

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

01.09 – КМР.204.С” 2022.02.04.007 ПЗ

ДЯЧЕНКО ОЛЕГ ОЛЕГОВИЧ

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет конструювання та дизайну

УДК 621.8.032.2

ПОГОДЖЕНО: ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ:
Декан факультету Завідувач кафедри конструювання
конструювання та дизайну машин і обладнання

Ружилю З.В. Ловейкіну В.С.
(підпис) (підпис)
« » травня 2023 р. « » травня 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: «ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РУХУ ТЕЛЬФЕРНОГО
ПІДЙОМНИКА ПРИ ЗМЕНШЕННІ ПОШКОДЖУВАЛЬНОСТІ
ВАНТАЖІВ»

01.09 – КМР.204.,С” 2022.02.04.007 ПЗ

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»
Освітня програма - «Машини та обладнання сільськогосподарського
виробництва»

Орієнтація освітньої програми - освітньо-наукова

Керівники магістерської роботи:

д.т.н. проф.

Ромасевич Ю.О.
(підпис)

Виконав:

Дяченко О.О.
(підпис)

Київ-2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри конструювання
машин і обладнання, д.т.н.

Ловейкін В.С.

(підпис)

« » травня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
ДЯЧЕНКУ ОЛЕГУ ОЛЕГОВИЧУ**

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма – «Машини та обладнання сільськогосподарського
виробництва»

Орієнтація освітньої програми – освітньо-наукова

Тема магістерської роботи: «Оптимізація режимів руху тельферного
підйомника при зменшенні пошкоджувальності вантажів», затверджена
наказом ректора від «14» листопада 2022 р. № 204 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 12.05.2023 р.

Вихідні дані до магістерської роботи: Проектування оптимізації режимів
руху тельферного підйомника при зменшенні пошкоджувальності вантажів,
характеристика конструкції тельферного підйомника, розробка та
запровадження частотного керування механізму підйому вантажу, розробка
алгоритму роботи системи механізму підйому вантажу.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Виконати аналіз науково-технічних робіт у даній галузі в частині
методів та підходів, які використані для удосконалення механізмів
підйому вантажу.

2. Провести теоретичні дослідження динамічних процесів при роботі механізму підйому вантажу.
3. Розробити структуру та алгоритм роботи системи керування механізмом підйому вантажу.

Перелік графічних документів:

Дата видачі завдання: 14.11.2022 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Керівник магістерської роботи:

д.т.н. проф.

Ромасевич Ю.О.

(підпис)

Завдання прийняв до виконання:

Дяченко О.О.

(підпис)

ЗМІСТ

НУБІП України

ВСТУП..... 6

РЕФЕРАТ..... 7

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ... 8

1.1 Загальна характеристика конструкції та режимів роботи..... 8

1.2 Частотне керування механізмом підйому вантажу..... 15

1.3 Кількісний аналіз наукових та науково-технічних публікацій..... 22

1.4 Змістовний аналіз публікацій..... 25

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА ПЕРЕХІДНИХ СИСТЕМ ПРИ РОБОТІ МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ..... 31

2.1 Математична модель динамічної системи..... 31

2.2 Опис перехідних режимів руху системи..... 35

2.2.1 Підйом вантажу..... 35

2.2.2 Опускання вантажу..... 39

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ТА АЛГОРИТМУ РОБОТИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МЕХАНІЗМОМ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ..... 42

3.1 Опис структури системи..... 42

3.2 Рекомендації щодо апаратного забезпечення системи..... 44

3.3 Алгоритм роботи системи..... 53

3.3 Оцінка ефективності впровадження системи у виробництво..... 58

ВИСНОВКИ..... 59

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 60

ДОДАТКИ..... 65

НУБІП України

ВСТУП

Вантажопідіймальні машини і механізми призначені для переміщення вантажів різного типу і людей у вертикальній і горизонтальній площинах. По характеру дії вони відносяться до механізмів періодичної дії, які працюють в повторно-короткотривалому режимі. Основним механізмом будь-якої вантажопідіймальної машини є механізм підйому вантажу (МПВ).

