потужність для забезпечення підйому та переміщення вантажів різної маси та розміру. Точність управління також є критичною, оскільки кран повинен бути здатен рухатися з точністю до міліметра для безпечного та ефективного розташування вантажів.

Надійність є іншою важливою характеристикою електроприводів. Вони повинні працювати стабільно протягом тривалого часу без відмов, що особливо важливо у виробничих та промислових умовах. Забезпечення безпеки також є невід'ємною частиною вимог до електроприводів кранових механізмів. Вони повинні мати вбудовані заходи захисту від перевантаження, перегріву та інших аварійних ситуацій, щоб уникнути небезпечних ситуацій.

По мірі зростання усвідомлення екологічних проблем, енергоефективність також стає важливою характеристикою. Електроприводи повинні мінімізувати споживання електроенергії, сприяючи економії ресурсів та зниженню викидів. Наостанок, вони повинні бути простими у встановленні та обслуговуванні, забезпечуючи зручність у використанні та мінімізуючи час простою крана під час технічного обслуговування. Таким чином, вимоги до електроприводів кранових механізмів включають в себе потужність, точність, надійність, безпеку, енергоефективність та зручність у використанні та обслуговуванні.

3.2. Розрахунок механізму підйому

Вихідні дані для розрахунку:

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вантажопідйомність $m_z = 10m = 10000 \text{ кг}$;
 - швидкість підйому $V = 0.4 \text{ м/с}$;
 - висота підйому $H = 8 \text{ м}$;
 - режим навантаження L2 – помірний;
 - група класифікації механізму – М6
- Статична потужність електродвигуна [7]:

$$P = \frac{F_z \cdot V}{\eta_m}, \quad (3.1)$$

де η_m – попереднє значення ККД (для механізму підйому з циліндричним редуктором).

$$P = \frac{9.81 \cdot 10^4 \cdot 0.4}{0.9} = 36,8 \cdot 10^3 \text{ Вт.}$$

За довідковою літературою [7] обираємо електродвигун серії 4МТФ (ПВ=40%). Технічні дані двигуна наступні 4МТФ(Н)225М6 наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Технічні характеристики електродвигуна 4МТФ(Н)225М6

Параметр	Значення	
Потужність	P	37 кВт
Частота обертання умовна (фактична)	ν	1000 (955) об/хв
Напруга	U	220 / 380 В
ККД	η	87,0%
Коефіцієнт потужності	$\cos\phi$	0,81
Номинальна сила струму статора	I_n	80 А
Номинальна сила струму ротора	I_p	80 А
Момент інерції ротора	M_p	0,075 кг·м ²
Максимальний момент	M_{\max}	1112 Н·м
Напруга між кільцями	U_k	295 В
Вага	m	400 кг

Кутова частота обраного електродвигуна [7]:

$$\omega_3 = \frac{\pi \cdot n}{30}; \quad (3.2)$$

$$\omega_3 = \frac{3.14 \cdot 965}{30} = 101 \text{ рад} / \text{с}.$$

Статичний момент на вхідному валу редуктора при гальмуванні [7]:

$$M_{cm} = \frac{T \cdot \eta_m \cdot \eta}{U}; \quad (3.3)$$

де η_m - ККД механізму, який можна прийняти рівним ККД редуктора.

$$M_{cm} = \frac{12000 \cdot 0.96 \cdot 0.97}{50} = 223.5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Гальмівний момент, на який регулюють гальмо:

$$M_{mp} \geq k \cdot M_{cm}, \quad (3.4)$$

де k - коефіцієнт запасу гальмування = 1.5

$$M_{mp} = 1.5 \cdot 223.5 = 335.25 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Обираємо гальмо ТКГ-300 з гальмівним моментом $M_{\max}=300$ Нм, маса 55 кг, $L=772$ мм [7].

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Розрахунок електроприводу механізму переміщення візка

Визначаємо масу візка за виразом [7]:

$$m_T = 0.3m_2; \quad (3.5)$$

$$m_T = 0,3 \cdot 10000 = 3000 \text{ кг.}$$

Визначаємо масу візка з вантажем:

$$m_{TG} = m_2 + m_T; \quad (3.6)$$

$$m_{TG} = 10000 + 3000 = 13 \cdot 10^3 \text{ кг.}$$

Визначаємо вагу візка:

$$F_T = gm_T; \quad (3.7)$$

$$F_T = 9.81 \cdot 0.3 \cdot 10^4 = 2.94 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Визначаємо вагу вантажу:

$$F_2 = gm_2; \quad (3.8)$$

$$F_2 = 9.81 \cdot 10000 = 9.81 \cdot 10^4 \text{ Н.}$$

Визначаємо вагу візка з вантажем:

$$F_{TG} = F_T + F_2; \quad (3.9)$$

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{ТГ} = 2.94 \cdot 10^4 + 9.81 \cdot 10^4 = 12.8 \cdot 10^4 \text{ Н.}$$

Максимальне статичне навантаження на ходові колеса:

$$F_{xk} = F_{ТГ} / z; \quad (3.10)$$

де z – кількість ходових колес крану, шт.

Приймаємо діаметр ходового колеса $D_{xk}=320$ мм, діаметр внутрішнього отвору підшипника $d=60$ мм. Вибираємо рейку Р24 [7].

$$F_{xk} = 12.8 \cdot 10^4 / 4 = 3.2 \cdot 10^4 \text{ Н.}$$

Визначаємо сили опору переміщення візка:

$$F_c = F_{ТГ} \left((2\mu + fd) / D_{xk} \right) k_p, \quad (3.11)$$

де $\mu = 0.04$ – коефіцієнт тертя колес по рейкам;

$f = 0.015$ – коефіцієнти тертя кочення підшипника валика;

$k_p = 2$ – коефіцієнти опорів бортових кромок.

$$F_c = 12.8 \cdot 10^4 \left((2 \cdot 0.04 + 0.015 \cdot 60) / 320 \right) \cdot 2 = 0.0784 \cdot 10^4 = 784 \text{ Н.}$$

Визначаємо розрахункову потужність електроприводу:

$$P = F_c \cdot V / \eta, \quad (3.12)$$

де $V = 0.63 \text{ м/с}$ – швидкість переміщення, м/с;

$\eta = 0.9$ – ККД механізму переміщення.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P = 784 \cdot 0.63 / 0.9 = 0.55 \cdot 10^3 \text{ Вт.}$$

Обираємо двигун 4АС90LE6 з вбудованим механічним гальмом, потужність $P=1.7\text{кВт}$, гальмівний момент $T=16\text{ Нм}$, частота обертання $n=930\text{об/хв}$, момент інерції $J=0.0073\text{кг}\cdot\text{м}^2$, пусковий момент $M_n=33\text{ Нм}$ [7].

