

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет
(повне найменування інституту/факультету)
Деталі машин і підйомно-транспортні механізми
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему Проектування середерів для перевантаження
контейнерів

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи М-313сн

Спеціальності 133.Талудве машинобудування
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні механізми і машини, обладнання

Горбик Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник доц. Михайло Сидоренко

(прізвище та ініціали)

Рецензент доц. Роман Тролов

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний факультет
Кафедра Деталі машин і підсилюю-транспортних механізмів
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Спеціальність 133 „Талужеве машинобудування“
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Підсилюю-транспортні сор. буд. мех. механізмів і обладнання
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Мартовицький Л. М.

« 15 » 04

20 26 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Горбик Юрій Віталійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Проектування спредерів для перевантаження контейнерів.

керівник проєкту (роботи) Сидоренко Михайло Володимирович Доцент, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 15 » 04 20 26 року № 163

2. Строк подання студентом проєкту (роботи)

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Кран спеціальний контейнерний ККК 32,5-3251

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд методів позиціонування спредерів, типові датчики та системи керування. 2. Технічний опис крана спеціального контейнерного. 3. Інструкція з монтажу, пуску, регулювання і обкатки крана на місці його експлуатації. 4. Інструкція з експлуатації. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Загальний вигляд крана лист 1 А0; 2. Платформа поворотна лист А1; 3. Механізм повороту лист А1; 4. Візок - лист А, 1 лист А2.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1.	Сидоренко М.В. доцент	1.04.2026	<i>[підпис]</i>
2.	Сидоренко М.В. доцент	15.04.2026	<i>[підпис]</i>
3.	Сидоренко М.В. доцент	29.04.2026	<i>[підпис]</i>
4.	Сидоренко М.В. доцент	5.05.2026	<i>[підпис]</i>
5.	Сидоренко М.В. доцент	25.05.2026	<i>[підпис]</i>

7. Дата видачі завдання « 15. » квітня 20 26 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1.	Огляд методів позиціонування супутників.	16.04.2026	
2.	Технічний опис крана	28.04.2026	
3.	Розробка інструкцій	15.05.2026	
4.	Охорона праці	22.05.2026	
5.	Висновки	26.05.2026	
6.	Розробка креслень	29.05.2026	

Студент

[підпис]
(підпис)

Горбик Д.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

[підпис]
(підпис)

Сидоренко М.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 70 сторінок, 10 рисунків, 18 таблиць, 15 джерел, 5 креслень (6 форматів A1).

Проведено аналіз наявних конструкцій спредерів для контейнерних козлових кранів та систем керування цих кранів.

Розроблено технічний опис крану козлового спредерного вантажопідйомності 32 тони.

Розроблено інструкцію по монтажу, пуску в експлуатацію, регулюванню та обкатці крану на місці його експлуатації.

Розроблено інструкції по експлуатації крану спредерного вантажопідйомності 32 тони.

Передбачено заходи із охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Представлено креслення крану, спредерного візка та його механізмів.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. ОГЛЯД МЕТОДІВ ПОЗИЦІЮВАННЯ СПРЕДЕРІВ КОНТЕЙНЕРНИХ КРАНІВ	11
1.1 Передумови автоматизації спредерів, типові датчики та системи керування	11
1.2 Логістичні моделі обробки вантажів контейнерних терміналів	14
1.3 Рекомендації щодо вдосконалення роботи кранами на контейнерних терміналах	17
2. ТЕХНІЧНИЙ ОПИС КРАНУ СПЕЦІАЛЬНОГО КОНТЕЙНЕРНОГО ККК32.5-32У1	33
2.1 Призначення	33
2.2 Технічні дані	33
2.3 Складальні одиниці крану	36
2.4 Пристрій і робота крана.....	36
2.5 Електрообладнання	40
2.6 Порядок роботи	46
3. ІНСТРУКЦІЯ З МОНТАЖУ, ПУСКУ, РЕГУЛЮВАННЮ І ОБКАТКИ КРАНА НА МІСЦІ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	48
3.1 Вказівка заходів безпеки	48
3.2 Підготовка до монтажу	50
3.3 Монтаж крана	51
3.4 Налагодження	52
3.5 Обкатка.....	53
3.6 Випробування	54

	7
4. ІНСТРУКЦІЯ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	56
4.1 Загальні вказівки	56
4.2 Вказівка заходів безпеки	56
4.3 Підготовка до роботи.....	58
4.4 Перевірка технічного стану.....	58
4.5 Технічне обслуговування	64
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХПОМИЛКА! З	
5.1 Заходи з охорони праці	Помилка! Закладку не визначено.
5.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціяхПомилка! Закладку не визначено	
5.3 Висновки щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціяхПомилка! З	
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	70

ВСТУП

Технологічні операції з оброблення контейнерів становлять ключовий напрям діяльності вантажного термінала. На сучасному етапі пріоритетним завданням є впровадження автоматизованих систем керування перевантажувальними процесами. До складу таких систем входять засоби вхідного контролю контейнерів, автоматизоване виконання перевантажувальних операцій, а також засоби моніторингу та діагностування технічного стану перевантажувального обладнання. Сучасні перевантажувальні машини (рис. В.1) характеризуються високим рівнем автоматизації та інтеграцією електронних систем керування.



Рисунок 1 – Кран козловий контейнерний

Окрім автоматизованого керування окремими вузлами та системами, здійснюється комплексна діагностика технічного стану перевантажувальних машин. Передбачено можливість дистанційного коригування робочих

параметрів обладнання, що дає змогу підвищувати продуктивність без зупинки робочого циклу. Ключовим елементом технологічного процесу оброблення контейнерів є спредер (рис. В.2), від надійності та функціональності якого значною мірою залежить ефективність виконання перевантажувальних операцій.



Рисунок 2 – Спредер для контейнера виробництва BROMMA

Наявні системи автоматизації спредера забезпечують можливість визначення зазорів між контейнерами, що підвищує точність їх встановлення у місцях зберігання. Це сприяє більш надійному розміщенню контейнерів та зменшує ризик їх пошкодження під час виконання перевантажувальних операцій.

Одним із ключових завдань у процесі оброблення контейнерів є точне позиціонування спредера відносно контейнера під час його захоплення. Вирішення цього завдання має важливе значення для підвищення рівня безпеки та подальшої автоматизації робіт на контейнерних терміналах. На сьогодні розроблено низку спеціалізованих технічних засобів і методів, спрямованих на автоматизацію перевантажувальної техніки, зокрема системи контролю

розгойдування вантажу, відеокамери спостереження та лазерні датчики, що дозволяють визначати положення контейнера відносно інших об'єктів.

Застосування сучасних сенсорних систем дає змогу з високою точністю наводити спредер на контейнер, що мінімізує вплив людського фактора, прискорює процес обробки транспортних засобів та знижує ймовірність пошкодження контейнерів і обладнання.

Автоматизовані системи керування забезпечують переміщення контейнера за безпечними траєкторіями та його точне встановлення у визначеній позиції на складі за рахунок використання позиційного керування. Це, у свою чергу, підвищує загальну надійність і безаварійність функціонування контейнерного терміналу.

Отже, дослідження сучасного стану розробок у сфері систем наведення спредерів на контейнери є актуальним і практично значущим. Проведений аналіз дозволяє інженерам і конструкторам обирати найбільш ефективні та надійні рішення для створення та модернізації систем керування перевантажувальною технікою.

У межах даної роботи також було поставлено завдання відновлення технічної документації на спеціальний контейнерний кран ККК32,5-32У1, а саме розроблення технічного опису та інструкції з експлуатації на заміну втрачених матеріалів. З цією метою виконано натурні обміри та технічну діагностику наявного крана, що дозволило відтворити необхідні експлуатаційні характеристики.

Крім того, на основі отриманих ескізів і результатів вимірювань було відновлено креслення загального вигляду крана та його візка. Необхідність проведення цих робіт зумовлена тим, що підприємство-виробник не мало можливості надати відповідну документацію, оскільки архів заводу було втрачено.

1. ОГЛЯД МЕТОДІВ ПОЗИЦІЮВАННЯ СПРЕДЕРІВ КОНТЕЙНЕРНИХ КРАНІВ

1.1 Передумови автоматизації спредерів, типові датчики та системи керування

У сучасних умовах контейнерні перевезення охоплюють значну частину світового вантажообігу. У контейнерах транспортується широкий спектр продукції, зокрема товари народного споживання - одяг, взуття, побутова та цифрова техніка, а також харчові продукти різних видів - від консервованих виробів до молочної продукції та напоїв. Крім того, контейнерні технології використовуються для перевезення промислового обладнання, включаючи як окремі вузли та деталі, так і готові вироби, наприклад автомобілі[8].

Розроблено також технологічні рішення, що дозволяють транспортувати у спеціалізованих контейнерах насипні та наливні вантажі. Для перевезення рідин застосовуються танк-контейнери, які забезпечують безпечне транспортування нафти, нафтопродуктів та інших подібних речовин. Використання таких контейнерів сприяє зниженню витрат на перевезення та підвищує ефективність логістичних процесів.

Широке впровадження контейнеризації у світових перевезеннях дало змогу досягти високого рівня уніфікації вантажної тари та транспортних засобів. Це, у свою чергу, дозволило розробляти спеціалізовану перевантажувальну техніку, а також впроваджувати автоматизовані системи діагностики обладнання [1], системи керування роботою терміналу [9] та засоби вхідного контролю контейнерів на основі технологій оптичного розпізнавання символів (OCR) з автоматичною реєстрацією їх номерів [4].

Автоматизація вантажно-розвантажувальних операцій є важливим чинником підвищення конкурентоспроможності контейнерного терміналу. Скорочення часу обробки транспортних засобів безпосередньо впливає на

дотримання графіків їх роботи та ефективність використання. Для клієнтів особливо важливо, щоб обробка транспортних засобів, зокрема морських суден, здійснювалася у заздалегідь визначені терміни, оскільки це впливає на планування їх подальшого руху.

Серед елементів перевантажувального обладнання особливу роль у процесі автоматизації відіграє спредер, який є безпосереднім виконавчим пристроєм при захопленні та переміщенні контейнерів. Автоматизація роботи цього вузла дозволяє ефективніше використовувати його конструктивні можливості та водночас зменшує потребу у модернізації інших підсистем перевантажувальної машини, що скорочує витрати на оновлення обладнання.

Застосування автоматизованих систем керування дає змогу контролювати перевантажувальні процеси та зменшити частку участі оператора у виконанні технологічних операцій. Це дозволяє уникнути помилок, пов'язаних із людським фактором, зокрема втомою або неухважністю під час тривалої роботи.

Однією з найбільш відповідальних операцій є наведення спредера на контейнер. Оскільки ця операція повторюється багаторазово і має циклічний характер, її доцільно реалізовувати за допомогою програмних алгоритмів. На сьогодні існують автоматизовані та напівавтоматизовані термінали, на яких процеси навантаження і вивантаження контейнерів з суден виконуються з використанням автоматичних режимів роботи перевантажувальної техніки.

Незважаючи на розвиток автоматизації, рівень автоматизації підйомно-транспортних машин залишається відносно невисоким [5]. Навіть за наявності систем, що здійснюють автоматичне гасіння розгойдування вантажу, контроль профілю контейнерів та інші функції, оператор продовжує виконувати контрольні операції та бере участь у деяких процесах вручну [6], [7].

Для зменшення часу обробки транспортних засобів необхідно забезпечити точне позиціонування як контейнера, так і спредера. З цією метою на перевантажувальних кранах встановлюються відеокамери, що передають

зображення робочої зони на дисплей оператора, дозволяючи йому вибирати оптимальний алгоритм керування.

Сучасні виробники перевантажувального обладнання, зокрема компанія Broma, розробляють спредери, оснащені системами датчиків, які визначають зазори між контейнерами. На основі отриманих даних система автоматично змінює конфігурацію спредера для роботи з 20- та 40-футовими контейнерами, а у разі виникнення небезпеки зіткнення торцевої балки з контейнером повертає спредер у безпечне положення [8].

На деяких моделях перевантажувальної техніки на візках встановлюються лазерні датчики, що дозволяють визначати положення контейнера відносно основи. Це дає змогу зменшувати швидкість руху під час встановлення контейнера та уникати ударів при його розміщенні у місці зберігання або на транспортному засобі [9].

У роботі [10] описано систему перевантаження, у якій граничні значення маси вантажу визначаються за величиною напруженості магнітного поля, створюваного двигуном постійного струму, що дозволяє реалізувати додатковий контроль навантаження.

На перевантажувачах на пневмоколісному ході (RTG-кранах) застосовуються лазерні системи, що складаються з двох сканерів і керуючого контролера. Сканери, встановлені на порталах крана, здійснюють оцифрування простору під ним і визначають положення транспортного засобу або контейнера відносно робочої зони.

Автоматизація контейнерного терміналу в цілому потребує не лише модернізації обладнання, але й забезпечення сумісності програмного забезпечення перевантажувальної техніки. Окремі технічні рішення дозволяють автоматизувати лише певні технологічні операції, проте використання універсальних датчиків, апаратних модулів і програмних засобів дає змогу впроваджувати такі системи на різних типах перевантажувальних машин [13].