При виконанні робіт опускання та підйому вантажу у випадку сумісної роботи крана та отари (на яку опускається вантаж) у обох виникають значні динамічні навантаження. Вони не тільки додатково навантажують опору і вантажопідіймний кран, що є небажаним оскільки знижується їх надійність, а ще й завдають ударні навантаження на вантаж, що в деяких випадках є неприпустимо. Надійна робота підйомно-транспортних машин, які працюють на складах та підприємствах, є важливим фактором, оскільки вихід з ладу однієї машини спричиняє зупинку всього процесу перевантаження, що може призвести до повної зупинки технологічних процесів на підприємстві. Для того, щоб знизити небажані динамічні навантаження, що діють у механізмі підйому вантажу та опорі, необхідно певним чином керувати посадкою та підйомом вантажу. Одним із раціональних шляхів вирішення цієї задачі є застосування оптимального керування механізмом підйому вантажу за допомогою мехатронної системи крана.

РЕФЕРАТ

НУБІП України

Дипломний проект виконаний на 85 сторінках та вміщує 27 рисунків та 5 таблиць.

Актуальність. У сучасному світі використання вантажопідійомних машин є дуже широкий і аналізуючи наукові роботи за даним напрямком можемо бачити, що тема удосконалення та модернізації є досить розповсюдженою на теперішній час. Найбільш небезпечні динамічні навантаження, які діють на вантаж та механізм вантажопідійомної машини, виникають під час опускання та піднімання вантажу. Тому удосконалення механізму підйому є досить актуальним.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської роботи є удосконалення системи є оптимізувати режими руху механізму підйому вантажу тельферного підйомника при зменшенні пошкоджувальності вантажів.

Об'єкт дослідження. Перехідні процеси що виникають під час опускання то підйому вантажу.

Предмет дослідження. Оптиміальні режими руху механізму піднімання вантажу при виконанні навантажно-розвантажувальних операцій.

Методика дослідження. У дослідженні використовувалися аналіз наукової літератури, математична модель динамічної системи, перехідні режими руху систем, алгоритм роботи системи. Данні методики дозволили отримати інформацію для досягнення поставленої мети.

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ВІДОМИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

НУБІП УКРАЇНИ

1.1 Загальна характеристика конструкції та режимів роботи

НУБІП УКРАЇНИ

Вантажо-підйомними машинами переміщують по складній просторовій траєкторії штучні та сипуні вантажі, монтують устаткування промислових підприємств, подають різні будівельні та інші матеріали до місця їх укладання, обслуговують технологічні процеси в основних і ремонтних цехах підприємств, проводять навантажувально-розвантажувальні операції.

НУБІП УКРАЇНИ

Крани - найбільш поширені вантажопідйомні машини, що відрізняються один від одного конструктивним виконанням та областю застосування.

До вантажопідйомних машин (рис. 1.1), які обслуговують

стропальники, відносяться:

НУБІП УКРАЇНИ

вантажопідйомні крани;
крани-трубоукладачі;

крани-маніпулятори, на які розповсюджується дія «Правил будови 1

безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів».

НУБІП УКРАЇНИ

Вантажопідйомна машина – це підйомний механізм (пристрій) циклічної дії, призначений для переміщення в просторі вантажу та (або) працівників. Це можуть бути однорейкові візки, тали, лебідки, кранові підйомники.

НУБІП УКРАЇНИ

Вантажопідйомний кран – машина циклічної дії, призначена для підймання та переміщення в просторі вантажу, підвищеного за допомогою гака чи утримуваного іншим вантажозахоплювальним органом.

НУБІП УКРАЇНИ

Кран-маніпулятор – кран стрілового типу, встановлений на транспортному засобі (самохідне шасі, причіп, залізничний - спеціальний рухомий склад тощо), або спеціальній основі, та призначений для навантаження і розвантаження транспортних засобів.

Кран-трубоукладач – це самохідна вантажопідійомна машина з бічною стрілою (2) для підйому, транспортування монтажу труб. Базовою машиною для крана-трубоукладача зазвичай є гусеничний трактор (1).