Визначаємо кутову швидкість обертання обраного ЕД:

$$\omega_s = \pi n_s / 30 = 3.14 \cdot 930 / 30 = 97.4 \text{ рад / с.}$$

Визначаємо мінімальний пусковий момент:

$$M_{n\min} = 0.8M_n; \quad (3.13)$$

$$M_{n\min} = 0.8 \cdot 33 = 26.4 \text{ Нм.}$$

Визначаємо номінальне значення моменту електродвигуна візка:

$$M_n = P / \omega; \quad (3.14)$$

$$M_n = 1.7 \cdot 10^3 / 97.4 = 17.5 \text{ Нм}$$

3.4. Розрахунок електроприводу механізму переміщення крану

Визначаємо повний опір переміщенню крану [7]:

$$W = W_{TP} + W_{УК} + W_B, \quad (3.15)$$

де W_{TP} – коефіцієнт опору тертя в ходових частинах, без врахування тертя торців та втулок, Н;

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$W_{yк}$ – опір від схилу підкранових шляхів, Н;

$W_B = 360000H$ – опір від дії вітрового навантаження згідно з паспортом.

Розраховуємо опір від тертя під час руху крана:

$$W_{TP} = (G_{KP} + Q) \cdot \left(\frac{2\mu + fd}{D_{xк}} \cdot \kappa_p \right), \quad (3.16)$$

де $\mu = 0.06$ – коефіцієнт тертя колеса по рейці,

$f = 0.015$ – коефіцієнт тертя кочення підшипника валика,

$\kappa_p = 2$ – коефіцієнт опору бортової кромки.

$$W_{TP} = (105000 + 10000) \cdot \left(\frac{2 \cdot 0.06 + 0.015 \cdot 150}{560} \cdot 2 \right) = 977к2 = 9770H$$

Визначаємо опір від схилу підкранових шляхів:

$$W_{yк} = \alpha (G_{KP} + Q), \quad (3.17)$$

де $\alpha = 0.002$ – коефіцієнт, що враховує нахил рейкового шляху.

$$W_{yк} = 0,002(105000 + 10000) = 230к2 = 2300H.$$

Тоді загальний опір становитиме:

$$W = 36000 + 9770 + 2300 = 48070H.$$

Розрахункову потужність електродвигуна визначаємо за виразом:

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P = \frac{W \cdot V_{KP}}{\eta}, \quad (3.18)$$

де $V_{KP} = 1.16 \text{ м/с}$ – швидкість руху крана;

$\eta = 0.9$ – ККД механізму руху;

$W = 48070 \text{ Н}$ – загальний опір переміщенню крану.

$$P = \frac{4807 \cdot 1.16}{0.9} = 12.6 \cdot 10^3 \text{ Вт.}$$

Обираємо двигун МТН411-8, технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Технічні характеристики електродвигуна МТН411-8

Параметр		Значення
Потужність	P	15 кВт
Частота обертання умовна (фактична)	v	750 (715) об/хв
Напруга	U	220 / 380 В
ККД	η	83,0%
Коефіцієнт потужності	cos ϕ	0,68
Номинальна сила струму статора	I _н	40 А
Номинальна сила струму ротора	I _р	48 А
Момент інерції ротора	M _р	0,52 кг·м ²
Максимальний момент	M _{max}	582 Н·м
Співвідношення максимального моменту до номінального	M _{max} /M _н	3,2
Напруга між кільцями	U _к	195 В
Вага	m	292,5 кг

Визначаємо статичні моменти за виразом:

$$M_{CT} = \frac{9560 \cdot P}{n}; \quad (3.19)$$

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{CT} = \frac{9560 \cdot 15}{715} = 203H \cdot м.$$

Мінімальний пусковий момент:

$$M_{MIN_{II}} = 0.8 \cdot M_{II}; \quad (3.20)$$

$$M_{MIN_{II}} = 0.8 \cdot 550 = 440H \cdot м.$$

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КРАНОВИМ МЕХАНІЗМОМ

4.1. Технологічні вимоги до системи керування кранового механізму

Система керування крановим механізмом повинна відповідати ряду технологічних вимог, щоб забезпечити ефективну та безпечну роботу крана. По-перше, система керування повинна мати достатню точність та надійність для керування рухом крана з необхідною точністю та швидкістю. Це особливо важливо для застосувань, де потрібен високий рівень координації та точності в роботі з вантажами.

Додатково, система керування повинна мати можливість працювати у різних режимах, що включають автоматичний, напіваавтоматичний та ручний режими, забезпечуючи гнучкість та універсальність у використанні. Інтеграція з іншими системами керування та моніторингу також є важливою, особливо в сучасних умовах, де цифрові технології відіграють ключову роль у виробничих процесах.

Забезпечення безпеки є ще однією важливою характеристикою системи керування. Вона повинна мати вбудовані заходи захисту від аварійних ситуацій, таких як перевантаження, перегрів, а також можливість аварійного зупинення крана у випадку виявлення будь-яких небезпечних умов.

Крім того, система керування повинна бути ергономічною та легкою у використанні, забезпечуючи операторам зручність та ефективність у роботі. Це може включати в себе інтуїтивний інтерфейс користувача, можливість моніторингу та діагностики стану крана, а також підтримку дистанційного керування та моніторингу через мережу зв'язку.

Отже, технологічні вимоги до системи керування крановим механізмом включають точність, надійність, гнучкість, інтеграцію, безпеку, ергономічність та можливість моніторингу та дистанційного керування [10-12].

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Розробка та опис схеми керування

На рис. 4.1 та листі №2 графічної частини проекту зображено схему електричну принципову керування мостовим краном [13, 14].

Керування електродвигунами здійснюється наступним чином.

Електродвигун підйому M1 керується реверсивними пускачами KM1, KM2. Включення/виключення двигуна здійснюється кнопками SB1, SB2. Підйом вантажу нагору обмежується шляховим вимикачем SQ1.