1.2 Логістичні моделі обробки вантажів контейнерних терміналів

Однією з основних причин низького рівня контейнеризації внутрішніх вантажоперевезень, а також недостатніх обсягів транзитних контейнеропотоків, є підвищений ризик втрати контейнерів, пошкодження вантажу або самого контейнера під час транспортування. Наявність таких ризиків знижує довіру вантажовласників до контейнерних перевезень та стримує їх подальший розвиток[9].

Найбільш ефективним способом зменшення зазначених ризиків є оснащення контейнерів спеціалізованими засобами контролю та моніторингу. Сучасні технічні рішення дозволяють дистанційно відстежувати місцезнаходження контейнера, контролювати стан вантажу, температурний режим, а також фіксувати факти несанкціонованого доступу. Для передачі інформації використовуються, зокрема, системи супутникового зв'язку та мобільні мережі.

На прикордонних переходах і митних пунктах застосовуються стаціонарні комплекси контролю, які дають змогу здійснювати огляд контейнерів без їх розкриття. Для цього використовуються установки, що працюють на основі рентгенівського або ультразвукового випромінювання, що значно прискорює процедури перевірки та підвищує рівень безпеки перевезень.

Під час перевезення контейнерів автомобільним транспортом або автопоїздами завдання контролю та відстеження вирішується більш ефективно, оскільки транспортні засоби, як правило, оснащені системами супутникової навігації. Це дозволяє оперативно отримувати інформацію про місцезнаходження вантажу та контролювати дотримання заданого маршруту[13].

Використання подібного обладнання не лише підвищує збереженість вантажів і зменшує ризики їх втрати, але й робить процес транспортування більш прозорим для вантажовласника. Крім того, автоматизовані системи контролю сприяють прискоренню проходження митних і прикордонних

процедур, що в підсумку скорочує загальний час доставки та спрощує операції з пошуку, сортування і формування партій контейнерів.

Ефективність функціонування контейнерного терміналу визначається сукупністю декількох чинників, серед яких важливе місце займає його географічне розташування, віддаленість від основних центрів формування вантажопотоків, а також фізичні характеристики самого терміналу - площа, конфігурація території та пропускна спроможність засобів механізації.

Разом із цим розвиток сучасних логістичних систем вимагає врахування зовнішніх факторів, до яких належать обсяги і структура вантажопотоків, типи і габарити суден, що обслуговуються в портах, а також особливості автомобільного і залізничного транспорту, який використовується для доставки контейнерів.

Окрім великих морських терміналів, функціонують також окремі контейнерні пункти, які можуть бути розташовані поза межами портової інфраструктури. Такі пункти забезпечують перевалку контейнерів між різними видами транспорту, наприклад з автомобільного на залізничний або навпаки, а іноді здійснюють операції в межах одного виду транспорту.

Для подібних контейнерних пунктів актуальним є завдання оптимізації їх параметрів та організації технологічних процесів. Пропускна спроможність пунктів переробки контейнерів визначається, з одного боку, місткістю контейнерного майданчика, а з іншого - кількістю та продуктивністю засобів механізації, а також прийнятою технологією виконання операцій.

Ефективність обслуговування контейнеропотоків на пунктах переробки значною мірою залежить від рівня організації технологічних процесів і технічного оснащення таких пунктів. При цьому надходження контейнерів носить нерівномірний характер і може змінюватися залежно від багатьох випадкових чинників.

У зв'язку зі складністю та стохастичним характером процесів, що відбуваються на пунктах переробки контейнерів, у ряді досліджень [10], [11] їх

роботу доцільно розглядати з використанням основних положень теорії систем масового обслуговування. У такому випадку контейнери, що надходять на майданчик, розглядаються як вимоги на обслуговування, а місця для їх розміщення - як канали обслуговування.

Таким чином, пункт переробки контейнерів може бути представлений у вигляді багатоканальної системи масового обслуговування з розімкнутим вхідним потоком, оскільки кількість контейнерів, що надходять до системи, не є обмеженою. Система вважається повнодоступною, оскільки всі канали обслуговування є взаємозамінними. Якщо ж вхідний потік контейнерів характеризується стаціонарністю, ординарністю та відсутністю післядії, то його можна віднести до найпростішого потоку. Рівень завантаження такої СМО визначається за допомогою виразу

$$\phi = \frac{\lambda}{\mu \cdot S}, \quad (1.1)$$

де λ - інтенсивність вхідного потоку контейнерів;

μ , S - відповідно інтенсивність використання одного каналу обслуговування і число каналів.

Стійке функціонування системи масового обслуговування забезпечується за умови, що рівень її завантаження не перевищує одиниці, тобто $\phi < 1$. За таких умов система здатна обробляти потік вимог без необмеженого зростання черги. В даній системі ймовірність надходження до вимог на обслуговування в момент часу t і граничні величини ймовірностей $P_0(k)$ в сталому режимі роботи КМ можуть бути визначені за даними, наведеними в [14]. Середній час очікування обслуговування в системі складе:

$$\omega = \frac{P_0}{\mu S} \frac{S^S \phi^S}{S!(1-\phi)^2} \left(C_t^2 + (1-C_t^2) \frac{S}{S+1} \frac{1-\phi^{S-1}}{1-\phi^S} \right), \quad (1.2)$$

де C_t - коефіцієнт варіації часу обслуговування вимоги.

Отримана залежність дозволяє оцінити вплив нерівномірності потоку контейнерів та варіації тривалості операцій на час простою контейнерів у черзі, що є важливим при виборі параметрів контейнерного майданчика та засобів механізації.

Для забезпечення оптимальної роботи пунктів переробки контейнерів (ППК) важливо визначити величину часу очікування обслуговування, що дозволяє оцінити необхідну місткість майданчика. Аналіз функціонування ППК показує, що простій контейнерів на майданчику виникає переважно з таких причин:

- а) очікування навантаження контейнера у вагони чи на автотранспорт;
- б) очікування митного огляду або проведення капітального ремонту контейнера.

Середній час очікування для кожного виду обслуговування має різні значення і залежить від конкретних технологічних процесів. Зокрема, середній час очікування завантаження контейнерів у вагони безпосередньо пов'язаний з обслуговуванням вхідного потоку контейнерів, а довжина черги до каналів обслуговування повинна перевищувати одиницю, що формалізується співвідношенням $\omega \cdot \lambda > 1$.

Час перебування контейнерів на ППК є випадковою безперервною величиною, основними характеристиками якої є щільність ймовірності та функція розподілу. Переробна спроможність ППК визначається місткістю контейнерного майданчика та продуктивністю засобів механізації. Існуючі методики розрахунку переробної здатності дозволяють отримати лише наближені результати, оскільки враховують переважно нерівномірність контейнеропотоків, що може призводити до значних помилок.

Важливим чинником, що впливає на пропускну здатність контейнерного майданчика, є місткість одного контейнеро-місця та загальна місткість ППК. При визначенні переробної спроможності доцільно розглядати механізовані засоби як канали обслуговування системи.

Недотримання ритму надходження та відправлення вантажів, у тому числі через недоліки в управлінні взаємодією учасників транспортно-перевантажувального процесу, перешкоджає реалізації ефективних логістичних ланцюгів та знижує якість наданих послуг. Для підвищення ефективності управління вантажоперевезеннями доцільно створювати моделі спільної роботи автомобільних, залізничних і портових терміналів та відповідні програмні комплекси. Це дозволяє знизити витрати учасників транспортного процесу за рахунок скорочення простоїв автопоїздів, залізничних вагонів і суден, що очікують на навантаження або розвантаження.

Цільові функції транспортно-логістичної системи базуються на ключових принципах: мінімізація інтегральних витрат і часу проходження вантажу, забезпечення надійності та якості перевезень.

Аналітичне описування транспортно-логістичної системи є складним через велику кількість параметрів та впливових факторів. Зовнішні чинники, характеристики вхідних потоків і параметри системи мають ймовірнісний характер, тому результати прогнозування поведінки системи за допомогою виключно аналітичних методів є обмеженими за точністю.

Найбільш доцільним підходом при моделюванні таких систем є поєднання аналітичних, імовірнісних і імітаційних методів, що дозволяє відобразити багатофакторні та нестаціонарні процеси формування критеріїв управління. Імітаційне моделювання забезпечує отримання великої кількості реалізацій вхідних процесів у режимі поточного часу для конкретних параметрів системи. Методологічною основою такого моделювання є системний аналіз, а процеси і об'єкти в моделі описуються за допомогою інтегральних і диференціальних рівнянь, реалізованих через традиційні обчислювальні процедури.

У ході роботи було розроблено дискретно-подієву модель транспортної системи за допомогою програмного комплексу AnyLogic v5.4.1 [13]. Система AnyLogic є транзакційно-аналітичною платформою, здатною враховувати всі

релевантні фактори і обмеження в постачанні, виробництві, дистрибуції, транспортних і складських операціях, а також здійснювати імітаційні «прогони» для пошуку оптимальних параметрів управління.

Модель була побудована на об'єктах бібліотеки AnyLogic Enterprise Library, що забезпечує високорівневий інтерфейс для швидкого створення дискретно-подієвих моделей за допомогою блок-схем. Структура і загальні алгоритми роботи моделі детально представлені в [4].

У результаті застосування запропонованих методів вирішується завдання ефективного управління неритмічними вантажопотоками, що надходять на термінали різними видами транспорту. Результати імітаційного моделювання дозволяють визначити оптимальні алгоритми управління вантажопотоками у вузлах перетину транспортних артерій та забезпечити раціональний розподіл ресурсів для підвищення ефективності роботи терміналів і зниження витрат учасників транспортного процесу.

1.3 Рекомендації щодо вдосконалення роботи кранами на контейнерних терміналах

На сучасних контейнерних пунктах управління краном здійснюється безпосередньо машиністом-кранівником. У даній роботі пропонується впровадити систему зчитування координат крана (СЗК), що дозволить автоматично контролювати переміщення крана на майданчику і, як наслідок, підвищити ефективність перевантаження контейнерів. Застосування такої системи знижує фізичне і психічне навантаження на машиніста та підвищує продуктивність праці.

Принцип роботи системи СЗК базується на мінімізації переміщень крана при виконанні операцій на контейнерному майданчику [9].

Якщо позначити призначення вагонів через x_{ij} , еквівалентні відстані від кожного вагона до кожного комплекту контейнерів через L_{ij} ,

де i - шифр станції призначення комплекту (рядок матриці),

j - порядковий номер вагона в подачі (стовпець матриці), то на основі цих позначень формулюється оптимізаційне завдання щодо планування переміщень крана, що дозволяє зменшити сумарну відстань його переміщень на майданчику та скоротити час обробки контейнерів:

$$\sum x_{ij} \cdot L_{ij} = \min. \quad (1.3)$$

На сучасних контейнерних пунктах управління краном здійснюється машиністом-кранівником вручну. У даній роботі пропонується впровадження системи зчитування координат крана (СЗК), що дозволяє автоматизувати контроль переміщень крана на майданчику та підвищити ефективність перевантаження контейнерів. Використання СЗК знижує стомлюваність машиніста та підвищує продуктивність його роботи.

У автоматичному режимі кран виконує наступні дії:

1. Переміщення від диспетчерського пункту $x0x_0x0$ до заданої позиції за мінімальний час;
2. Зупинка ходової та вантажної візок з заданою точністю $\Delta x \backslash \Delta y$ та $\Delta y \backslash \Delta x$ та Δy ;
3. Опускання контейнера і відступовка;
4. Переміщення до другої позиції;
5. Застропка контейнера;
6. Повернення в точку $x0x_0x0$ для отримання нового завдання.

Від одного диспетчерського пункту можуть працювати два крани одночасно - справа та зліва від точки $x0x_0x0$.

Кран як об'єкт управління представляє собою комплекс механізмів, об'єднаних статичними та кінематичними зв'язками, з певними динамічними властивостями. Він функціонує в середовищі контейнерного майданчика, виконуючи транспортно-перевантажувальні операції під управлінням системи керування. Особливості об'єкта включають великі маси механізмів та вантажів, значні переміщення, відхилення від прямолінійності та горизонтальності шляху, а також розгойдування вантажозахоплювального пристрою.

Для зниження впливу цих факторів використовуються «пасивні» або «приводні» системи компенсації зміщення вантажозахоплювального органу, сенсорне відчуття та технічний зір при наведенні спредера.

Апаратура управління позиціонуванням крана включає:

- отримання команд від ЕОМ;
- реєстрацію поточного положення крана;
- відображення завдань на пульті кранівника;
- реєстрацію виконаних операцій;
- обмін інформацією про хід технологічного процесу з ЕОМ;
- комунікацію з водіями тягачів.

Структура системи включає [10, 11, 12]:

- центральну ЕОМ;
- ЕОМ, що керує кранами та обробкою контейнерів на майданчику;
- пульт введення даних і дисплей;
- систему датчиків координати X;
- технічні засоби передачі даних;
- переговорний пристрій.

Функціонування системи передбачає:

- розвантаження контейнерів та введення їх номерів у буферну ЕОМ вручну або через диспетчера;
- відображення координат контейнера та крана на екрані для прийняття рішення кранівником щодо переміщення;
- контроль виконання завдань і передача інформації про стан крана та координати.

На майданчику кран отримує завдання від буферної ЕОМ щодо місця знаходження контейнера, його номера та номера майданчика для завантаження. Номер тягача, який забирає контейнер, також вводиться в систему. Планування основних операцій здійснюється центральною ЕОМ, а вид операцій і переміщення контейнерів передаються на буферну ЕОМ разом з адресою [13].