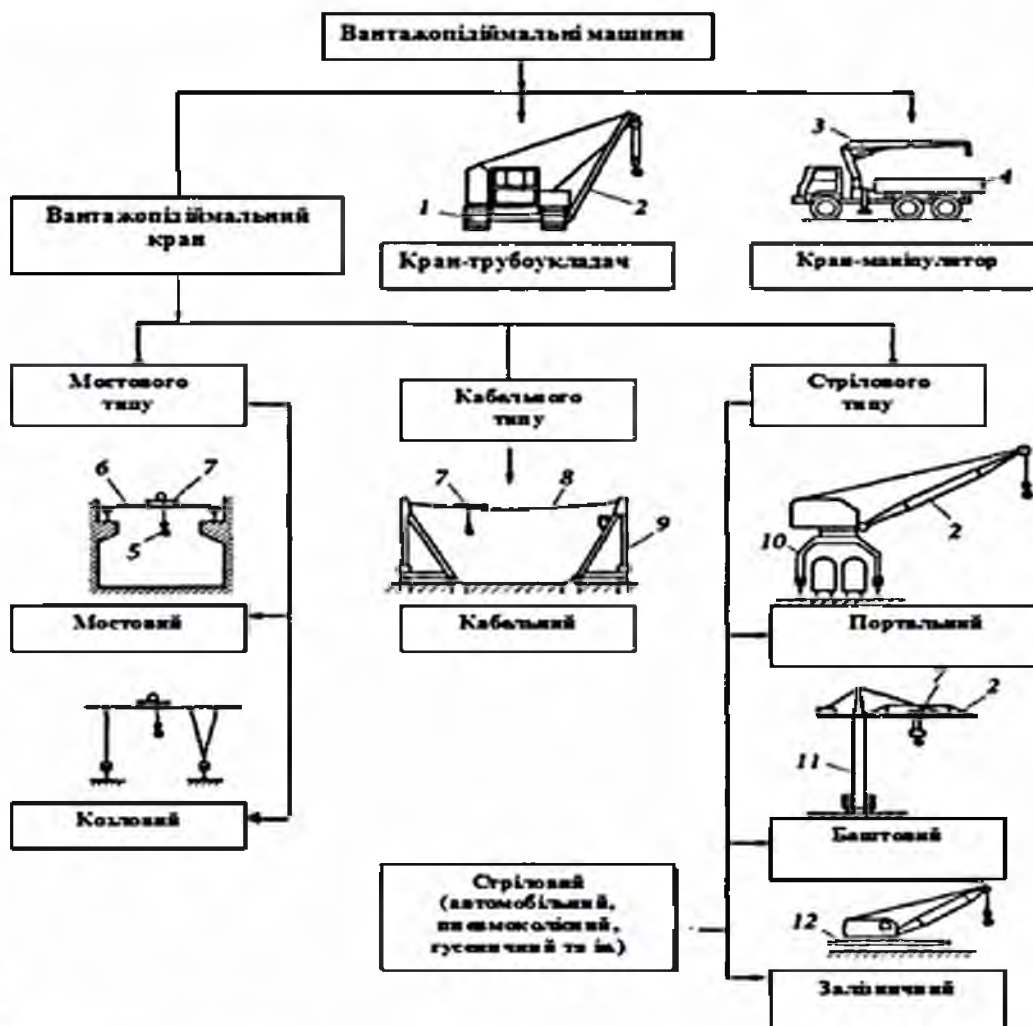


Рисунок 1.1 - Вантажопідіймальні машини:

1- гусеничний трактор, 2 - стріла; 3 - краноманіпуляторна установка; 4 - транспортний засіб; 5 - вантажозахватний орган; 6 — міст; 7 - вантажний візок; 8 - канат, що несе; 9 - цегла; 10 - портал; 11 - башта; 12 - залізнична платформа.

Класифікацію кранів проводять за низкою визначальних ознак, а саме: за конструкцією (мостового, стрілового та кабельного типу); за можливістю переміщення (стаціонарні, самопідйомні, переставні, пересувні, причіпні, та самохідні); за видом вантажозахватних органів (гаківі, грейферні, магнітні та

ін.); за видом приводу (ручні, електричні, механічні, гідравлічні, комбіновані, пневматичні)

Крани мостового типу (рис. 1.2) – це крани, у яких вантажозахоплювальний орган (5 на рис. 1.1) підвішений до вантажного візка (7 на рис. 1.1), що переміщується по мосту (6 на рис. 1.2). До них відносяться мостові і козлові крани.