Електродвигун переміщення візка M2 керується пускачами KM3, KM4. Включення/виключення двигуна здійснюється кнопками SB3, SB4. Переміщення тельфера уздовж монобалки обмежується вимикачами SQ3 і SQ4.

Електродвигун переміщення крану M3 керується пускачами KM5, KM6. Включення/виключення двигуна здійснюється кнопками SB5, SB6. Переміщення балки уздовж гаражного приміщення обмежується вимикачами SQ5 і SQ6.

При включенні електродвигуна підйому M1 включається й електромагніт гальма YA1, що розгальмовує електродвигун. При відключенні електромагніта двигун загальмовується за допомогою пружин гальма.

Кнопки керування не мають шунтуючих контактів пускачів, тому робота кожного двигуна можлива при натиснутій відповідній кнопці.

Схема забезпечує безпечне та зручне керування кран-балкою.

Схема керування має систему захисту від некоректних дій обслуговуючого персоналу. Розглянемо роботу цього захисту на прикладі вузла керування електродвигуном тельфера. Коли натискається кнопка SB3, живлення подається на магнітний пускач KM4. При цьому контакти KM4.1 розмикаються, блокуючи роботу пускача KM3, а контакти KM4.2 замикаються, подаючи живлення на котушку проміжного реле KL2. Реле спрацьовує і своїми контактами KL2.1 та KL2.2 блокує роботу магнітних пускачів KM1, KM2, KM5 і KM6. Таким чином, одночасно може бути

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

включений лише один магнітний пускач. Захист від коротких замикань здійснюється автоматичним вимикачем QF1.

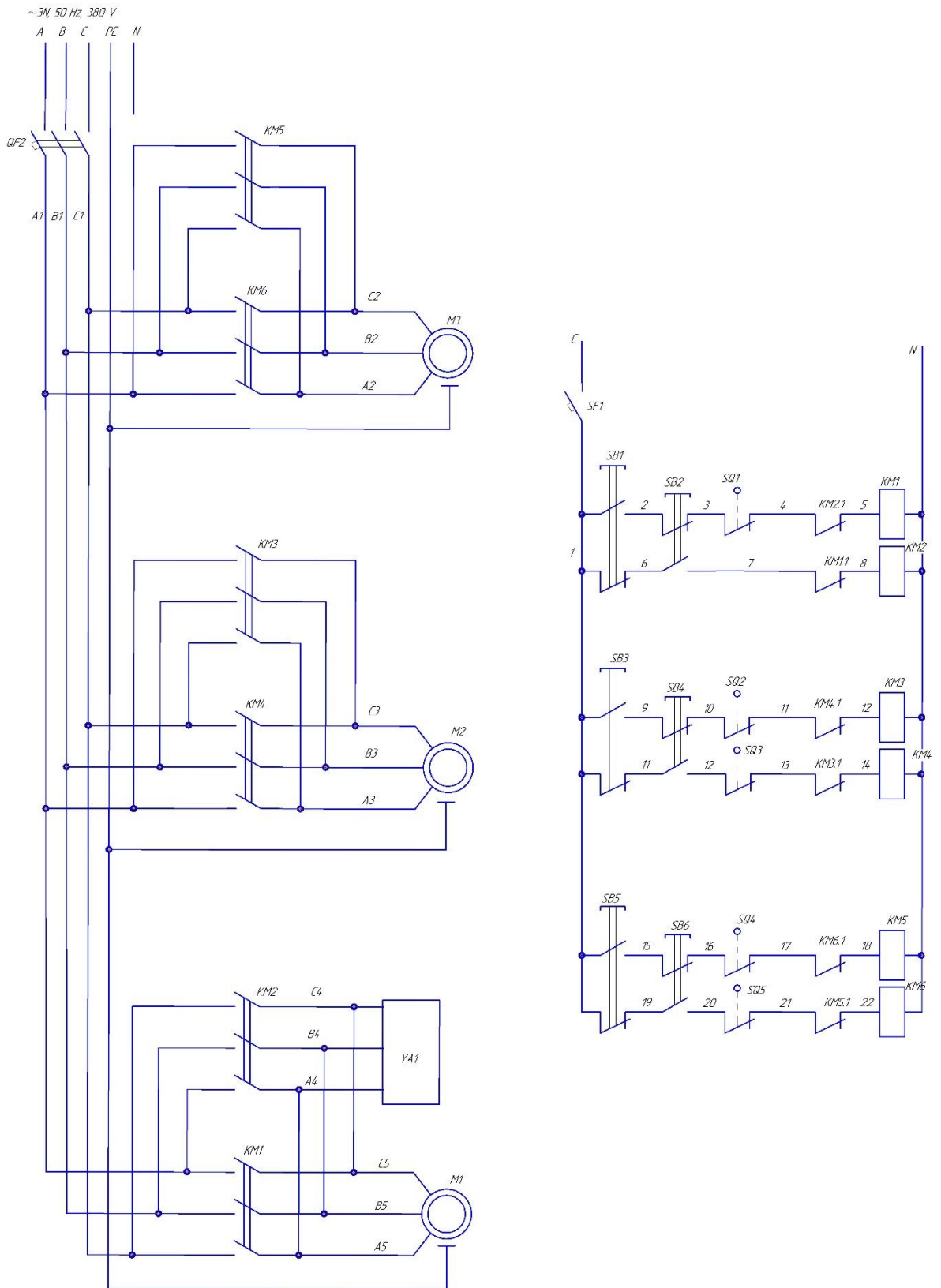


Рис. 4.1. Схема керування мостовим краном автоматизована

									КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						29

4.3. Розробка схем з'єднань шафи керування мостовим краном

Розробка схем з'єднань шафи керування мостовим краном є важливим етапом проектування системи автоматизації та керування. Спочатку необхідно визначити основні функції та вимоги до керування мостовим краном, включаючи підйом, опускання, переміщення вантажів, а також забезпечення безпеки та надійності роботи. Визначення параметрів електричних компонентів, таких як двигуни, контактори, реле та контролери, є ключовим для побудови ефективної системи керування.

На наступному етапі створюється схема електричних з'єднань, яка включає всі компоненти та їх взаємозв'язки. Необхідно врахувати захисні елементи, такі як автоматичні вимикачі, які забезпечують захист системи від перевантажень і коротких замикань.