Технічні засоби на кран включають:

1. Пульт кранівника - дисплей компактного розміру, пристосований до умов кабіни;
2. Система датчиків для визначення положення спредера в трьох координатах (секції, ряд, ярус) побічно по позиції моста, візка та механізму підйому;
3. Апаратура прийому та передачі даних.

Команди від буферної ЕОМ включають: вид операції, адресу контейнера, номер тягача та номер контейнера для візуального контролю. Повідомлення з крана містять статус крана, виявлені помилки, поточні та цільові координати, а також ідентифікатори контейнерів.



Рисунок 1.1 – Структурна схема управління позиціонуванням

Повідомлення про стан готовності крана або виявлені помилки передаються у разі потреби, тоді як інші дані передаються у відповідь на запит системи про поточний статус.

На рис. 1.2 наведено одну з можливих схем управління позиціонуванням крана. У даній конфігурації передбачене лише ручне керування виконавчими органами крана, оскільки бортовий комп'ютер відсутній. Схема включає:

- систему датчиків координат X, Y, Z, які функціонують за кодово-позиційним принципом;
- екран для відображення інформації;
- логічні блоки обробки сигналів;
- приймально-передавальні пристрої;
- керуючу електронно-обчислювальну машину (ЕОМ).

Ця конфігурація дозволяє контролювати переміщення крана з високою точністю, забезпечуючи обробку координатних даних у режимі реального часу та підготовку сигналів для ручного управління виконавчими механізмами.

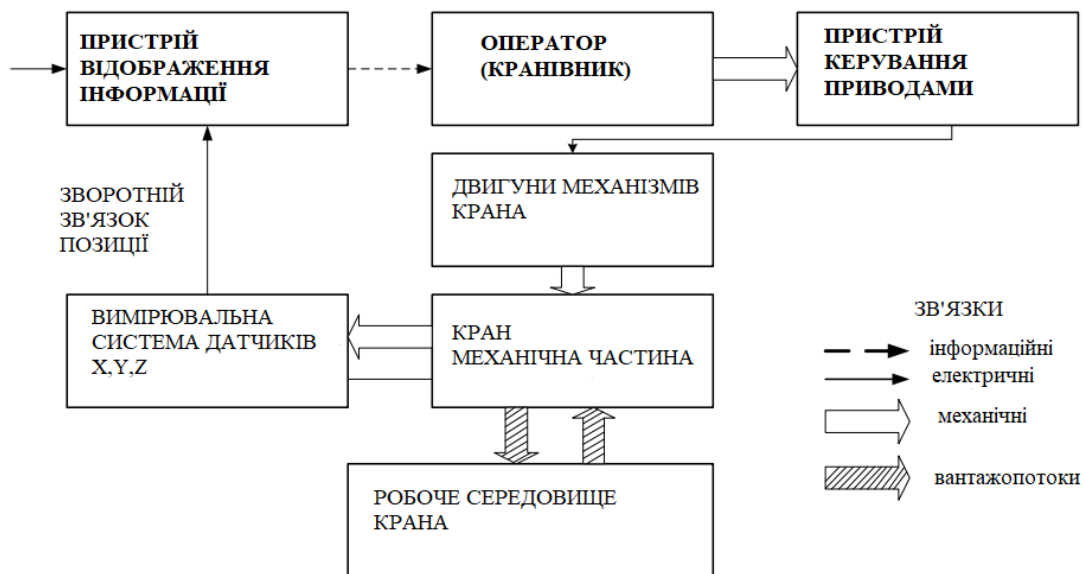


Рисунок 1.2 – Схема управління позиціонуванням

У процесі розробки структурної схеми управління позиціонуванням і вибору датчиків положення козлового крана були проаналізовані результати патентних досліджень провідних компаній Японії, ФРН та інших держав, які мають значний досвід у створенні систем автоматичного керування кранів морських портів, кранів-штабелерів та аналогічної техніки. Було вивчено

сучасні тенденції розвитку, рівень автоматизації та впровадження технологій автоматичного управління. Крім того, враховано досвід часткової автоматизації позиціонування козових кранів у країнах СНД, а також конструктивні особливості козових контейнерних кранів, що обслуговують контейнерні майданчики вантажних станцій [5].

Запропонована схема управління позиціонуванням передбачає застосування виключно позиційних датчиків. Її реалізацію можна здійснити на основі серійно випускаються безконтактних датчиків для різних автоматизованих пристроїв. Для цього обрано безконтактний датчик переміщення БДП-2 (рис. 1.3), який характеризується компактними розмірами $50 \times 60 \times 60$ мм, малою вагою 150 г та високою чутливістю.

Оптимальні параметри кодових екранів для забезпечення стабільної роботи датчиків визначені за даними [5]:

1. Розміри кодового екрану - $50 \times 60 \times 3$ мм, матеріал - сталь марки 3;
2. Відстань між осями датчиків - 90 мм.

Система зчитування координат (СЗК) реалізує кодовий принцип визначення положення контейнерів за допомогою індуктивних датчиків, розташованих на крані. В якості адресоносія передбачено використання металевих кодових екранів, що забезпечує надійне та точне визначення координат контейнера під час операцій перевантаження.

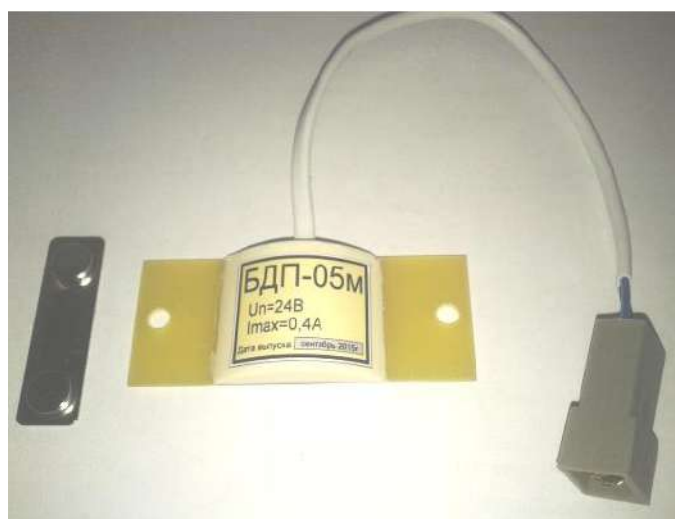


Рисунок 1.3 – Безконтактний датчик переміщення БДП-2

Розроблена система зчитування координат крана складається з наступних елементів:

- адресних елементів, розташованих уздовж траєкторії руху виконавчих органів крана;
- зчитуючих елементів (датчиків);
- блоку прийому та обробки сигналів;
- лінії зв'язку та пристрою взаємодії з блоком індикації і приймально-передавальним пристроєм;
- механічного вузла, що забезпечує правильну взаємну орієнтацію адресоносія та зчитуючих елементів, а також несучих конструктивних деталей.

Пристрій контролю положення крана включає датчики, встановлені на крані, та екрани, закріплені на стаціонарних напрямних елементах. Напрявні виконані у вигляді двох проводів, підвішених на опорах, на яких закріплені планки з екранами. Датчики розташовані на спеціальному майданчику, закріпленому на крані під проводами і підпружиненому щодо його конструкції. Майданчик оснащений напрямними роликами, що взаємодіють із проводами, забезпечуючи стабільне положення датчиків під час переміщення крана.

На рис. 1.4 показано пристрій контролю положення крана, а на рис. 1.5 – майданчик з датчиками.

Конструкція пристрою передбачає:

- пасивні кодові елементи (екрани) 2, встановлені на стаціонарних напрямних 3;
- напрямні 3 виконані у вигляді двох проводів, підвішених на опорах 4;
- кодові елементи 2 закріплені на планках 5, розташованих перпендикулярно проводам;

- датчики положення 6 встановлені на майданчику 7, що включає напрямні ролики 8, які переміщуються по проводах 3;
- майданчик 7 здатний обертатися навколо горизонтальної осі та підпружинений пружинами 11 і 12 відносно металоконструкції крана 10;
- проводи 3 з планками 5 розташовані на опорах 4 нижче лінії енергопостачання крана 13, що забезпечує безпечну роботу системи.

Завдяки такій конструкції забезпечується точне визначення положення крана під час руху, стабільне зчитування координат і мінімізація похибок при автоматизованому керуванні контейнерними операціями.

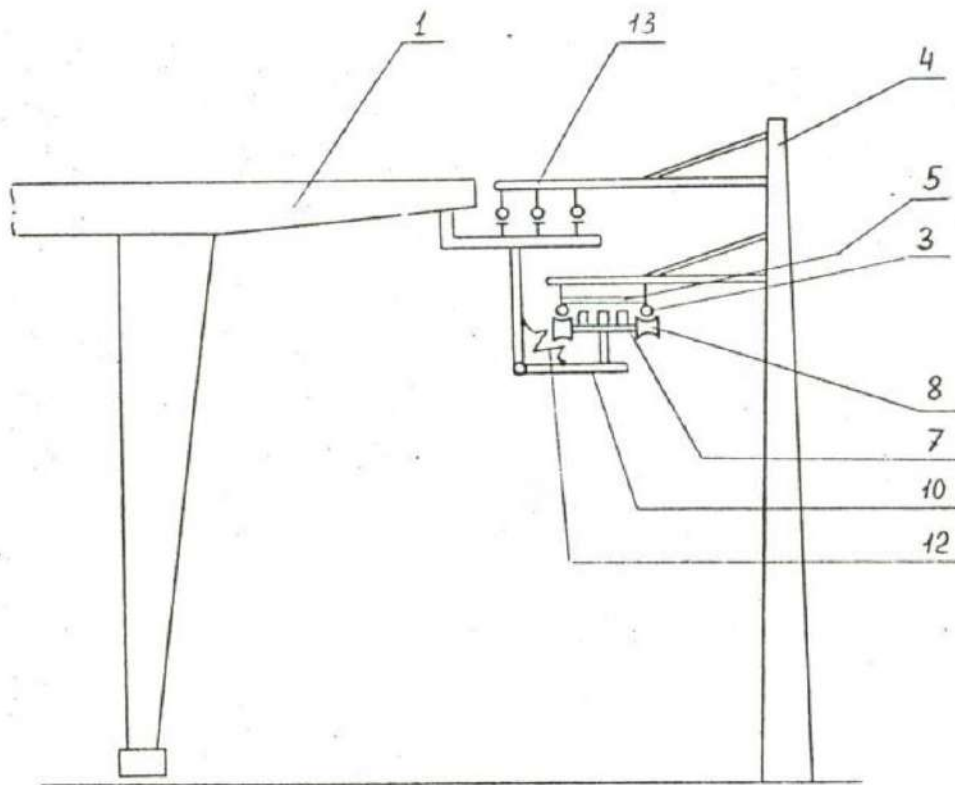


Рисунок 1.4 – Пристрій для контролю положення крана

Пристрій контролю положення крана функціонує наступним чином. Під час руху крана 1 по підкранових коліях ролики 8 переміщуються по проводах 3. Коли майданчик 7 проходить під планками 5, датчики 6 взаємодіють із кодовими елементами 2. Інформація про ці взаємодії надходить у систему управління (не показано на схемі).

Стабілізація відстані між кодовими елементами 2 та датчиками 6 досягається завдяки гнучкості проводів, можливості обертання майданчика 7 навколо осі 9, а сталість натискання роликів на дроті підтримується пружинами 11 і 12.

Система зчитування координат передбачає два варіанти механізму піджиму зчитуючих елементів до адресоносія. Перший варіант реалізує телескопічний підтиск пристрою, що зчитує до кодової планки. Другий варіант передбачає використання візка на чотирьох колесах із встановленими на ньому датчиками БДП-2. Підтиск до тролей, на яких закріплені кодові планки, здійснюється через шарнірний чотирьохзв'язковий механізм, з'єднаний з краном двома жорсткими зв'язками та пружиною, що забезпечує необхідне зусилля піджиму.

Перший варіант підтискного пристрою, який орієнтує систему датчиків щодо адресних пластин, наведено на рис. 1.5, а конструкцію підтискного пристрою – на рис. 1.6. Система датчиків 4 може переміщуватися в площині YOZ, що дозволяє компенсувати похибку на осі Y, спричинену непаралельністю осі кодових пластин і траєкторії руху крана. Телескопічні підтискувачі 1 та 2 забезпечують притиск пластини 3 з датчиками 4 до тролей (на схемі не показано). Тролеї виконують роль напрямних, вздовж яких система датчиків переміщується по роликам.

Недоліком такої конструкції є обмежена жорсткість телескопічних підшипників. При частому змінному навантаженні можливе порушення паралельності підтискувачів, що призводить до неточного зчитування позиції. У результаті код позиції може зчитуватися частково через перекид кодової планки відносно зчитувального пристрою: крайній датчик спрацьовує, а датчик на протилежному боці ще не досяг кодової планки, тому сигнал не реєструється.