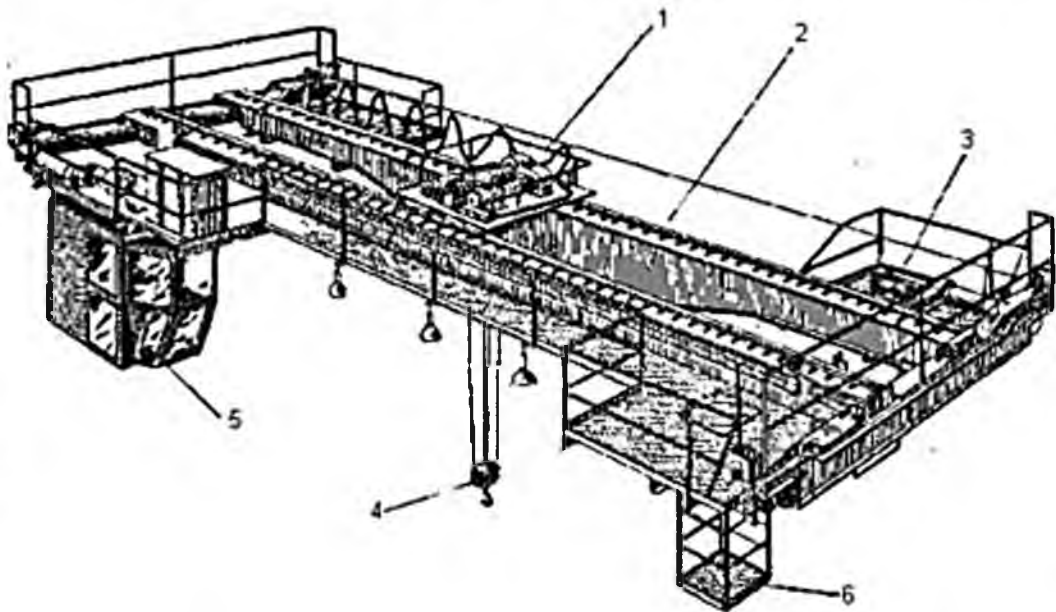


Рисунок 1.2 – Мостовий кран двохбалочної конструкції опорного типу:

1 - вантажний візок з механізмом підйому і механізмом пересування; 2 - моста; 3 - механізм пересування крана; 4 - гакова підвіска; 5 - кабіна управління; 6 - кабіна для обслуговування головних тролейв.

Крани кабельного типу (рис. 1.3) – це крани, у яких вантажозахоплювальний орган підвішений до вантажного візка, що переміщується по канатах. До них відносяться кабельні і кабельно-мостові крани. У кабельного крана канати, що несуть, закріплені у верхній частині опорних щогл (9 на рис. 1.1).