Після створення попередньої схеми проводиться її перевірка на відповідність технічним вимогам та стандартам безпеки. Важливо забезпечити правильність з'єднань та їх відповідність заданим параметрам. На цьому етапі можливе внесення коригувань і доповнень для оптимізації роботи системи.

Важливо також передбачити можливість подальшого обслуговування та модернізації системи, що забезпечить її довготривалу та надійну експлуатацію.

Розроблена схема з'єднань шафи керування мостовим краном для складу будівельних матеріалів наведена на листі №3 графічної частини проекту.

4.4. Розробка схеми підключень системи керування мостовим краном

Розробка схеми підключень системи керування мостовим краном є важливим кроком у створенні надійної та ефективної системи автоматизації. Процес починається з визначення основних функцій, які має виконувати кран, включаючи підйом, опускання та переміщення вантажів. Важливо врахувати

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також вимоги до безпеки, які забезпечать захист від перевантажень і аварійних ситуацій.

Після розробки попередньої схеми її ретельно перевіряють на відповідність технічним вимогам та стандартам безпеки. В разі необхідності вносять корективи для оптимізації роботи системи. На завершальному етапі розробляються монтажні креслення та створюється детальна документація, яка включає всі з'єднання та компоненти.

Ця документація використовується під час монтажу та налаштування системи керування на місці експлуатації. Важливо також передбачити можливість подальшого обслуговування та модернізації системи, що дозволить забезпечити її тривалу та надійну роботу.

Розроблена схема підключень системи керування мостовим краном для складу будівельних матеріалів наведена на листі №4 графічної частини проекту.

4.5. Перелік елементів схеми керування краном

Специфікація на матеріали та обладнання для системи керування мостовим краном для складу будівельних матеріалів наведено на листі №2 графічної частини проекту.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

5. ВИБІР ПРОВІДНИКІВ ТА ПУСКОЗАХИСНОЇ АПАРАТУРИ

5.1. Вибір кабелів для електроустаткування мостового крану

Для вибору кабелів живлення електроприводів мостового крану визначаємо номінальні струми електродвигунів за виразом [9]:

$$I_{розр.} = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H}, \quad (5.1)$$

де P_H – номінальні потужності електроприводів кранових механізмів, кВт;

U_H – напруга електричної мережі складу будівельних матеріалів, В;

η_H – ККД електроприводів кранових механізмів;

$\cos \varphi_H$ – коефіцієнт потужності електроприводів кранових механізмів.

Визначаємо струм електроприводу М1 підйимального механізму крану:

$$I_{M1} = \frac{37 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,81 \cdot 0,87} = 80 \text{ A}$$

Визначаємо струм електроприводу М2 механізму переміщення візка:

$$I_{M2} = \frac{1,7 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,82 \cdot 0,68} = 4,6 \text{ A.}$$

Визначаємо струм електроприводу М3 механізму переміщення крану:

$$I_{M3} = \frac{15 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,83 \cdot 0,68} = 40 \text{ A.}$$

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Струм магістральної ділянки живлення електроустаткування мостового крану:

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

де K_0 – коефіцієнт одночасності включення електроприводів крану.

$$I_M = 0,9 \cdot (80 + 4,6 + 40) = 112 \text{ A.}$$

Вибір кабелів для живлення електроустаткування крану здійснюємо за умовою [11]:

$$I_{тр.пр} \geq I_{розр}. \quad (5.3)$$

де $I_{тр.пр}$ – тривало допустимі струми обраних кабелів, А.

Відповідно до умови (5.3) для живлення електроприводу М1 підйимального механізму крану обираємо гнучкий кабель типу КГ з перерізом мідної жили 25 мм². Тривало допустимий струм для кабелю становить 95 А.

Для живлення електроприводу М2 механізму переміщення візка обираємо гнучкий кабель типу КГ з перерізом мідної жили 1,5 мм². Тривало допустимий струм для кабелю становить 19 А.

Для живлення електроприводу М3 механізму переміщення крану обираємо гнучкий кабель типу КГ з перерізом мідної жили 6 мм². Тривало допустимий струм для кабелю становить 42 А.

Для магістральної ділянки живлення електроустаткування мостового крану обираємо гнучкий кабель типу КГ з перерізом мідної жили 35 мм². Тривало допустимий струм для кабелю становить 120 А.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2. Вибір автоматичних вимикачів

Вибір автоматичних вимикачів для захисту електроустаткування крану будемо виконувати за такими умовами [9]:

- 1) за номінальною напругою :

$$U_{н.АВ} \geq U_m, \quad (5.4)$$

- 2) за номінальним струмом :

$$I_{н.АВ} \geq I_{розр}, \quad (5.5)$$

- 3) за кількістю полюсів ;
4) за наявністю та типом розчіплювачів;
5) за номінальним струмом розчіплювача :

$$I_{н.розч} \geq I_{розр} \quad (5.6)$$

- б) за струмом відсічки розчіплювача :

$$I_{відс.розч.} \geq (1,5 - 1,6)k_i I_{н.д.}, \quad (5.7)$$

- у випадку, якщо вимикачі захищають декілька електроприводів, то струми відсічки ЕМ-розчіплювача визначають за формулою:

$$I_{відс.розч.} \geq 1,5 \dots 1,8 \left(\sum_{i=1}^{i=n-1} I_{розр.ЕД.i} + I_{пуск.найб.ЕД} \right), \quad (5.8)$$

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$I_{\text{пуск.найб.ЕД}}$ - пускові струми найпотужнішого електроприводу, А.

- 7) за наявністю допоміжних контактів;
- 8) за кліматичним виконанням;
- 9) за категорією розміщення;
- 10) за ступенем захисту.

Відповідно до наведених умов за довідковою літературою [9] для захисту електроустаткування мостового крану обираємо автоматичний вимикач Schneider Electric серії EASYPACT 125A 15KA 400V 3P/3T LV516302 з номінальним струмом 125 А, номінальною напругою 660 В, струмом електромагнітного розчіплювача 1250 А.