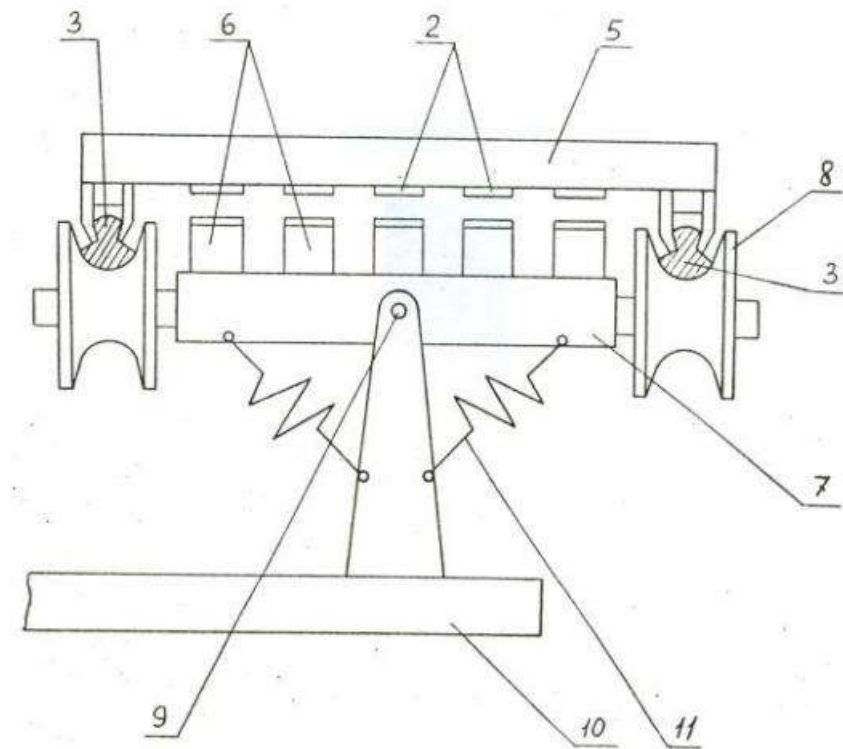


Рисунок 1.5 – Площадка з датчиками

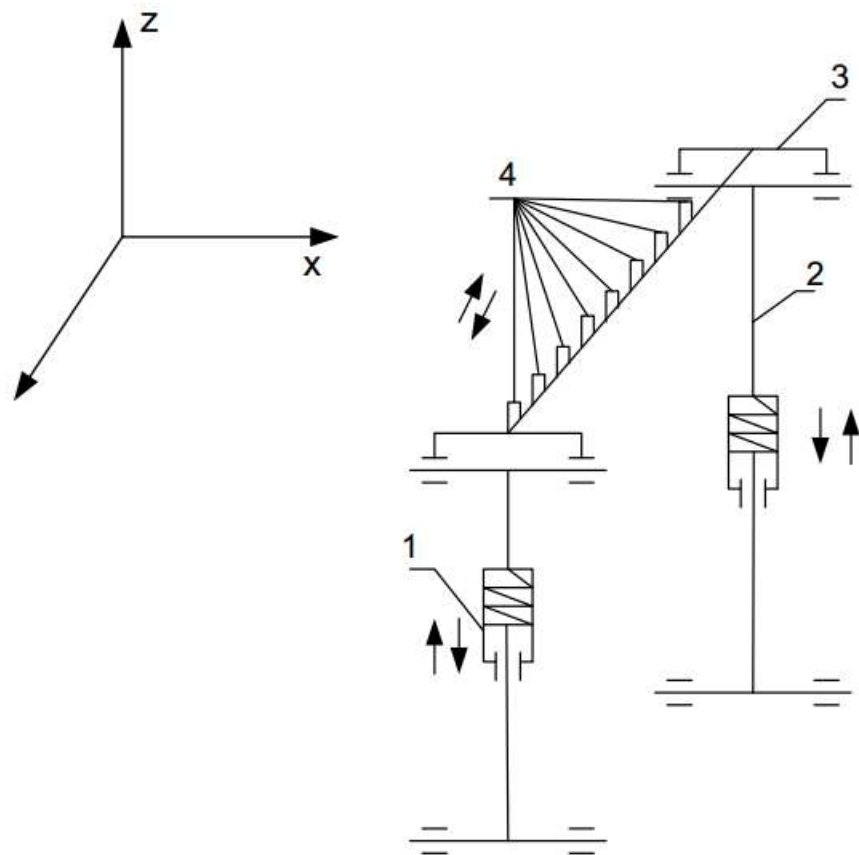


Рисунок 1.6 – Схема піджимного пристрою

У другому варіанті системи кодові планки розташовуються на двох троліях, підвішених нижче тролей живлення. Тролеї виконують функцію несучих та напрямних елементів конструкції. Відсутність електричної напруги на троліях спрощує обслуговування системи зчитування координат і усуває ризик короткого замикання під впливом атмосферних опадів.

Адресні елементи по осі X формуються планками з дельтадеревини, які кріпляться на троліях за допомогою спеціальних тролейбусних затискачів. На ці планки, відповідно до коду позиції, встановлюються металеві пластини, розміри яких визначаються типом і характеристиками обраних датчиків. Адресні елементи по осі Y представляють металеві пластини, закріплені на мосту козлового крана.

Система зчитування формує ряд індуктивних безконтактних датчиків типу БДП-2, розташованих на спеціальному підтискному пристрої. Цей пристрій забезпечує необхідний зазор між датчиками та кодовими пластинами, гарантуючи стабільне зчитування коду.

Блок прийому та обробки сигналів накопичує код позиції, що надходить від датчиків, зберігає його до надходження наступного сигналу, а також перетворює його для передачі по радіоканалу або відображення на табло (екрані) у кабіні кранівника. На рис. 1.7 та 1.8 наведені схеми зчитування кодів по осях X і Y, що є частиною блоку прийому та обробки сигналів. Код позиції надходить у регістр пам'яті від датчиків 1...7. На вхід синхронізації подається сигнал з елемента «ИЛИ», тобто запис здійснюється, якщо хоча б один із виходів 1...6 активний. Потім інформація передається на дешифратор і далі на індикативні пристрої.

Система датчиків має можливість компенсувати зміщення по осі Z і невелике зміщення по осі Y, яке враховується при обробці на ЕОМ.

Візок із системою датчиків переміщується вздовж троліїв, спираючись на них через чотири ролика, що забезпечує постійний зазор між датчиками і кодовою планкою. Підтиск візка здійснюється пружиною підтискного

пристрою. Для забезпечення м'якшої характеристики та стабільного тиску обрана довга пружина малого діаметра. Пружина передає зусилля на шарнірний чотирьохзвінковий механізм, одна ланка якого подовжена для кріплення візка із зчитувальними елементами.

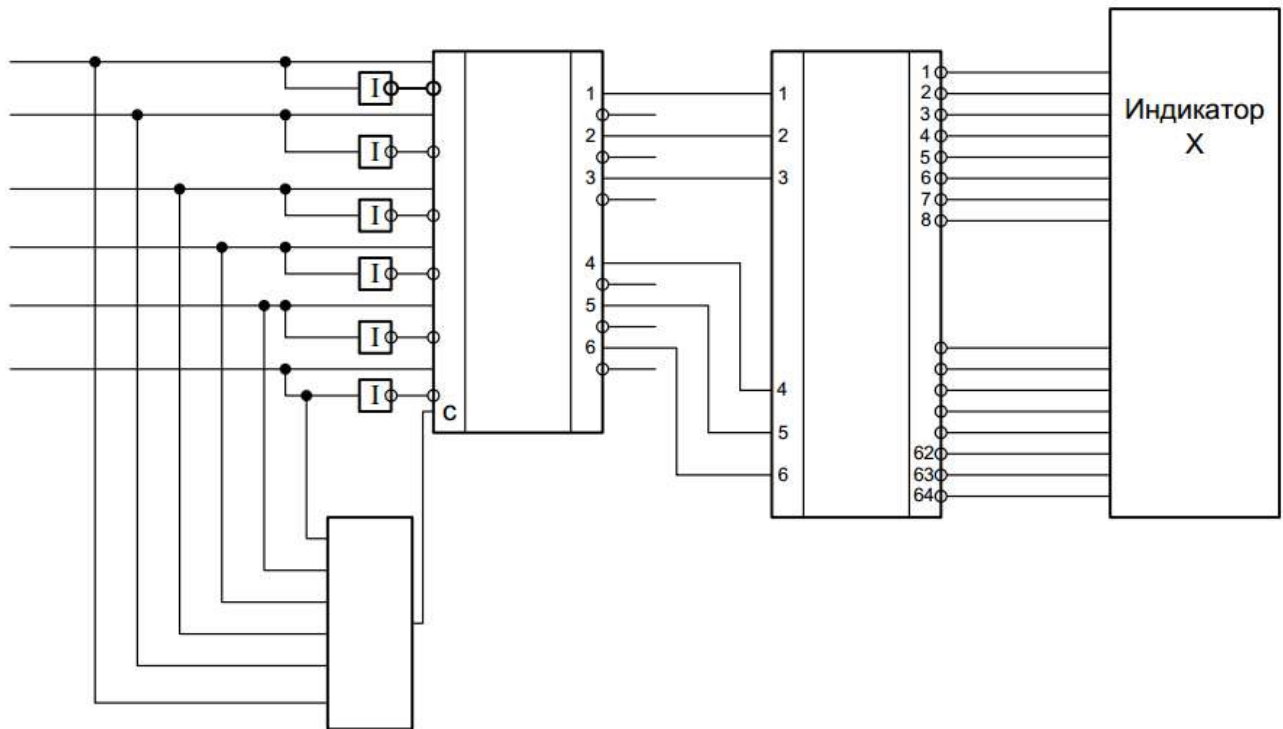


Рисунок 1.7 – Схема зчитування коду по осі X

Під майданчиком обслуговування струмознімачів розташована площадка із зчитувальними пристроями системи СЗК. Площадка закріплюється до мосту козлового крана за допомогою двох швелерів і обладнана перилами висотою 1 м для безпечного доступу персоналу під час обслуговування. Для проходу на площадку передбачений люк у підлозі майданчика обслуговування струмознімачів.

Таким чином, взаємне розташування елементів системи зчитування (датчиків) і кодових пластин на планках визначається конструкцією кодових планок та підтискного пристрою і не залежить від коливань тролей з кодовими планками відносно козлового крана. Це забезпечує стабільність позиціонування датчиків і точність зчитування координат крана.

металевих екранів у ролі адресоносія. Використання цього набору зчитуючих елементів дозволяє однозначно закодувати кожну позицію, що суттєво знижує ймовірність помилок при визначенні координат. Крім того, безконтактні компоненти системи демонструють високу надійність навіть в умовах суворого клімату, спрощують процес обслуговування завдяки уніфікації елементів і мають відносно низьку вартість.

Конфігурація системи розроблена з урахуванням перспективних потреб: частина її елементів винесена за межі активної зони контейнерного майданчика. Це дозволяє зменшити ризики пошкодження, спростити технічне обслуговування та забезпечити незалежність роботи СЗК від безпосередньої експлуатації та організації транспортної і шляхової зон.

2. ТЕХНІЧНИЙ ОПИС КРАНУ СПЕЦІАЛЬНОГО КОНТЕЙНЕРНОГО ККК32.5-32У1

2.1 Призначення

Кран призначений для механізації вантажно-розвантажувальних робіт на складі 20' і 40' контейнерів. Кран повинен експлуатуватися в першому вітровому районі по [3].

2.2 Технічні дані

Зведені технічні дані по крану, який діагностувався представлено в табл. 2.1. Габаритне креслення крану представлено на рис. 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні дані крану ККК32.5-32У1

Параметр	одиниці виміру	значення
Вантажопідйомність		
з контейнером 20'	т	32
з контейнером 40'	т	41,5
Група класифікації крана по ІСО 4301/1	А6	
Проліт	м	32
База	м	23
Виліт консолей	м	8
Висота підйому спредера	м	14
Кут повороту спредера	град.	± 105
Механізм підйому		
Швидкість	м / с	0,19
Діапазон зміни швидкості	1:8	
Група класифікації механізму по ІСО 4301/1 М5	М5	
Канат, ГОСТ 2688	тип 27-Г-I-O-1770	
Зусилля	кН	90
Барабан:		
- діаметр	м	0,61
- кількість	шт.	2
Редуктор:		
- передавальне число	50,94	
- кількість	шт.	1

Електродвигуни	тип 4МТМ-280L10У1	
- потужність за ПВ-40%	кВт	75
- частота обертання	об / с	9,5
- кількість	шт.	1
Гальмо	тип ТКГ-400МУ2	
- гальмівний момент	Нм	1500
- кількість	шт.	2
Кінцевий вимикач	тип ВУ-250МУ2	
- місце установки	барабан	
- кількість	шт.	1
Механізм пересування візка		
Група класифікації механізму за ІСО 4301/1	М5	
Швидкість	м / с	0,6
Діапазон зміни швидкості	1: 6	
База	м	2,6
Коля	м	10
Навантаження на колесо	кН	150
Тип підвізкової рейки ГОСТ 7173	Р38	
Кількість коліс:		
- привідних	шт.	2
- ведених	шт.	2
Діаметр колеса	м	0,5
Редуктор	тип СКУ-610Н-40-33У1	
- передавальне число	41.14	
- кількість	шт.	1
Електродвигун	тип МТН312-6У1	
- потужність при ПВ = 40%	кВт	15
- частота обертання	об / с	16
- кількість	шт.	1
Гальмо	тип ТКГ-200МУ2	
- гальмівний момент	Нм	150
- кількість	шт.	2
Кінцевий вимикач	тип КУ-701А, КУ-704а	
- місце установки	візок	
- кількість	шт.	2+2