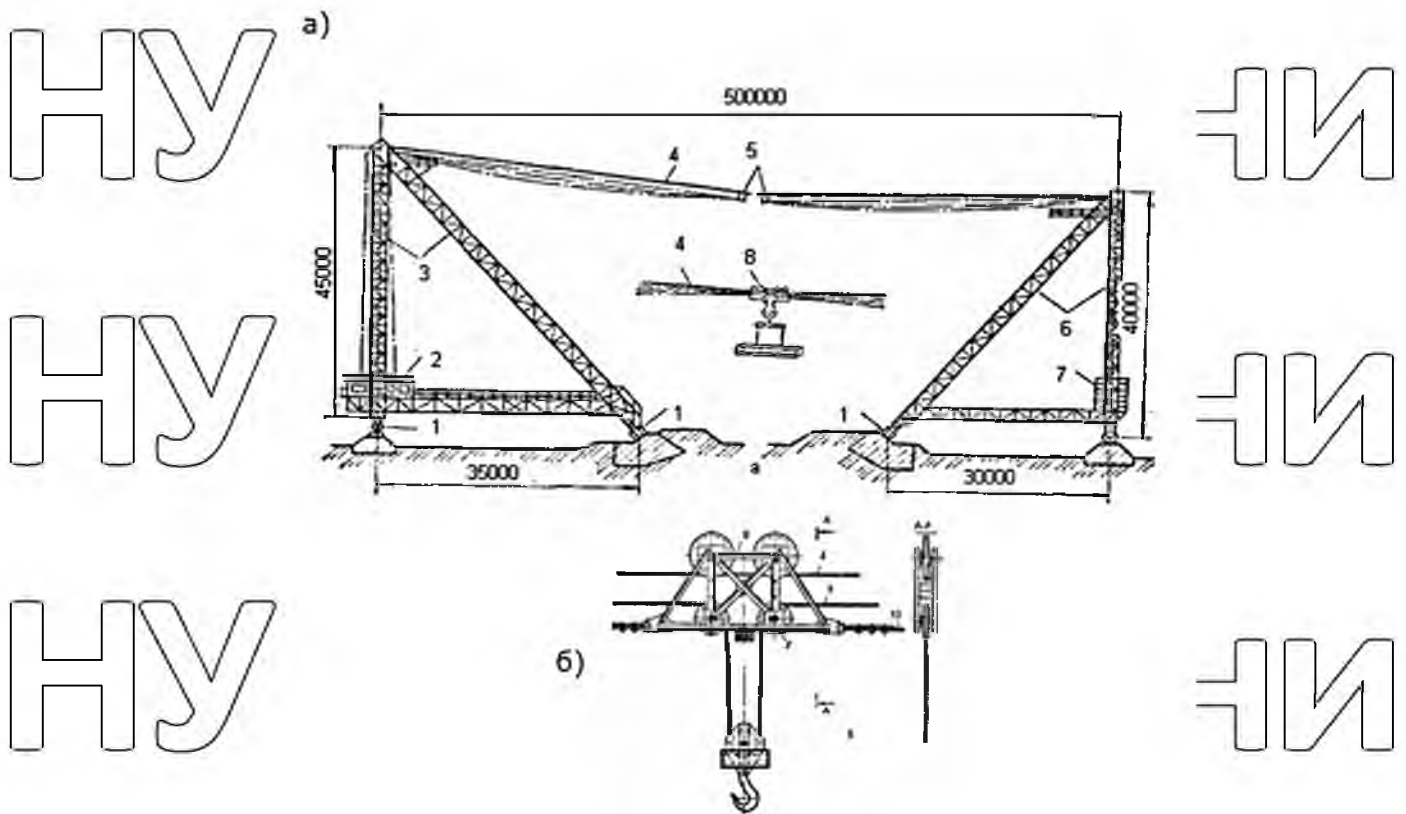


Рисунок 1.3 - Кабельний кран (а - загальний вид; б - вантажний візок) 1 - ходовий візок; 2 - машинне приміщення; 3,6 - опорні башти; 4,9 - несучий канат; 5 - обвідні блоки; 7 - протизага; 8 - вантажний візок; 10 - закріплені кінці каната

Крани стрілового типу - це крани, у яких вантажозахоплювальний орган підв'язаний до стріли або до вантажного візка, що переміщається по стрілі. До стрілового типу відносяться порталні, баштові (рис. 1.4), залізничні і стрілові крани.

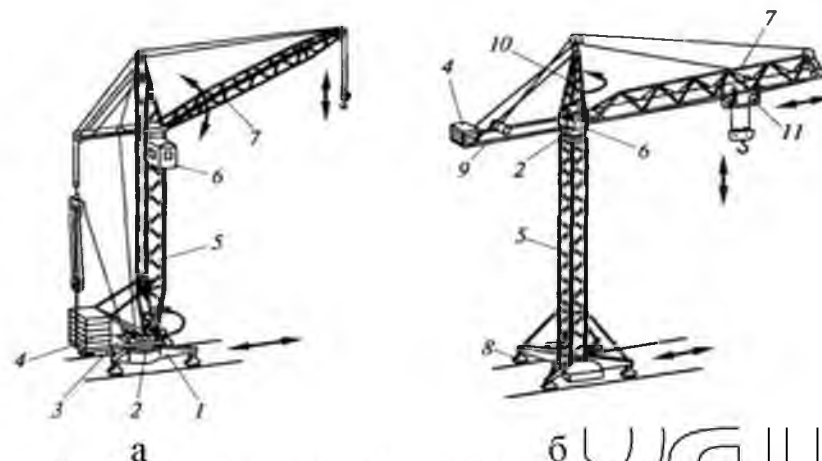


Рисунок 1.4 - Баштові крани:

а - кран з поворотною баштою і підйомною стрілою; б — кран з неповоротною баштою і балочною стрілою; 1- рама; 2 - опорно-поворотний пристрій; 3 - платформа; 4 - противага; 5 - башта; 6 - кабіна; 7 - стріла; 8 - ходовий візок; 9 - консоль; 10 - оголовок; 11 - вантажний візок.

Розглянемо основні параметри вантажопідйомних кранів.
Вантажопідйомність, Q (т) (рис. 1.5), - максимально допустима маса робочого вантажу, на підймання якого на даному вильоті розрахований кран

у заданих умовах експлуатації маса вантажозахоплюючих органів (наприклад, грейфера) та знімних вантажозахоплюючих пристроїв (траверс, захоплювачів, підхоплювачів) входить у масу вантажу, що підіймається.

Значення вантажопідйомності нормовані ГОСТом 1575 - 87 «Крани вантажопідйомні. Ряди основних параметрів».