5.3. Вибір магнітних пускачів

Вибір магнітних пускачів для керування електроустаткуванням мостового крану будемо виконувати за такими умовами [9]:

- по типу;
- по номінальній напрузі:

$$U_{\text{Н.М.П}} \geq U_{\text{М}}; \quad (5.9)$$

- по величині номінального струму:

$$I_{\text{Н.М.П}} \geq I_{\text{р}}; \quad (5.10)$$

- по виконанню: реверсивний чи неревверсивний;
- по номінальному струму неспрацьовування теплового реле:

$$I_{\text{Н.Т.Р}} \geq I_{\text{р}}; \quad (5.11)$$

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- по ступеню захисту;
- по наявності кнопок «Пуск» та «Стоп»;
- по числу допоміжних контактів;
- по роду струму та напруги котушки керування;
- по кліматичному виконанням та категорією розташування.

Відповідно до наведених умов за довідковою літературою [9] для керування електроприводом М1 підйимального механізму крану обираємо магнітні пускачі типу Schneider Electric TeSys 3P, 95A, HO+H3 з напругою котушки керування 220 В.

Для керування електроприводом М2 механізму переміщення візка обираємо магнітні пускачі типу Schneider Electric TeSys 3P, 9A, HO+H3 з напругою котушки керування 220 В.

Для керування електроприводом М3 механізму переміщення крану обираємо магнітні пускачі типу Schneider Electric TeSys 3P, 50A, HO+H3 з напругою котушки керування 220 В.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ СКЛАДУ

6.1. Світлотехнічний розрахунок системи освітлення складу

Розрахунок освітлення складу будівельних матеріалів виконаємо методом використання світлового потоку [15, 16] на прикладі приміщення №1, яке має такі розміри: $H=4$ м, $B=19$ м; $A=9$ м. План розміщення джерел світла в приміщенні показано на рис. 6.1.

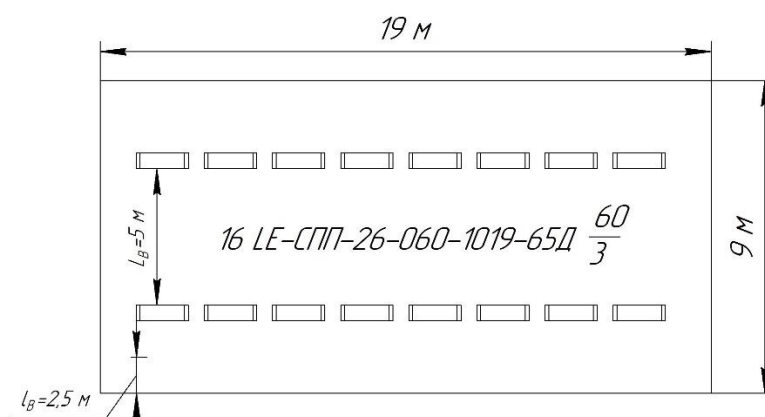


Рисунок 6.1 План розміщення джерел світла в приміщенні складу будівельних матеріалів

Розраховуємо висоту [16]:

$$H_{\text{розр}} = H - H_{\text{зв}} - H_{\text{рп}} \quad (6.1)$$

де H – висота складу будівельних матеріалів, м;

$h_{\text{з}}$ – звіс світильників у складі, $h_{\text{з}} = 0,2$ м [16];

$h_{\text{р.п}}$ – висота робочої поверхні, м, $h_{\text{р.п}} = 0,8$ м [16].

$$H_{\text{розр}} = 4 - 0,2 - 0,8 = 3 \text{ м}$$

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Обираємо до монтажу світлодіодні світильники серії: LE-СПП-26, крива світла – Д.

Оптимальна світлотехнічна та економічна відстань між рядами світильників з кривою світлорозподілу типу Д [16]:

$$\lambda_c = 1,4 \dots 1,6; \lambda_e = 1,6 \dots 2,1$$

Визначаємо відстані між рядами [14]:

$$L_g = \lambda_{ce} \cdot H_{розр} \quad (6.2)$$

$$L_B = (1,4 \dots 2,1) \cdot 3 = 4,2 \dots 6,3 \text{ м, приймаємо } L_B = 5 \text{ м}$$

Відстані від стін до рядів:

$$l_B = 0,5 \cdot L_B \quad (6.3)$$

$$l_B = 0,5 \cdot 5 = 2,5 \text{ м}$$

Число джерел світла в ряду [16]:

$$N_A = \frac{A - 2l_B}{L_B} + 1 \quad (6.4)$$

$$N_A = \frac{19 - 2 \cdot 2,5}{5} + 1 = 7,8 \text{ шт, Приймаємо } 8 \text{ шт.}$$

Число рядів [6]:

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_B = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1 \quad (6.5)$$

$$N_B = \frac{9 - 2 \cdot 2,5}{5} + 1 = 1,8 \text{ шт, приймаємо 2 ряди.}$$

Загальна кількість світильників в складі будівельних матеріалів [16]:

$$N = N_A \cdot N_B \quad (6.6)$$

$$N = 8 \cdot 2 = 16 \text{ шт.}$$

Індекс приміщення складу [16]:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_{\text{розр}} \cdot (A + B)} \quad (6.7)$$

$$i = \frac{19 \cdot 9}{3 \cdot (19 + 9)} = 2,03$$

Розраховуємо світовий потік одного світильника:

$$\Phi_{\text{св}} = \frac{E_H \cdot \kappa_3 \cdot Z \cdot S}{N \cdot \eta}, \quad (6.8)$$

де S – площа приміщення складу будівельних матеріалів, м^2 ;
 $\kappa_3 = 1,3$ [15]; $Z = 1,3$ [15].

$$\Phi_{\text{св}} = \frac{200 \cdot 1,3 \cdot 1,3 \cdot 171}{0,53 \cdot 16} = 6815 \text{ лм}$$

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відхилення потоку обраного світлодіодного світильника від розрахункових значень:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{св.ст} - \Phi_{св.розр}}{\Phi_{св.ст}} \cdot 100 \quad (6.9)$$

$$\Delta\Phi = \frac{6900 - 6815}{6900} \cdot 100 = 1,2\%$$

Отримане значення лежить в межах + 20... – 10 % [14, 15], отже розрахунок задовольняє вимогам нормативних документів. Умова виконується.

Розрахунки освітлення інших приміщень складу будівельних матеріалів виконуємо за аналогічною методикою. Результати цих розрахунків наведені в світлотехнічній відомості, представлений у додатку А.