Механізм повороту платформи		
Група класифікації механізму по ISO 4301/1	М4	
Швидкість	об / хв	1
Діапазон зміни швидкості	1: 6	
Редуктор	тип циліндричний треступеневий	
- передаточне число	111,3	
- кількість	шт.	1
Електродвигун	тип МТФ111-6У1	
- потужність при ПВ = 40%	кВт	3,5
- частота обертання	об / с	14,9
- кількість	шт.	1
Гальмо	тип ТКТ-200У2	
- тип електромагніту	МО-100Б	
- гальмівний момент	Нм	80
- кількість	шт.	1
Кінцевий вимикач	тип ВУ-250М	
- місце установки	візок	
- кількість	шт.	1
Механізм пересування крана		
Група класифікації механізму по ISO 4301/1	М5	
Швидкість	м / с	1,1
Діапазон зміни швидкості	1: 6	
Кількість коліс:		
- привідних	шт.	8
- ведених	шт.	8
Діаметр колеса	м	0,71
Редуктор	тип ЦЗвк Ф250-31,5-37У1	
- передаточне число	31,5	
- кількість	шт.	8
Електродвигун	тип МТН311-6У1	
- потужність при ПВ = 40%	кВт	11
- частота обертання	об/с	15,6
- кількість	шт.	8
Гальмо	тип ТКГ-200МУ2	
- гальмівний момент	Нм	200
- кількість	шт.	8
Кінцевий вимикач	тип КУ-701А	
- місце установки	балансир	
Рід електричного струму, напруга, число фаз	змінний, 380 В, 50 Гц	

	трифазний	
Спосіб управління	електричний	
Місце управління	з кабіни	
Сумарна номінальна потужність електродвигунів	кВт	185
спосіб струмопідводу		
- до крана	гнучкий кабель	
- до рухомих частин на крані	гнучкий кабель	
Маса крана	т	170
Розрахункове навантаження ходового колеса на рейку	кН	294

2.3 Складальні одиниці крана

Кран виготовлено із наступних частин:

- КKK-01.00.000: міст, опори, ригелі, стяжки, стойки, підкоси;
- КKK-02.00.000: візок;
- КKK-03.00.000: платформа поворотна;
- спредери 20' та 40';
- КKK-04.00.000: драбини і площадки;
- КKK-05.00.000: установка кабіни;
- КKK-06.00.000: установка кабельного барабана;
- КKK-07.00.000: установка обладнання на мосту;
- КKK-08.00.000: електрообладнання;
- КKK-10.00.000: механізм пересування крана;
- КKK-11.00.000: електроприміщення.

2.4 Пристрій і робота крана

2.4.1 Металоконструкція крана

Металоконструкція спеціального контейнерного крана включає міст та дві жорсткі опори. Міст виконано у вигляді двобалкової конструкції. Кожна з балок має коробчастий переріз і являє собою суцільностінчасту зварну двостінчасту конструкцію, що забезпечує високу жорсткість і стійкість при дії навантажень.

По верхніх поясах балок моста укладені підвізкові рейки, призначені для пересування вантажного візка. До верхнього поясу моста приєднана шпренгельна система, яка складається з ригелів, стрижнів і стійок та служить для підвищення просторової жорсткості та зменшення прогинів металоконструкції.

Балка моста складається з окремих секцій і кінцевих балок. Секції з'єднуються між собою болтовими стиками з використанням накладок, що забезпечує можливість транспортування та монтажу крана великими блоками.

Для забезпечення доступу обслуговуючого персоналу балка моста обладнана галереєю з огороженням, що дозволяє виконувати огляд, технічне обслуговування та ремонт механізмів.

Опори крана виконані у вигляді коробчастих зварних конструкцій. У нижній частині опори мають шарнірні вузли для приєднання балансирів, що забезпечують рівномірний розподіл навантаження на ходові колеса. Опори з'єднані між собою стяжками, які підвищують просторову жорсткість і стійкість всієї конструкції.

2.4.2 Візок

Вантажний візок складається з рами зварної конструкції, яка спирається на балки моста за допомогою чотирьох ходових коліс. На візку розміщений механізм його пересування, а також поворотна платформа, з'єднана з рамою через опорно-поворотний пристрій.

Привід повороту встановлений на візку; його зубчаста шестерня входить у зачеплення із зубчастим вінцем, закріпленим на поворотній платформі, що забезпечує обертання платформи разом із вантажопідіймальним обладнанням.

На поворотній платформі змонтовано механізм підйому, який включає двобарабанну лебідку. Канати від барабанів лебідки запасовані у двократний вантажний поліспаст, який проходить через блоки, встановлені на спредері (рис. 2.2). Така схема запасовки забезпечує зменшення швидкості підйому і збільшення тягового зусилля.

Один зі спеціальних блоків поліспадної системи має нерухомо закріплений канат і виконує функції зважувального пристрою та обмежувача вантажопідймальності, що дозволяє контролювати масу підійманого контейнера та запобігати перевантаженню механізму.

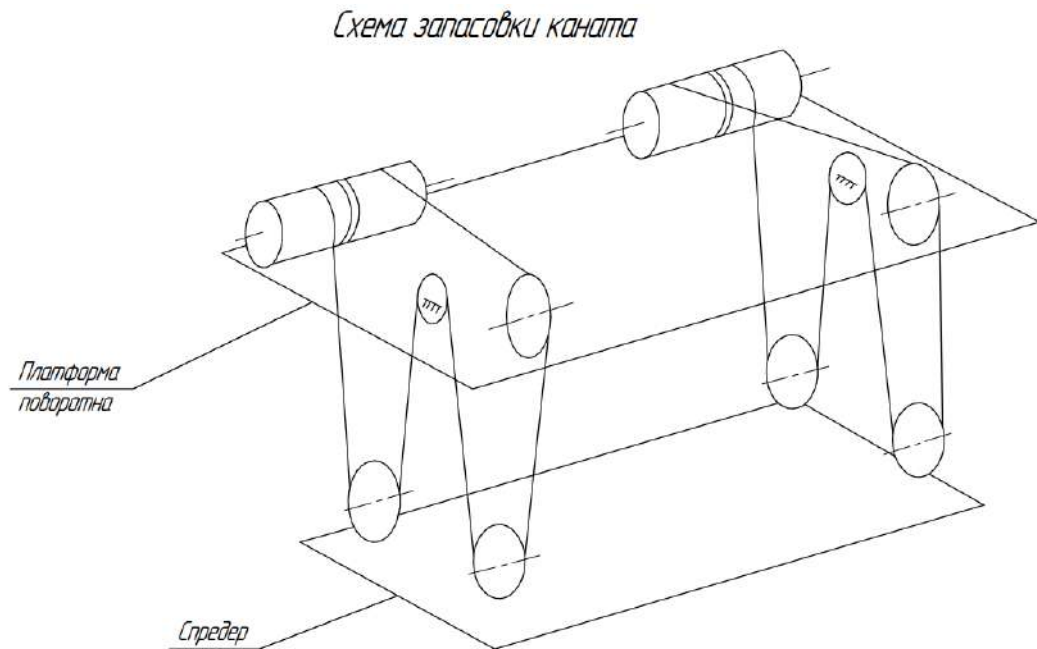


Рисунок 2.2 – Схема поліспада крана

Механізм пересування візка виконаний із центральним приводом, що передає обертання через тихохідний вал. Конструкція візка передбачає наявність чотирьох ходових коліс, з яких два є приводними, а два — холостими. Така схема забезпечує надійне зчеплення з рейками, рівномірний розподіл навантаження та стійкість візка під час руху.

2.4.3 Спредер

Спредер крана призначений для захоплення, утримання та транспортування універсальних контейнерів. Його конструкція складається із зварної рами та чотирьох приводних механізмів, які забезпечують поворот замків і їх взаємодію з кутовими фітінгами контейнерів.

Кожен привід спредера керує відповідним замком, що дозволяє здійснювати надійне фіксування контейнера під час підйому, переміщення та встановлення. Конструкція спредера передбачає можливість роботи як із 20-

футовими, так і з 40-футовими контейнерами, що забезпечує універсальність його застосування на контейнерному терміналі.

2.4.4 Управління краном

Керування краном здійснюється з кабіни закритого типу, призначеної для роботи машиніста в безпечних та комфортних умовах. Кабіна встановлена на поворотній платформі і переміщується разом із вантажозахоплювальним органом, що забезпечує оператору постійний візуальний контроль за контейнером і робочою зоною. Таке розташування кабіни значно покращує огляд під час виконання вантажно-розвантажувальних операцій і підвищує точність позиціонування контейнера.

2.4.5 Механізм пересування крана

Пересування крана по підкранових коліях забезпечується ходовою частиною, що складається з восьми ходових візків. Візки згруповані попарно та з'єднані між собою балансирами, що дозволяє рівномірно розподіляти навантаження на колеса та компенсувати нерівності колії.

Кожен візок оснащений двома колесами, з яких одне є приводним, а інше – холостим. Така компоновка підвищує надійність приводу та забезпечує стійкий рух крана при різних режимах роботи. Для запобігання самовільному переміщенню під дією вітрових навантажень кран обладнаний протиугінними пристроями, серед яких передбачено два ручні та два приводні захвати.

2.4.6 Вхід на кран

Доступ обслуговуючого персоналу на кран здійснюється за допомогою стаціонарних сходів, розташованих на правій опорі металоконструкції. У верхній частині сходів передбачено посадочний майданчик, з якого забезпечується вхід до кабіни машиніста.

З цього ж майданчика передбачений перехід на галерею моста, що проходить уздовж балки крана. Галерея забезпечує безпечне пересування персоналу до візка, де розміщені механізми підйому та інші елементи, що потребують технічного обслуговування.

2.5 Електрообладнання

Нижче наведена таблиця основних електроприводів крана.

Таблиця 2.2 – Електричні характеристики крана

Підведення живлення до крана здійснюється гнучким кабелем через кабельний барабан	
Мережа живлення	380 В, 50 Гц
Встановлена номінальна потужність двигунів	185 кВт
Максимальна потужність мережі електроосвітлення	16 кВт
Пусковий струм робочого режиму при поєднанні операцій: розгін двигунів пересування крана при одночасному підйомі	$I_n = 560 \text{ А}$
Піковий робочий струм при суміщенні режимів: пересування крана при відсутності зустрічного вітру плюс підйом	$I_0 = 440 \text{ А}$
Розрахунковий падіння напруги у внутрикрановій мережі (без кабельного струмопідводу) при пусковому струмі робочого режиму	$4\% U_c$
Розрахунковий коефіцієнт потужності	$\cos \phi = 0,75$
Допустиме падіння напруги в зовнішній мережі (включаючи гнучкий струмопідвод кабелем КГ 3х95 + 1х35) при пусковому струмі робочого режиму	$11\% U_c$
* Пікові і пускові струми робочих режимів визначалися при включеному електроосвітленні і обігріві	
* Повна загальна допустима втрата напруги при пусковому струмі робочого режиму $\Delta U \sim 15\% U_c$ на всій трасі живлення крана від підстанції складу до основних струмоприймачів крана прийнята з умови дозволеного зменшення пускового моменту двигунів і запобігання відпадання контакторів і реле	
* Допустиме навантаження на гнучкий кабель живлення пер. 3х95 мм ² при поєднанні операцій підйом + переміщення крана з ПВ = 25% становить 230 А	

2.5.1 Струмопідвод

Живлення крана здійснюється від трифазної електромережі напругою 0,4 кВ та частотою 50 Гц, підключеної від найближчого складу через живильну колонку. Передача електроенергії до крана виконується гнучким силовим

кабелем перерізом $3 \times 95 + 1 \times 35 \text{ мм}^2$, який намотується на спеціальний кабельний барабан.

Живильна колонка встановлюється відповідно до проєкту електропостачання приблизно в середині шляху пересування крана. Загальна довжина колії становить 270 м, при цьому розрахункова довжина кабелю, що намотується на барабан, прийнята рівною 140 м з урахуванням двох резервних витків для забезпечення безпечної роботи системи.

На живильній колонці передбачається встановлення захищеного вимикача із запобіжниками, розрахованими на струм не менше 450 А. Вимикач повинен мати можливість механічного блокування у вимкненому положенні для забезпечення безпеки під час проведення ремонтних або профілактичних робіт.

З боку крана гнучкий кабель під'єднується до кабельного барабана, обладнаного кільцевим струмознімачем типу К-3209, розрахованим на дев'ять електричних ланцюгів струмом до 200 А при тривалості вмикання 100 %. Для підвищення надійності електроживлення між двома робочими кільцями однієї фази встановлюються перемички.

2.5.2 Ввідний пристрій

Після кабельного барабана живильний кабель підводиться до ввідного ящика 6F1, у якому розміщені рубильник та запобіжники. Цей ящик встановлюється на нижньому майданчику сходів жорсткої опори крана.

Від ввідного ящика електроживлення кабельною лінією подається до панелі вводу 6F2, розташованої на галереї моста. З цієї панелі електроенергія розподіляється на вантажний візок, а також на панелі й шафи керування механізмом пересування крана.

Живлення механізмів вантажного візка (підйом вантажу, пересування візка та поворот спредера) здійснюється через панель вводу 7F1, встановлену безпосередньо на візку. Зв'язок між панелями 6F2 та 7F1 реалізовано за допомогою двох гнучких кабелів перерізом $3 \times 50 + 1 \times 16 \text{ мм}^2$.