Нормальний ряд вантажопідйомностей (т): 0,025; 0,05; 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,125; 0,6; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,05; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 140; 160; 200; 225; 250; 280; 320; 360; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000; 1120; 1250.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

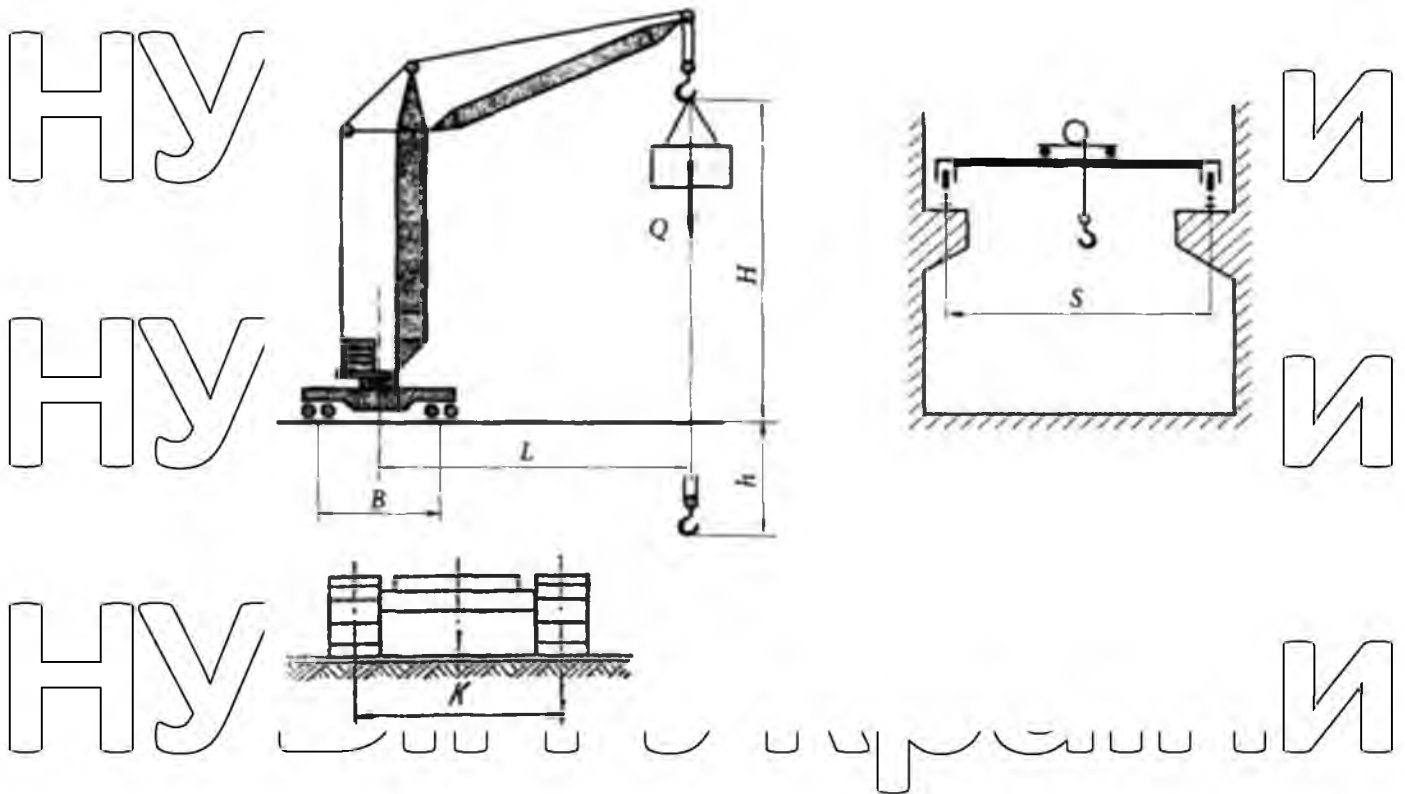


Рисунок 1.5 - Основні параметри вантажопідіймальних кранів:

Q – Вантажопідйомність; L – виліт; S – проліт; H - висота підйому; h - глибина опускання; B — база; K - колія.

Виліт L - відстань по горизонталі від осі обертання поворотної частини крана до вертикально осі вантажозахоплювального пристрою без навантаження при установці крана на горизонтальному майданчику. Для стрілових самохідних кранів виліт вимірюється з вантажем.

Висота підйому H - відстань по вертикалі від рівня стоянки крана до вантажозахоплювального пристрою, що знаходиться у верхньому положенні.

Для гаків вона визначається до опорної поверхні, для інших вантажозахоплювальних пристроїв – до їх нижньої точки в замкнутому положенні. Для мостових кранів висота підйому приймається від рівня підлоги. Висота підйому визначається без навантаження при установці крана на горизонтальному майданчику.