6.2. Електротехнічний розрахунок системи освітлення складу

Електротехнічний розрахунок системи освітлення складу будівельних матеріалів включає декілька важливих етапів, кожен з яких потребує ретельного аналізу та врахування різноманітних факторів. Визначається загальне енергоспоживання системи освітлення, щоб переконатися у відповідності енергетичним стандартам та нормам. Проводиться розрахунок навантаження на електромережу та визначається необхідність використання додаткових джерел енергії або систем резервного живлення. Для цього аналізуються можливості підключення до існуючої електромережі та визначаються можливі ризики перенавантаження.

Електротехнічний розрахунок системи освітлення складу будівельних матеріалів представлено в додатку Б.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.3 Перелік матеріалів та обладнання системи освітлення складу

Перелік матеріалів та обладнання системи освітлення складу будівельних матеріалів наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Перелік матеріалів та обладнання системи освітлення складу будівельних матеріалів

Поз.	Найменування	К-ть, шт.	Примітка
A5	Щит освітлення ЩО-611УЗ, ГОСТ 15150-69	1	
Світильники, ГОСТ ІЕС 60598-1-2017			
	LE-СПП-26-060-1019-65Д	19	
	EV-10-504	2	
Автоматичні вимикачі, ДСТУ 3025-95			
QF3	ВА2017/С 3Р 32А УХЛ3	1	
QF4 – QF6	ВА2017/С 1Р 4А УХЛ3	6	
Кабельна продукція ДСТУ 4809:2007			
	ВВГ (2x1,5)	74	
	ВВГ (2x2,5)	15	
	ВВГ (5x2,5)	2	

7. ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація роботи з охорони праці в складі будівельних матеріалів.

Охорона праці в складі будівельних матеріалів є критично важливою для забезпечення безпеки працівників на будівельних об'єктах. Відповідальність за організацію та забезпечення відповідної охорони праці несе керівник будівельної компанії чи підрядника. Це включає у себе розробку внутрішніх правил і політики з охорони праці, а також контроль за їх виконанням.

Щодо інструктажів, обов'язкові для проведення є загальний ознайомлювальний інструктаж з охорони праці для всіх нових працівників перед початком роботи. Особливу увагу слід приділяти інструктажам з безпеки під час робіт з важкими і небезпечними матеріалами, такими як асбест чи хімічні речовини, що вимагають спеціальних знань і заходів захисту.

Щодо навчання, працівники, які працюють з будівельними матеріалами, повинні регулярно проходити навчання з охорони праці і техніки безпеки, оновлювати свої знання та вміння у відповідності з поточними нормативними вимогами і технологіями.

Окрім цього, важливо встановлювати систему контролю за виконанням норм і правил охорони праці на будівельному майданчику, вчасно реагувати на виявлені порушення і забезпечувати відповідність умов праці вимогам безпеки. Це сприяє зниженню ризиків травматизму та інших негативних наслідків для працівників, що працюють з будівельними матеріалами [17-19].

Небезпечні та шкідливі фактори, що можуть виникати при роботах в складі будівельних матеріалів. Під час робіт з будівельними матеріалами виникає низка небезпечних та шкідливих факторів, які можуть впливати на здоров'я працівників. Одним із основних ризиків є травми, пов'язані з підйомом та перенесенням важких матеріалів, таких як бетонні блоки чи сталеві конструкції. Невірно організовані процеси підйому можуть призвести до небезпеки для робочих і призвести до серйозних травм.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатковим небезпечним фактором є ризик впливу на органи дихання через роботу з пилом, особливо при обробці дерева чи металу. Довготривалий контакт з цими матеріалами може викликати важкі захворювання легенів та інших органів дихання. Необхідно вживати заходів, які знижують вплив пилу на організм працівника.

Також важливо уникати отруйних речовин, що можуть бути присутні в будівельних матеріалах, таких як асбест чи різні хімічні речовини, які використовуються у покриттях або ізоляції. Їхні небезпечні властивості можуть викликати серйозні ураження органів дихання та нервової системи.

Нарешті, треба враховувати можливість пошкодження шкіри при роботі з гострими або грубими матеріалами, такими як камінь чи металеві компоненти. Необхідно використовувати захисні засоби індивідуального захисту (ЗЗІ) для запобігання порізам та подібним травмам [17-19].

Рекомендації щодо впровадження безпечних і здорових умов праці при виконанні робіт в складі будівельних матеріалів. Забезпечення безпечних і здорових умов праці на будівельних об'єктах, де використовуються різноманітні будівельні матеріали, вимагає комплексного підходу і систематичного впровадження різноманітних заходів.

Перш за все, необхідно враховувати ефективне управління ризиками. Це включає аналіз потенційних небезпек, визначення ризикових зон і впровадження відповідних заходів безпеки. Важливо проводити регулярні огляди робочих місць та аудити безпеки, щоб виявляти й усувати потенційні загрози здоров'ю працівників.

По-друге, освіта і навчання грають важливу роль у покращенні безпеки на робочому місці. Всі працівники повинні проходити інструктажі з охорони праці і отримувати необхідні знання та навички для безпечного виконання своїх обов'язків. Навчання також повинно охоплювати використання особистих захисних засобів (ОЗЗ) та правила взаємодії з різними типами будівельних матеріалів.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Третій аспект – це впровадження ефективної системи контролю і нагляду за дотриманням стандартів безпеки. Це включає не тільки контроль за виконанням правил безпеки на робочому місці, але й створення культури безпеки серед всіх учасників процесу. Залучення працівників до процесу управління ризиками і постійна відкритість до вдосконалення стандартів безпеки є ключовими аспектами підтримки безпеки і здоров'я на будівельних майданчиках.

Крім того, важливо регулярно оновлювати знання і підходи до безпеки, враховуючи нові технології та нормативні вимоги. Це дозволяє підтримувати високий рівень безпеки працівників і зменшує ризики травматизму та захворювань, пов'язаних з роботою з будівельними матеріалами.