До панелі вводу також підключені кола:

- освітлення;
- системи обігріву;
- керування контактором КМ1 панелі 6F2;
- вітрового захисту;
- технологічної сигналізації.

Перед початком експлуатації необхідно виконати послідовність ввімкнення обладнання:

1. Увімкнути рубильник у ящику 6F1.
2. Увімкнути рубильники QS панелей 6F2 та 7F1.
3. Вставити ключ-марку 6SA1 та перевести його у положення «ВКЛ».
4. Кнопками 6SB1 та 7SB1 з панелі S1 увімкнути контактор КМ1 панелей 6F2 і 7F1.

Вимкнення контакторів може здійснюватися:

- кнопкою 7SB2 (для панелі 7F1);
- аварійним вимикачем 6SA2 з кабіни керування;
- автоматично при спрацюванні захисних ланцюгів.

Після завершення роботи оператор повинен перевести ключ-марку в положення «0» та вийняти ключ.

Для контролю параметрів електроживлення у схемі передбачено вимірювання лінійної напруги мережі за допомогою вольтметра 7PV з перемикачем 7SA1, встановленим на панелі S1 у кабіні машиніста.

Захист електрообладнання від зникнення однієї з фаз здійснюється спеціальним реле 7KV1. При спрацюванні цього реле відбувається автоматичне вимкнення панелей вводу 6F2 та 7F1.

Основними електроприводами крана є приводи таких механізмів:

- підйому вантажу;
- повороту платформи (повороту спредера);

- приводу замків спредера;
- пересування вантажного візка;
- пересування крана;
- приводу протиугінних захватів.

2.5.3 Розташування електроустаткування

Основні елементи електрообладнання розміщені в різних функціональних зонах крана, що забезпечує зручність експлуатації та технічного обслуговування. Зокрема, обладнання встановлено:

- на майданчику галереї моста;
- на опорних візках жорсткої та гнучкої опор;
- в електромашинному приміщенні вантажного візка;
- на поворотній платформі вантажного візка;
- у кабіні керування;
- на спредерах для контейнерів 20 і 40 футів.

У нижній частині опори №1 (жорсткої) встановлено:

- ввідний ящик 6F1 із рубильником та запобіжниками;
- кабельний барабан, розрахований на 140 м кабелю.

На верхньому майданчику ригеля цієї ж опори змонтовано:

- два світильники типу ЗОЛ;
- датчик 5A1.1 анемометра системи вітрового захисту.

Датчики зусилля обмежувача вантажопідйомності 1A1 та 1A2 встановлені на блоках тягових канатів механізму підйому над майданчиком спредера для контейнерів 20 футів.

2.5.4 Електропроводка

Підведення електроживлення до крана здійснюється гнучким силовим кабелем марки КГ перерізом $3 \times 95 + 1 \times 35 \text{ мм}^2$, який намотується на кабельний барабан, оснащений кільцевим струмознімачем.

Внутрішня електропроводка крана виконана переважно гнучкими кабелями марки КГ, що забезпечують надійну роботу в умовах постійних

переміщень і вібрацій. Для контрольних та допоміжних кіл застосовуються кабелі типу ІРШМ та КРВГ.

З'єднання електрообладнання, розташованого на мосту, з вантажним візком, а також зв'язок між нерухомою та поворотною частинами візка виконуються за допомогою гнучких кабелів марок КГ і НРШМ. Підключення між поворотною частиною візка та кошиком спредера для 20-футових контейнерів здійснюється кабелями НГРШМ $7 \times 2,5 \text{ мм}^2$ та $14 \times 1,5 \text{ мм}^2$.

Прокладання кабельних ліній по металоконструкції крана здійснюється переважно в металевих трубах і гнучких металорукавах, що забезпечує механічний захист проводів. На майданчиках із електрообладнанням кабелі можуть прокладатися відкрито або в кабельних лотках.

Кріплення кабелів до металоконструкцій виконується за допомогою скоб і хомутів із пряжками, що запобігають їх пошкодженню при вібрації та коливаннях. Усі кабелі та проводи мають маркування в шафах керування, клемних коробках і безпосередньо в місцях приєднання до електрообладнання, що полегшує їх ідентифікацію під час технічного обслуговування.

2.5.5 Заземлення

Система заземлення крана виконується відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) та чинних будівельних норм щодо монтажу електротехнічних пристроїв.

Електрообладнання крана, що працює при напрузі до 1000 В, підключається до захисного заземлення таким чином:

- нейтраль вторинної обмотки живильного трансформатора напругою 0,4 кВ заземлюється та приєднується до загального контуру заземлення контейнерного складу і рейок підкранових колій;
- при схемі живлення з глухозаземленою нейтраллю як захисний і нульовий провідник використовується четверта жила живильного кабелю.

Нульова жила жорстко з'єднується з металоконструкцією крана, забезпечуючи електричну безперервність усіх металевих елементів. Для

підвищення надійності заземлення вантажного візка використовується додаткова нульова жила кабелю, що з'єднує блоки 6F2 і 7F1.

Заземлення металоконструкцій спредера виконується окремими нульовими жилами в гнучких кабелях, що з'єднують візок із спредером. У місцях стику окремих секцій металоконструкції встановлюються гнучкі мідні перемички перерізом не менше 25 мм², які забезпечують надійну електричну провідність.

Усі металеві неструмоведучі частини електрообладнання — корпуси електродвигунів, шаф керування, кінцевих вимикачів, командоконтролерів, клемних коробок та освітлювальної арматури — підлягають обов'язковому заземленню. Для цього застосовуються гнучкі перемички з мідного проводу перерізом не менше 10 мм² (наприклад, провід типу МГ-10).

Єдиний контур заземлення моста і вантажного візка забезпечується нульовими жилами силових кабелів. Рейки підкранових колій додатково з'єднуються між собою сталевими перемичками перерізом 25×4 мм на початку та в кінці колії. У місцях їх приєднання рейки з'єднуються із заземлювачами металевою смугою такого ж перерізу.

Заземлювачі використовуються спільно для системи захисного заземлення та блискавкозахисту крана. Опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати 4 Ом.

Корпус живильної колонки також приєднується до контуру заземлення та нульової жили живильного кабелю.

Усі елементи заземлювального кола (перемички, контактні з'єднання, болти) мають відмітне забарвлення, а на корпусах електрообладнання в місцях приєднання нанесено стандартний знак заземлення.

2.5.6 Блискавко-захист

Металоконструкції моста та опор крана використовуються як природні струмовідводи системи блискавкозахисту. Рейки підкранових колій виконують

функцію додаткових струмовідводів, забезпечуючи відведення струму блискавки до заземлювальних пристроїв.

Для забезпечення електричної неперервності вертикальних елементів металоконструкції всі болтові з'єднання шунтуються приварними перемичками перерізом не менше 48 мм² при товщині не менше 4 мм.

Імпульсний опір заземлювальних пристроїв, призначених для відведення струмів блискавки, повинен бути не більше 20 Ом. Як заземлювачі блискавкозахисту використовуються ті самі пристрої, що й для захисного заземлення, що дозволяє створити єдину систему заземлення крана.

Конструкція та розташування заземлювачів, а також з'єднання рейок підкранових колій із заземлювальним контуром визначаються проєктом електропостачання контейнерного складу.

2.6 Порядок роботи

Перед початком експлуатації крана необхідно виконати послідовність операцій з підготовки електрообладнання та систем керування до роботи.

Спочатку на нижньому майданчику опори №1 слід увімкнути рубильник ввідного ящика 6F1. Після цього необхідно увімкнути рубильники QS і автоматичні вимикачі SF, розташовані на панелях вводу 6F2 та 7F1.

Піднявшись до кабіни керування, машиніст повинен увімкнути аварійний вимикач 6SA1, вставити ключ у блок-марку та повернути його до замикання контактів перемикача 6SA2. Далі вмикаються автоматичні вимикачі, встановлені на всіх панелях і шафах керування.

Для подачі живлення на силові кола крана необхідно натиснути кнопку 6SB1, розташовану на пульті в кабіні. У результаті спрацює лінійний контактор KM1 панелі вводу крана 6F2. Аналогічно, натискання кнопки 7SB1 забезпечує увімкнення лінійного контактора KM1 панелі вводу вантажного візка 7F1. Після виконання цих дій електрична схема крана вважається

підготовленою до роботи, і машиніст може керувати будь-яким із робочих механізмів.

Дії машиніста після завершення роботи

Після закінчення робочої зміни або припинення виконання вантажно-розвантажувальних операцій машиніст повинен виконати такі дії:

- встановити кран у місце, відведене для його стоянки;
- перевірити, що рукоятки всіх контролерів знаходяться у нульовому положенні;
- вимкнути аварійний вимикач;
- перевести ключ блок-марки у положення «0» та вийняти його з перемикача;
- зробити запис про технічний стан крана та особливості його роботи у журналі приймання-здавання змін;
- закрити вікна та двері кабіни керування.

У випадку тривалого простою крана додатково необхідно вимкнути рубильник ввідного ящика 6F1, що повністю знеструмлює електрообладнання.

3. ІНСТРУКЦІЯ З МОНТАЖУ, ПУСКУ, РЕГУЛЮВАННЮ І ОБКАТКИ КРАНА НА МІСЦІ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

3.1 Вказівка заходів безпеки

Вимоги до персоналу

- До монтажних робіт допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд та визнані придатними для виконання верхолазних робіт.
- Всі монтажники повинні мати дійсне посвідчення на право проведення робіт на висоті.
- Керівник монтажу призначається наказом і відповідає за дотримання технології монтажних робіт та правил охорони праці.
- Кожен учасник монтажу повинен ознайомитися з цією інструкцією та розписатися в журналі про проходження інструктажу.

Захист та спецодяг

- Верхолази повинні працювати у спеціальному одязі та касках.
- При роботі на висоті понад 1,5 м обов'язково застосовувати сертифікований запобіжний пояс.
- Руки повинні залишатися вільними при пересуванні по крані, інструменти слід носити у сумках через плече.
- Забороняється скидати інструменти та будь-які предмети зверху або залишати їх на висоті; опускати предмети дозволяється лише на мотузці.

Організація робочої зони

- Зона монтажу повинна бути огорожена сигнальною стрічкою або бар'єрами.
- При необхідності виставляються контролюючі особи для недопущення сторонніх у зону монтажу.

- На огорожах обов'язково вивішуються попереджувальні знаки: «Прохід закритий», «Небезпечна зона» тощо.
- В зимовий період зона монтажу очищається від снігу та льоду.

Електробезпека

- Тимчасова електроапаратура та проводка повинні відповідати вимогам сучасних «Правил улаштування електроустановок».
- Перед початком монтажу перевіряється справність заземлення. Працювати без справного заземлення забороняється.
- На кінцях рейкових шляхів встановлюються тупикові упори.

Організація сигналізації

- Встановлюється єдиний порядок обміну умовними сигналами між учасниками монтажу.
- Сигнал «Стоп» може подати будь-яка особа, яка помітила небезпеку.
- Усі сигнали для машиністів монтажних кранів подає одна призначена особа.

Обмеження щодо метеоумов та часу

- Монтажні та верхолазні роботи за несприятливих метеоумов забороняються.
- Роботи на висоті вночі заборонені.

Заборонені дії під час монтажу

- Перебування під піднімаючимися конструкціями.
- Послаблення канатів, що підтримують конструкції, до їх повного закріплення.
- Тимчасове кріплення елементів конструкцій неповною кількістю болтів.
- Виконання робіт, що не відносяться до монтажу крана.
- Допуск сторонніх осіб до зони монтажу.

Контроль після робіт

- Після завершення або тимчасового припинення монтажу керівник повинен переконатися в надійному кріпленні всіх змонтованих або залишених елементів конструкцій.

Проект проведення робіт

- Монтаж крана здійснюється за окремим Проектом проведення робіт (ППР), розробленим спеціалізованою організацією з урахуванням вантажопідйомного обладнання та наявного інструменту монтажною організацією.

-

3.2 Підготовка до монтажу

Вибір та підготовка майданчика

- Монтажний майданчик може розташовуватися:
 1. На місці експлуатації крана;
 2. На спеціально відведеній території.
- Майданчик повинен бути рівним, очищеним від сміття та перешкод, з можливістю установки підйомного обладнання.

Підготовка матеріалів і вузлів

- Усі вузли, деталі та комплектуючі крана повинні бути доставлені на майданчик монтажу.
- Комплектність поставки повинна відповідати специфікації складального креслення ККК-00.00.000.
- Перевірити відсутність видимих дефектів металоконструкцій та вузлів, що могли виникнути під час транспортування.

Підготовка обладнання

- Організувати підключення до джерела живлення відповідно до проекту.
- Встановити вантажопідйомне обладнання, здатне піднімати конструкції масою до 105 т.

3.3 Монтаж крана

Монтаж здійснюється поетапно із суворим дотриманням заходів безпеки.

Етап 1 – Встановлення балансирів

- Встановити на рейкових шляхах і закріпити балансири механізму пересування ККК-10.00.000 (маса 2,6 т) та балки балансири ККК-10.01.000 (маса 1 т).
- Балки з'єднати стяжками ККК-01.10.000 (маса кожної – 6 т).