Глибина опускання h - відстань по вертикалі від рівня столики крана до вантажозахоплювального органу, що знаходиться в нижньому робочому положенні.

Швидкість підйому (опускання) V_p - швидкість вертикального переміщення вантажу в сталому режимі руху. Зазвичай швидкість підйому в сучасних мостових кранах загального призначення складає 25 - 80 м/хв. Крани для масових перевантажувальних робіт можуть мати швидкості до 90-120 м/хв.

Швидкість пересування крана (візка V_t) - швидкість пересування крана (вантажного візка) в сталому режимі руху. Визначається при пересуванні крана по горизонтальному відрізку шляху з робочим вантажем при швидкості вітру не більш 3 м/с на висоті 10 м, якщо кран встановлений на відкритому

повітрі. Швидкість пересування мостових кранів звичайного призначення складає 100-120 м/хв (швидкість візка складає 35-50 м/хв).

Проліт S - відстань по горизонталі між осями рейок шляху крана, тобто рейкового шляху, по якому переміщається кран. Прольоти мостових кранів повинні бути пов'язані з прольотами будівель

Видіг і проліт - це параметри, що характеризують величину зони, що обслуговується краном.

Коля K :

- Для кранів мостового типу - відстань по горизонталі між осями рейок для пересування вантажного візка по мосту крана.
- Для кранів стрілового типу - відстань між осями рейок або коліс ходової частини крана

База B - відстань між вертикальними осями опор крана (передніх і задніх коліс) або осями балансирних візків крана.

Для пересувних кранів розрізняють ще базу виносних опор, що є відстанню між осями крайніх виносних опор.

Комплексною характеристикою крана є режим його роботи, який враховує характер зовнішніх навантажень і тривалість їх дії.

1.2 Частотне керування механізмом підйому вантажу.

Перетворювач частоти (ПЧ) в електроприводі є силовим перетворювачем електричної енергії, вхід якого підключений до мережі живлення з нерегульованими значеннями напруги U_1 і частоти f_1 , а на виході забезпечуються регульовані значення напруги U_2 (чи струму I_2) і частоти f_2 залежно від завдання чи керуючих сигналів U_k (рис. 1.6).

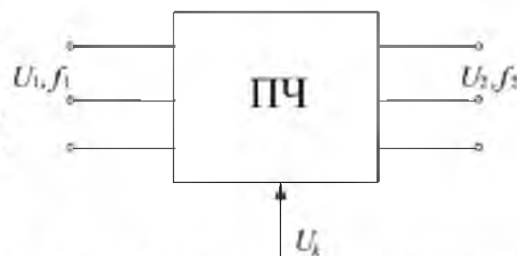


Рисунок 1.6 – Перетворювач частоти в електроприводі

Використання ПЧ забезпечує економічні способи регулювання швидкості і моменту електродвигунів змінного струму. Залежно від типу електропривода ПЧ може бути підключеним між мережею живлення та обмоткою статора двигуна (частотно-керований ЕП, рис. 1.7а), або між роторною обмоткою двигуна та мережею живлення (наприклад, в ЕП з машиною подвійного живлення, як це показано на рис. 1.7б). Таке включення дозволяє зменшити встановлену потужність ПЧ, проте вимагає використання електродвигуна з фазним ротором.

Схема будь-якого перетворювача частоти складається із силових та керуючої частин. Силова частина виконана на тиристорах чи транзисторах, які працюють у режимі електронних ключів. Керуюча частина виконується з використанням цифрових мікропроцесорів і забезпечує керування силовими електронними ключами, а також розв'язання великої кількості допоміжних задач (контроль, діагностика, захист).