Висновки. Забезпечення безпечних умов праці на будівельних об'єктах з використанням будівельних матеріалів вимагає систематичного впровадження заходів управління ризиками, навчання працівників і контролю за дотриманням стандартів безпеки. Це сприяє зниженню ризиків травм та захворювань і забезпечує безпеку працівників на будівництві.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. ЕКОЛОГІЯ

Вступ. Екологічна експертиза складу будівельних матеріалів є важливим етапом в будівельній індустрії, оскільки вона визначає вплив будівельних матеріалів на навколишнє середовище і здоров'я людини. Цей процес включає оцінку та аналіз компонентів матеріалів з точки зору їхньої токсичності, викидів в атмосферу та можливого впливу на водні ресурси. Особлива увага приділяється реакції матеріалів на вплив ультрафіолетового випромінювання та їхній стійкості до біологічного розкладання.

Під час екологічної експертизи враховуються також соціальні аспекти використання матеріалів, зокрема їхній вплив на місцеві спільноти та життєздатність екосистем у районі будівництва. Це включає оцінку ризиків для здоров'я місцевих мешканців та можливість виникнення конфліктів через вибір певних матеріалів.

Отже, екологічна експертиза складу будівельних матеріалів стає стратегічним інструментом у зусиллях досягнення більш сталого та безпечного майбутнього в будівництві.

Вплив. Склад будівельних матеріалів може мати значний негативний вплив на навколишнє середовище з різних позицій. Перш за все, використання матеріалів, які містять токсичні компоненти, призводить до забруднення ґрунтів і підземних водних ресурсів. Викиди шкідливих речовин під час виробництва та обробки будівельних матеріалів сприяють забрудненню атмосфери та можуть мати далекосяжні наслідки для якості повітря в місцях їх використання.

Деякі будівельні матеріали не є біорозкладними або деградуються дуже повільно, що призводить до накопичення відходів та забруднення навколишнього середовища. Використання таких матеріалів великою кількістю може сприяти екологічній деградації та втраті біорізноманіття, особливо в урбанізованих районах.

Крім того, видобуток природних ресурсів для виготовлення будівельних матеріалів, таких як деревина, металеві руди чи мінерали, може мати серйозний

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вплив на природні екосистеми та біорізноманіття, включаючи знищення лісових масивів або деградацію природних ландшафтів.

Отже, ретельне вивчення складу будівельних матеріалів і їхнього впливу на навколишнє середовище важливе для мінімізації негативних екологічних наслідків будівництва і розвитку більш сталого підходу до використання ресурсів..

Заходи. Для зниження негативного впливу складу будівельних матеріалів на навколишнє середовище потрібно приймати комплексні заходи на різних етапах їхнього життєвого циклу. По-перше, варто активно використовувати матеріали з високим рівнем переробки та вторинного використання, що дозволяє зменшити потребу у нових природних ресурсах. Заохочення використання відновлюваних джерел енергії та удосконалення енергоефективних технологій також відіграють важливу роль у зменшенні викидів та споживанні ресурсів під час виробництва.

Для досягнення цілісного підходу важливо враховувати всі аспекти виробництва, транспортування, використання і відновлення будівельних матеріалів. Інноваційні підходи до використання альтернативних матеріалів, таких як біокомпозити і біорозкладаючі матеріали, можуть значно зменшити вплив на довкілля. Крім того, важливо розвивати та впроваджувати стандарти зеленого будівництва, які враховують екологічні критерії на кожному етапі проектування та будівництва.

Висновки. Зменшення негативного впливу будівельних матеріалів на навколишнє середовище є складною задачею, що вимагає спільних зусиль усіх учасників будівельної галузі - від дизайнерів та виробників до замовників та регулюючих органів. Тільки цілісний підхід до вирішення цих питань може забезпечити стале зниження впливу будівельної індустрії на довкілля та забезпечити збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Реконструкція системи електрифікації складу будівельних матеріалів ТОВ «ВБК компанія «Федорченко» є важливим етапом в модернізації виробничих потужностей компанії. Заміна застарілих електричних систем на сучасні технології сприятиме підвищенню ефективності виробництва, зниженню енергоспоживання та покращенню загальної безпеки в об'єкті.

Основні причини для проведення реконструкції включають високий вік історичних електричних мереж, які не відповідають сучасним вимогам енергоефективності та безпеки. Нова система буде використовувати сучасне обладнання з покращеними технічними характеристиками, що сприятиме зменшенню енерговитрат та зниженню ризику аварій.

Окрім того, розробка автоматизованої системи керування краном мостового типу є необхідним елементом удосконалення виробничих процесів. Ця система дозволить оптимізувати роботу крана, забезпечуючи точність рухів і підвищуючи продуктивність робочих процесів. Впровадження автоматизованої системи також сприятиме зниженню витрат на оплату праці, оскільки зменшить необхідність в людському контролі та оперативному втручанні.

Загалом, ці кроки забезпечать ТОВ «ВБК компанія «Федорченко» конкурентні переваги на ринку будівельних матеріалів, зменшать витрати на утримання обладнання та підвищать загальну ефективність виробничих процесів.

За даними переддипломної практики, витрати на проект, включаючи встановлення обладнання (разом з новими електродвигунами крану) та підготовку персоналу, оцінюються на суму близько 170 тис. гривень. У 2023 році річне споживання електроенергії складу будівельних матеріалів склало 115 тисяч кіловат-годин. Впровадження сучасного енергоефективного обладнання може знизити споживання до 10% [20].

Споживання електроенергії після реконструкції [20]:

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{np} = P_{\sigma} - 0,1 \cdot P_{\sigma} \quad (9.1)$$

$$P_{np} = 115 - (0,1 \cdot 115) = 103,5 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год.}$$

Зниження витрат за спожиту електроенергії:

$$\Delta P = (P_{\sigma} - P_{np}) \cdot C, \quad (9.2)$$

де C – ціна за електроенергію, грн/кВт·год.

$$\Delta P = (115 - 103,5) \cdot 6 = 69 \text{ тис. грн.}$$

Термін окупності [20]:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta P}, \quad (9.3)$$

$$T_{ок} = \frac{170}{69} = 2,5 \text{ року.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності [20]:

$$E_{к.е.} = \frac{\Delta P}{K}, \quad (9.4)$$

$$E_{к.е.} = \frac{69}{170} = 0,4.$$

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати техніко-економічних розрахунків проекту реконструкції системи електрифікації складу будівельних матеріалів представлені на аркуші графічної частини № 5 та у таблиці 9.1.