Етап 2 – Монтаж секцій моста

- Виставити на монтажних підставках (~4 м) секції моста та кінцеві балки (маса секції 8,5 т, кінцевої балки 2 т).
- З'єднання секцій та балок – накладки і болти з контролем затяжки динамометричним ключем:
 - Болти секцій: 115 Н·м
 - Фланцеве з'єднання кінцевих балок: 360 Н·м

Етап 3 – Підвізкові рейки та візок

- Монтаж підвізкових рейок ККК-09.00.000. Зварювання стиків за інструкцією.
- Встановити візок ККК-02.00.000 (11 т) та платформу поворотну ККК-03.00.000 (15 т), закріпити від зсуву.
- Змонтувати кабінку (2,5 т) та спредер (5,5 т).

Етап 4 – Шпренгельна система

- Монтаж стрижнів та стійок ККК-01.14.000, маса – 22,75 т (без деяких елементів для опор).
- З'єднання болтами та накладками, затяжка – 115 Н·м.
- Встановлення обладнання ККК-00.00.000 (1 т), галереї для обслуговуючого персоналу ККК-04.00.000 та електрообладнання.

Етап 5 – Опори та ригелі

- Монтаж опор ККК-01.07.000 та ККК-01.07.000-01 (17,5 т кожна) і ригелів ККК-01.09.000 (2,1 т кожен).

- Надійне розкріплення змонтованих елементів розчалками.
- Встановлення сходів та майданчиків ККК-04.00.000.

Етап 6 – Підйом моста

- Двома вантажопідйомними кранами підняти на монтажних підставках зібраний міст із обладнанням (маса 105 т) у проектне положення.
- Закріплення на опорах.

Етап 7 – Завершальні роботи

- Монтаж відсутніх елементів шпренгельної системи (ККК-01.14.100-2, ККК-01.14.150) та вітрових підкосів ККК-01.15.000 (2,3 т кожен).
- Завершення монтажу сходів, майданчиків, кабельного барабана (2,3 т) та електрообладнання.

Примітка: Під час всіх монтажних робіт кран повинен бути надійно закріплений від впливу вітрового навантаження та монтажних сил.

3.4 Налагодження

Перед початком обкатки крана необхідно провести випробування та регулювання всіх механізмів і систем.

3.4.1 Загальні випробування

1. Перевірка роботи електродвигунів та електрогідроштовхачів пробним включенням кожного механізму без навантаження.
2. Контроль роботи магнітних контролерів та черговості замикання контактів без підключення силового харчування.
3. Перевірка дії кінцевих блокувальних та аварійних вимикачів.
4. Перевірка рівня масла в редукторах, муфтах і гідроштовхачах.
5. Змащення всіх точок змащення відповідно до карти мастила.

3.4.2 Регулювання гальм та кінцевих вимикачів

Механізм підйому вантажу

- Гальмо відрегулювати на момент 1500 Н·м (довжина пружини – 212 мм).
- Кінцевий вимикач механізму має забезпечувати:

- При опусканні вантажу відстань від низу контейнера до рівня головки рейки ≥ 2 м.
- При підйомі вантажу відстань від рівня головки рейки до низу спредера ≥ 14 м.

Механізм повороту платформи (спредера)

- Гальмо відрегулювати на момент 40 Н·м (довжина пружини – 119 мм).
- Кінцевий вимикач забезпечує відключення механізму при відстані між упором і буфером $\geq 10^\circ$.

Механізм пересування крана

- Гальмо відрегулювати на момент 200 Н·м (довжина пружини – 155 мм).
- Кінцевий вимикач забезпечує відключення механізму при відстані від буфера до упору ≥ 5000 мм.

Механізм пересування вантажного візка

- Гальмо відрегулювати на момент 100 Н·м (довжина пружини – 205 мм).
- Кінцеві вимикачі забезпечують відключення механізму при відстані від буфера до упору ≥ 300 мм (другий ступінь кінцевих вимикачів).

Кінцеві вимикачі повинні забезпечувати відключення механізму так, щоб відстань від буфера до упору в момент відключення другого ступеня кінцевих вимикачів було не менше 300 мм.

3.4.3 Регулювання опорно-поворотного пристрою

- Відрегулювати відповідно до інструкції заводу-виготовлювача.

3.4.4 Регулювання приводу спредера

- Виконати відповідно до інструкції заводу-виготовлювача.

3.4.5 Налаштування датчиків обмежувача вантажопідйомності

- Виконати згідно з інструкцією виробника.

3.5 Обкатка

Перед введенням крана в експлуатацію проводиться його обкатка, що включає перевірку всіх механізмів, електроустаткування та органів управління.

3.5.1 Обкатка без навантаження

- Тривалість: **2 години**.
- Мета: перевірка працездатності всіх механізмів окремо та комплексно, контроль роботи електроустаткування, гальм, органів управління та інших систем крана.
- Вимоги:
 - Механізми крана повинні працювати без ривків, стуків, вібрації, перегріву та інших дефектів.
 - Ходові колеса механізму пересування повинні переміщатися по рейках без перекосів і заїдання.

3.5.2 Обкатка під навантаженням

- Тривалість: **4 години**.
- Мета: перевірка роботи всіх механізмів крана при номінальному вантажі, контроль працездатності електроустаткування, блокувань та обмежувача вантажопідйомності.
- Процедури:
 - Перевіряються різні режими роботи крана.
 - Контролюється робота спредера при підйомі **20' і 40' контейнерів**.

3.5.3 Контроль та усунення дефектів

- Під час та після обкатки проводиться ретельний огляд металоконструкцій і механізмів крана.
- У разі виявлення ненормальної роботи, дефектів або тріщин, вузол підлягає ремонту та повторній обкатці.

3.6 Випробування

Монтаж і обкатка крана підтверджуються актом про готовність крана до проведення випробувань.

Приймальні випробування крана проводяться відповідно до затвердженої Програми та методики приймальних випробувань, а також чинних нормативних документів і стандартів.

Випробування крана включають:

1. Статичні випробування

- Проводяться навантаженням, що перевищує номінальне (як правило, на 25%).
- Вантаж піднімається на висоту 100–200 мм і витримується протягом 10 хвилин.
- Перевіряється міцність металоконструкцій, відсутність залишкових деформацій та надійність гальм.

2. Динамічні випробування

- Проводяться з номінальним вантажем.
- Перевіряється робота всіх механізмів крана в русі: підйому, пересування, повороту, роботи спредера.
- Оцінюється плавність роботи, відсутність ривків, стійкість і керованість.

3. Функціональні випробування

- Перевірка роботи систем управління, блокувань і захистів.
- Контроль роботи обмежувача вантажопідйомності.
- Перевірка сигналізації та систем безпеки.

4. ІНСТРУКЦІЯ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ

4.1 Загальні вказівки

Експлуатація крана та нагляд за його технічним станом повинні здійснюватися відповідно до вимог чинних нормативних документів, зокрема **Правил будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів**, а також цієї інструкції.

Нагляд за краном покладається адміністрацією підприємства на відповідальну особу з числа інженерно-технічного персоналу, яка має необхідну кваліфікацію.

Обслуговуючий персонал і машиністи крана повинні:

- пройти спеціальне навчання;
- скласти іспити;
- отримати посвідчення встановленого зразка.

Для машиністів повинна бути розроблена локальна інструкція, яка враховує конкретні умови експлуатації крана на підприємстві.

4.2 Вказівка заходів безпеки

До самостійного керування краном допускаються особи, які:

- досягли 18-річного віку;
- мають посвідчення на право керування краном;
- пройшли медичний огляд;
- склали іспит з техніки безпеки.

Перевірка знань правил безпеки проводиться:

- перед допуском до роботи;
- не рідше одного разу на рік.

До складу кваліфікаційної комісії входять:

- представник адміністрації;

- відповідальний за охорону праці на підприємстві.

Машиніст перед початком зміни зобов'язаний:

- ознайомитися із записами у змінному журналі;
- перевірити технічний стан крана.

Перевірка крана на холостому ході:

1. Робота механізмів та кінцевих вимикачів (підйом/опускання, пересування крана, візка, поворот).
2. Справність сигналізації, освітлення, аварійного вимикача та засобів зв'язку.
3. Робота органів управління.

Забороняється починати роботу при наявності несправностей:

1. Пошкодження канатів (обриви, вузли, підпали, перевищення зносу);
2. Недостатня ефективність гальм;
3. Знос гальмівних колодок понад 50%;
4. Ненадійне кріплення вузлів і механізмів;
5. Пошкодження ізоляції або заземлення;
6. Наднормативний люфт опорно-поворотного пристрою;
7. Несправність кінцевих вимикачів, сигналізації або зв'язку;
8. Відсутність захисних огорожень;
9. Дефекти підкранових колій.

Робота дозволяється тільки після усунення всіх несправностей із записом у журналі.

Перед початком руху крана необхідно переконатися у відсутності людей у небезпечній зоні. У разі керування за сигналами стропальника або оператора, в кабіні повинна бути розміщена таблиця сигналів. Машиніст зобов'язаний негайно припинити роботу у випадку сходження канатів з барабана.

4.3 Підготовка до роботи

Перед початком роботи машиніст повинен виконати такі дії:

1. Провести зовнішній огляд крана, перевірити відсутність видимих пошкоджень; при необхідності виконати змащення вузлів.
2. Перевірити стан підкранових колій, тупикових упорів і відключаючих пристроїв.
3. Переконаватися у справності заземлення рейкового шляху.
4. Увімкнути ввідний рубильник.
5. Вставити ключ і перевести ключ-марку в положення «включено».
6. Подати звуковий сигнал і переконаватися у відсутності людей у зоні руху крана.
7. Провести пробний запуск механізмів.
8. Перевірити роботу гальм, кінцевих вимикачів та систем сигналізації.

4.4 Перевірка технічного стану

Перелік основних перевірок технічного стану крана представлено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Порядок перевірки технічного стану крана

№	Що повторюється і за допомогою якого інструменту, приладів і обладнання. Методика перевірки	Технічні вимоги
1	Металоконструкція Зовнішній огляд	Відсутність деформацій. Відсутність тріщин в зварних швах. Гакги і контргайки мають бути затягнуті. Відсутність корозії. Методичні вказівки з проведення обстежень кранів з метою визначення можливості їх подальшої експлуатації.
2	Перила, драбини, майданчики. Зовнішній огляд	Те саме
3	Механізми Зовнішній огляд	Плавність роботи редуктора і відкритої зубчатої передачі, поява перегріву. Надійність кріплення усіх вузлів.
4	Канати Зовнішній огляд	Див. «Правила улаштування і безпечної експлуатації вантажопідіймних кранів», Додаток 10.

5	Ходові колеса, блоки, барабани, тормозні шківів і колодки Зовнішній огляд, заміри.	Див. «Правила улаштування і безпечної експлуатації вантажопідіймних кранів», Додаток 12.
6	Електрообладнання Зовнішній огляд, заміри.	Методичні вказівки з проведення обстежень кранів з метою визначення можливості їх подальшої експлуатації.

Таблиця 4.2 – Характерні несправності та способи їх усунення

№	Назва неполадки, зовнішні прояви і додаткові ознаки	Ймовірна причина	Метод усунення	Примітка
1	При вмиканні жоден механізм не рухається	Вимкнено живлення. Вимкнено рубильник. Згоріли головні запобіжники	Оглянути і увімкнути (замінити)	
2	Не працює механізм	Вимкнено живлення. Згоріли головні запобіжники	Вимкнути всі автоматичні вимикачі, що відносяться до механізму. Замінити запобіжники	
3	Механізм працює тільки в одну сторону	Не вимкнулась головна пара контактів в кінцевому вимикачі. Обрив в котушці контактора. Згоріла котушка реверсора	Оглянути кінцевий вимикач. Усунути обрив. Замінити котушку	
4	Контактори не вмикаються	Обрив ланцюга струму керування. Згоріла котушка	Перевірити блокування, перевірити кінцевий вимикач і справність контактора. Замінити.	
5	Електродвигуни механізмів сильно гудуть	Обрив одної фази в токоприймальних або підвідних проводах, пошкоджена обмотка статора електродвигуна.	Усунути обрив	

6	Електродвигун обертається з малим числом обертів	Гальмо не повністю відкритей.	Відрегулювати гальмо.	
7	Електродвигун перегрівається	Виткове замикання в статорі. Двигун працює на двох фазах. Ротор зачіпає за статор внаслідок потрапляння бруду всередину двигуна або зношування вальниць.	Перевірити величину струму амперметром. Перевірити запобіжники і обмотку двигуна, замінити запобіжники, відремонтувати обмотку.	
		Засмічення вентиляційних каналів. Знижена напруга в мережі.	Розібрати двигун, почистити від бруду, промити, просушити. Зношені вальниці замінити. Перевірити вольтметром.	
8	Обертання двигуна трифазного струму в зворотню сторону.	Перемикання фаз на кабелі що живить, або на панелі.	З'ясувати причину і перемкнути проводи.	
9	Блоки при русі каната не обертаються	Заїдання на осі блоків	Розібрати і усунути причину заїдання. При збірці втулку блока і осі змастити.	
10	Зім'яті краї блоку, звужена канатна канавка	Надто швидкий розгін двигуна.	Замінити або відремонтувати блок.	
11	Механізм повільно рухається після увімкнення гальма (недостатнє гальмування).	Потрапило мастило на поверхню тормозного шків. Знос обкладинок гальмівних колодок	Протерти насухо шків і гальмівні колодки. Замінити обкладинки гальмівних колодок, Відрегулювати гальмо.	
12	Відмова гальма механізма	Гальмо несправне	Виконати огляд, несправність усунути. Гальмо	

			відрегулювати.	
13	Нестійка робота гальма	Послаблення замикаючої пружини	Відрегулювати або замінити пружину	
14	Перегрів корпусу редуктора	Нестача мастила, знос зубчастих коліс.	Долити мастило. За необхідності замінити зношені зубчасті колеса.	
15	Витікання мастила з корпусу редуктора	Несправний сальник або прокладка. Великий рівень мастила.	Замінити. Довести до норми	
16	Вібрація редуктора	Ослабли кріпильні болти. Порушено центрування вала редуктора з валом електродвигуна.	Затягнути болти. Виконати центрування осей.	
17	Передчасний знос реборд і поверхні кочення коліс.	Несправність рельсового шляху. Неправильне регулювання візків при монтажі крана.	Вивірити рельсові шляхи. Відрегулювати візки.	

Таблиця 4.3 – Види та періодичність технічного обслуговування

Вид обслуговування	Призначення роботи, віконавці робіт	Місце проведення роботи	Приблизний склад по обслуговуванню	Періодичність обслуговування крана		Час простою при обслуговуванні
				Нового	Після кап. ремонт а	
1	2	3	4	5		6
Щомісячне обслуговування (ЩО)	Підготовка крану до роботи	Стоянка	Див. п.3.3.1.	Щомісяця		0,5-0,75 год.

Технічне обслуговуван ня (ТО 1)	Надійна робота крана . виконується робітниками	Ремонтна ділянка	Операції ЩО, перевірка і змащування канатів. Перевірка механізмів. Перевірка регулювання гальм, протиугонних захватів. Перевірка кріплень. Перевірка двигунів, приладів керування і захисту.	Через 100	Через 80	4 год.
Технічне обслуговуван ня (ТО 2)	Надійна робота крана в період між ремонтами. Виконується машиністом, ремонтними робітниками і механіком	Ремонтна ділянка	Операції ТО 1, Перевірка і регулювання всіх механізмів, перевірка і змащування підшипників, перевірка електропроводк и з чисткою і затяжкою контактів, перевірка опору ізоляції.	1000	800	24 години

Сезонне обслуговуван ня (СО)	Підготовка крана до експлуатації в наступаючих весінньо- літніх або осінньо- зимніх періодах. Виконується машиністом, ремонтними робітниками і механіком	Кінець шляху або ремонтна ділянка	Фарбування крана і механізмів. Заміна мастила в вузлах і механізмах, нівелювання і рихтування рельсових шляхів.	2 рази на рік, бажано поєднувати з ТО1 і ТО2.	1 день
Поточний ремонт (ПР)	Відновлення працездатнос ті крана або його вузла.	Ремонтна ділянка	Усунення знайдених несправностей швидкозношува них деталей, заміна вузлів і агрегатів відремонтовани ми або новими	За потреби	
Капітальний ремонт (КР)	Усі роботи необхідні для повного відновлення роботоздатно сті крана	Спеціаль ні майстерн і або ремонтна ділянка	Демонтаж усіх механізмів, кабін керування і електрообладнан ня, дефектація і захист зношених елементів,	За планом підприємства	13 днів

			ревiзiя i ремонт, фарбування металоконструкцiй. Регулювання всiх вузлiв i агрегатiв крана.		
--	--	--	---	--	--

4.5 Технiчне обслуговування

Надiйна та безаварiйна робота крана забезпечується правильною експлуатацiєю, систематичним технiчним обслуговуванням i своєчасним ремонтом.

Технiчне обслуговування i ремонт крана повиннi виконуватись вiдповiдно до графiка **планово-попереджувального ремонту (ППР)**. Система ППР визначає види, обсяги та перiодичнiсть технiчного обслуговування, якi наведенi в табл. 4.3.

Регулювання гальм необхідно виконувати вiдповiдно до паспортiв гальмiвних механiзмiв, при цьому гальмiвний момент повинен вiдповiдати вимогам.

Допуски на знос вiдповiдальних деталей:

Гальмiвнi механiзми

- Фрикцiйнi обкладки допускається експлуатувати до зменшення їх товщини:
 - до 1/2 вiд початкової — у нормальних умовах;
 - до 1/3 — у крайньому випадку.
- Початкова товщина обкладок:
 - при дiаметрi шкiва до 200 мм — 6 мм;
 - до 300 мм — 8 мм.

Пiсля досягнення граничного зносу:

- хiд якоря або штока досягає максимально допустимого значення;

- обкладки підлягають заміні;
- гальмо необхідно відрегулювати повторно (без зміни зусилля гальмівної пружини).
- Допускається збільшення зазору в шарнірах гальм не більше ніж у 3 рази від початкового значення:
 - для осей діаметром до 18 мм — до 0,25 мм;
 - понад 18 мм — до 0,4 мм.
- При зносі гальмівного шківа понад 2 мм він підлягає:
 - проточуванню;
 - термічній обробці (загартуванню);
 - шліфуванню.

Шпоночні пази.

Допустимі значення зазору і шпонкових з'єднань наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Допустимі значення зазору і шпонкових з'єднань

Діаметр вала, мм	Зазор, мм	
	боковий	радіальний
от 20 до 40	0,1	0,1 ... 0,3
от 40 до 80	0,2	0,1... 0,4
більше 80	0,3	0,1... 0.5

У тому випадку, якщо бічні грані шпонок і пазів втулки і валу залишилися прямолінійними, можна відремонтувати з'єднання шляхом установки сталевих прокладок для ліквідації бокового або радіального зазорів. При спотворенні первісної форми стінок пазів втулки і валу ремонт з'єднання проводиться в умовах майстерень. Допускається збільшення ширини шпонкового паза не більше, ніж на 15 відсотків від початкової величини з виготовленням нової шпонки. Нові шпонки виготовити зі сталі з підвищеним вмістом вуглецю (Сталь 45 ГОСТ 1050) [4].

При необхідності допускається ремонт із застосуванням східчастих шпонок.

Муфти.

Експлуатація зубчастих муфт допустима у разі спрацювання зубів не більше 30% їх первісної товщини (по ділильної окружності зуба).

Зубчасті передачі.

Бічні зазори в зубчастих передачах при установці не повинні перевищувати значень, наведених нижче.

Таблиця 4.5 – Допустимі бічні зазори зубчастих передач

Міжцентрові відстані, мм	100	100-200	200-400	400-800
Бічний зазор в передачах, мм				
Редукторних	0,1...0,35	0,12...0,45	0,16...0,6	0,24...0,85
Відкритих	0,15...0,45	0,2...0,6	0,25...0,8	0,3...1,1

У процесі експлуатації допускається збільшення початкового зазору в зубчастих передачах: для редукторів — до 150%, для відкритих передач — до 200%. При цьому зменшення товщини зубців не повинно перевищувати встановлених меж: для відкритих передач — не більше 30%, для закритих — до 20%.

Радіальний зазор у зачепленні має відповідати значенню $0,25 \cdot M$, де M — модуль передачі. Перекіс валів у відкритих передачах не повинен перевищувати 0,001 (тобто 1 мм на 1000 мм довжини).

Заміна зубчастого колеса є обов'язковою незалежно від ступеня зношування у випадках:

- появи тріщин біля основи хоча б одного зуба;
- якщо у редукторних передачах площа поверхні зубців, пошкоджена втомним викришуванням, перевищує 30% робочої площі;
- при глибині пошкоджень більше 10% товщини зуба.

Ходові колеса.

Допускається подальша експлуатація ходових коліс до моменту, коли знос реборд по біговій поверхні досягає 4% від їх початкового діаметра. Відхилення профілю поверхні кочення від прямолінійності може становити 1,5–2 мм.

Після досягнення граничного зносу колеса необхідно або замінити, або відновити в умовах спеціалізованого виробництва шляхом наплавлення з подальшою механічною обробкою (обточуванням реборд і поверхні кочення).

Початкові параметри ходових коліс:

- діаметр по поверхні кочення — 500 мм;
- товщина реборди — 27,5 мм..

Вали і осі.

Вали, які не забезпечують необхідної посадки муфт або зубчастих коліс, а також мають зношені шпонкові пази, підлягають ремонту під час найближчого технічного обслуговування.

Відновлення посадочних поверхонь методом кернування або насічки не допускається.

До ремонту або заміни підлягають:

- вали з прогином більше 0,3 мм (або 0,15 мм на 1 м довжини) при швидкості понад 500 об/хв;
- вали з прогином понад 0,5 мм (або 0,25 мм на 1 м) при швидкості менше 500 об/хв.

Виправлення валів із прогином до 0,008 їх довжини допускається без нагріву — за допомогою преса або спеціальних пристроїв. При більших деформаціях правку слід виконувати з попереднім нагріванням до температури не нижче 350 °С.

Відновлення шпонкових пазів виконується механічною обробкою (фрезеруванням) із можливим збільшенням ширини, але не більше ніж на 15%.

Ремонт шийок валів робити наплавленням, подальшим обточуванням. Наплавлення шийок рекомендується вести при місцевому підігріванні валів. Орієнтовні терміни експлуатації окремих елементів і вузлів крана вказані в табл. 4.6

Таблиця 4.6 – Терміни експлуатації окремих елементів крана

Елемент, вузол	Термін експлуатації, років	
	механізм пересування	механізм підйому
Зубчасті муфти	5...8	5...8
Редуктор	6...8	6...8
Тормозні обкладки	0,8... 1,15	0,8... 1,15
Ходові колеса	6...9	

ВИСНОВКИ

Обробка контейнерів є ключовим процесом функціонування вантажних терміналів, при цьому одним із найбільш актуальних напрямків розвитку виступає підвищення рівня автоматизації перевантажувальних операцій. Сучасні вантажопідіймальні машини вже оснащуються автоматизованими системами, що дозволяють підвищити продуктивність роботи без переривання технологічного циклу.

Подальше вдосконалення окремих елементів систем керування перевантажувальною технікою відкриває можливості для оптимізації всього технологічного процесу. Використання інтегрованих підходів, при яких апаратна частина системи узгоджується з програмним забезпеченням, забезпечує гнучкість модернізації обладнання та зменшення витрат на її впровадження.

Запропоноване впровадження електронної системи позиціонування спредера дозволяє розширити функціональні можливості існуючих систем безпеки та автоматизації. Це сприяє підвищенню точності виконання операцій, зменшенню впливу людського фактора та загальному зростанню ефективності роботи перевантажувального обладнання. Важливою перевагою є те, що реалізація подібних рішень не потребує суттєвих змін у конструкції кранів і може бути виконана на будь-якому етапі їх експлуатації.

Інтеграція розробленої системи зчитування координат у загальну систему управління контейнерним терміналом забезпечує більш оперативне визначення місцезнаходження контейнерів, підвищує ефективність їх обробки та сприяє збільшенню частки прямих перевантажень у транспортні засоби. Крім того, покращується точність обліку вантажів, що в результаті призводить до скорочення часу їх перебування на терміналі та підвищення ефективності використання контейнерного парку.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ EN 15011:2022 Крани вантажопідіймальні. Мостові та козлові крани (EN 15011:2020, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 154 с.
2. ДСТУ EN 13001-1:2021 Крани вантажопідіймальні. Загальні положення про проектування. Частина 1. Загальні принципи та вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021. 98 с.
3. ДСТУ EN 60204-32:2015 Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 32. Вимоги до підіймальних машин. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015. 86 с.
4. НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання. Київ : Міністерство соціальної політики України, 2018. 196 с.
5. Поляков М. П., Любченко О. П. Підйомно-транспортні машини : навч. посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 272 с.
6. Козуб Ю. Г., Маслійов С. В. Підйомно-транспортні машини : підручник. Старобільськ : ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», 2018. 277 с.
7. Поліщук Л. К., Слабкий А. В. Підйомно-транспортні машини та механізми : навч. посібник. Вінниця : ВНТУ, 2015. 164 с.
8. Біляєв А. М., Стеценко І. В. Автоматизація виробничих процесів : навч. посібник. Київ : НУХТ, 2014. 352 с.
9. Козловський В. О., Хмельницький О. Ф. Електропривод вантажопідіймальних машин : навч. посібник. Харків : НТУ «ХПІ», 2017. 218 с.
10. Жихарев В. В. Технологія та організація роботи контейнерних терміналів : навч. посібник / за ред. В. В. Жихарева. Одеса : ОНМУ, 2019. 243 с.
11. ISO 3874:2017 Series 1 freight containers — Handling and securing. Geneva : International Organization for Standardization, 2017. 34 p.

12. ISO 668:2020 Series 1 freight containers — Classification, dimensions and ratings. Geneva : International Organization for Standardization, 2020. 22 p.
13. EN 15011:2020 Cranes — Bridge and gantry cranes. Brussels : European Committee for Standardization (CEN), 2020. 146 p.
14. IEC 60204-32:2016 Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 32: Requirements for hoisting machines. Geneva : International Electrotechnical Commission, 2016. 92 p.
15. FEM 1.001:2011 Rules for the Design of Hoisting Appliances. Brussels : Federation Européenne de la Manutention, 2011. 248 p.