Таблиця 9.1. Результати техніко-економічних розрахунків проекту

Показники	Варіант	
	базовий	проектний
Додаткові капіталовкладення, тис. грн.	-	170
Річна кількість спожитої електричної енергії, тис. кВт·год	115	103,5
Витрати на оплату спожитої електроенергії, тис. грн	690	621
Зменшення споживання електричної енергії, %	-	10
Сумарний річний економічний ефект, тис. грн.	-	69
Коефіцієнт економічної ефективності капіталовкладень	-	0,4
Термін окупності капіталовкладень, роки	-	2,5

Висновки. Заходи, запропоновані у проекті для реконструкції системи електрифікації складу будівельних матеріалів, призведуть до зменшення споживання електроенергії на 11,5 тис. кіловат-годин, що призведе до економії 69 тис. гривень на оплаті електроенергії. Час повернення капітальних витрат складе 2,5 роки.

ВИСНОВКИ

Проект реконструкції системи електрифікації складу будівельних матеріалів ТОВ «ВБК компанія «Федорченко» в м. Суми з розробкою автоматизованої системи керування краном мостового типу показав, що модернізація є необхідною для підвищення ефективності роботи складу та забезпечення безпеки працівників. Запропоновані технічні рішення дозволяють знизити енергоспоживання та підвищити надійність електропостачання об'єкта.

Обрані типи обладнання відповідають сучасним стандартам, що забезпечить довготривалу та безперебійну роботу системи. Розроблені схеми керування та підключення забезпечать автоматизований контроль над краном мостового типу, що підвищить точність та швидкість виконання операцій з матеріалами. Застосування сучасних електроприводів та засобів автоматизації сприятиме зниженню експлуатаційних витрат та збільшенню продуктивності.

Розрахунок системи освітлення складу забезпечить оптимальні умови роботи працівників та знизить витрати на електроенергію. Виконані заходи з охорони праці та екології мінімізують ризики для здоров'я працівників та вплив на навколишнє середовище. Економічне обґрунтування проекту підтверджує доцільність інвестицій та очікувану рентабельність. Проект є важливим кроком до модернізації виробничих процесів та підвищення конкурентоспроможності компанії.

Заходи, запропоновані у проекті для реконструкції системи електрифікації складу будівельних матеріалів, призведуть до зменшення споживання електроенергії на 11,5 тис. кіловат-годин, що призведе до економії 69 тис. гривень на оплаті електроенергії. Час повернення капітальних витрат складе 2,5 роки.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мартинов І.Е., Равлюк В.Г. Вагоноремонтні машини та обладнання: Навч. посібник. — Харків: УкрДАЗТ, 2013. — Ч.2. — 108 с.

2. Малащенко В.О. Навантажувальна здатність приводів великомасових систем / В.О. Малащенко, Г.П. Куновський. — Львів: «Новий світ–2000», 2016. — 150 с.

3. Ісьєміні І.І. Підвищення ефективності захисних систем кранів мостового типу застосуванням пневмогідравлічних буферів: автореферат дис. канд. техн. наук спец. 05.05.05 — піднімально–транспортні машини / І.І. Ісьєміні. — Харків, 2014. — 24 с.

4. ПУЕ Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання, станом на 21.08.2017).

5. НПАОП 40.1–1.21–98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Національний науково-дослідний інститут охорони праці, 93 с.

6. 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.

7. Електропривод с.г. машин, агрегатів та потокових ліній. Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавриненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк. За ред. Жулая Є.Л. – Вища освіта, 2001. – 288 с.

8. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК : підручник / І. І. Мартиненко, В. П. Лисенко, Л. П. Тищенко, І. М. Болбот, П. В. Олійник. – К. : НМЦ Мін-ва аграрної політики України, 2008. – 330 с; 2020. – 330 с.

9. Дипломне проектування зі спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Методичні рекомендації. Частина 2 «Проектування внутрішньої силової розподільчої мережі. Вибір та перевірка

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пуско-захисної апаратури» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» / С.О. Квітка, М.В. Постнікова. – Мелітополь: ТДАТУ, 2018. – 76 с.

10. Čárková R., Kozáková A., Minár M. Experimental modelling and control of a tower crane in the frequency domain / Journal of mechanical engineering, 2019, vol 69, No 3, P. 17-26

11. Mabrouk M.H. Design and Implementation of an Experimental Testrig for Tower Cranes / International Journal of Engineering Research & Technology, 2014, Vol. 3, Issue 10, P. 40-45.

12. Abdullahi A.M., Mohamed Z., Selamat H., Pota H.R., Zainal Abidin M.S., Fasih S.M. Efficient control of a 3D overhead crane with simultaneous payload hoisting and wind disturbance: design, simulation and experiment / Mechanical Systems and Signal Processing, 2020, 145, 106893, P. 1-16

13. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник /Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.

14. Лукінюк М.В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології» / М. В. Лукінюк. –К.: НТУУ «КП», 2019. – 236 с.

15. В.Ф. Яковлєв, Р.В. Кушлик, С.О. Квітка, Ю.М. Куценко. Проектування систем електрифікації технологічних процесів на підприємствах АПК. Системи електричного освітлення: Навчальний посібник / За заг. ред. проф. Яковлєва В.Ф. – Мелітополь, 2010. – 106 с.

16. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Електричне освітлення та опромінення» для студентів факультету енергетики і автоматики / Л.С. Червінський, Л.О. Сторожук, Б.М. Ковалишин – Київ, НУБіП, 2014 р. – 63 с.

17. Основи охорони праці: Навчальний посібник / За ред.. проф.. В.В. Березуцького. – Х.: Факт, 2005 – 480с.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Василенко О.О., Хворост Т.В, Семерня О.В., Кіндя О.П. (2021). Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в випускних роботах студентами спеціальностей 208 «Агроінженерія» галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузь знань 14 «Електрична інженерія», 275 «Транспортні технології» галузь знань 27 «Транспорт» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Суми: СНАУ, 14.

19. Закон України "Про охорону праці" від 14 жовтня 1992 р. (Редакція станом на 20.01.2018).

20. Економіка та організація виробництва: Методичні вказівки до вивчення курсу для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Укл. І.В. Журило, М.М. Полтавець, – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – 52 с.

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

ДОДАТКИ

					КП.06.3.012.ПЗ	Арк.
						54
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		