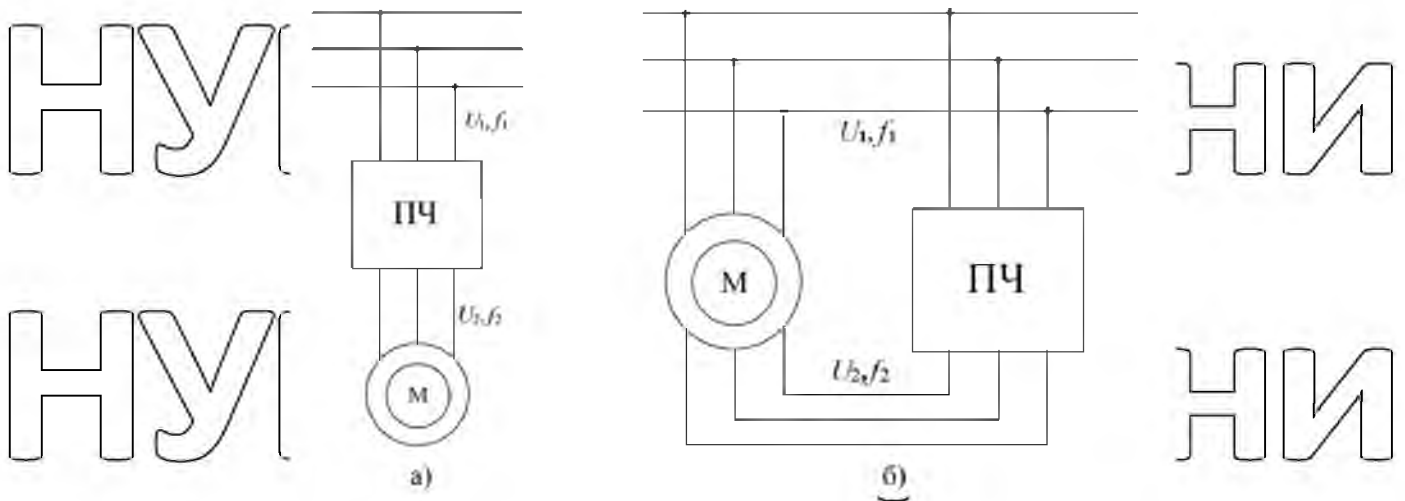


Рисунок 1.7 – Можливі схеми підключення перетворювачів:
 а – між мережею живлення та статорною обмоткою;
 б – між роторною обмоткою та мережею живлення

На рис. 1.8 наведено умовну класифікацію перетворювачів частоти, у якій виділено чотири класифікаційні ознаки.

Залежно від величини номінальної напруги перетворювачі бувають низьковольтними (220 В, 380 В, 660 В) і високовольтними (1140 В, 3 кВ, 6 кВ, 10 кВ).

Розрізняють два основні принципи керування перетворювачами частоти – скалярне і векторне.

При скалярному керуванні відбувається формування фазних напруг на основі заданих значень амплітуди і частоти, які отримуються шляхом широтної імпульсної модуляції (ШІМ).



Рисунок 1.8 – Класифікація перетворювачів частоти

Скалярне керування забезпечує постійну перевантажувальну здатність електропривода незалежно від частоти напруги, проте має місце зниження моменту, що створюється двигуном, при низьких частотах (при $f < 0,1f_n$).

Максимальний діапазон регулювання швидкості обертання ротора при незмінному моменті опору для ЕП зі скалярним керуванням досягає 1:10.

Розширення діапазону здійснюється за рахунок IR або IZ компенсації (Boost).

Даний принцип є найбільш простим способом реалізації частотного керування і використовується для привода механізмів, які не висувають високих вимог до якості регулювання швидкості. У першу чергу, це стосується

електроприводів насосів, вентиляторів, компресорів. Даний клас механізмів має широку потенційну здатність енерго- і ресурсозбереження, які успішно реалізуються при впровадженні вказаного типу перетворювачів.

Недоліками скалярного керування без зворотних зв'язків (при законі керування $U / f = const$) є: низька якість регулювання швидкості як керуючої, так і збурюючої дії; відсутність режиму роботи на упор, тобто при надмірних моментах навантаження привод вимикається під дією струмового захисту; важко реалізувати керування потокозачепленням у функції моменту двигуна.

Для реалізації більш складних законів керування використовуються замкнені системи регулювання з різними зворотними зв'язками. Скалярні закони керування значно спрощуються, якщо здійснювати регулювання струму статора, а не напруги. Така система електропривода порівняно із частотним скалярним керуванням напруги статора має значно кращі динамічні показники та статичні характеристики, забезпечує обмеження моменту двигуна на заданому рівні, незалежно від швидкості двигуна. Основними недоліками скалярного частотно-струмового керування є:

– втрата контролю за моментом двигуна в перехідному режимі через велику інерційність контуру регулювання;

– забезпечення незмінності магнітного потоку для статичного режиму роботи у зв'язку з формуванням струму статора у функції абсолютного ковзання;

– усереднення відображення системи трифазних струмів у зв'язку з контролем струму статора постійним випрямленим струмом.

До другого принципу систем керування належить система векторного керування, яка забезпечує характеристики асинхронного двигуна близькі до регульованого електропривода постійного струму. Ці властивості системи досягаються за рахунок розділення каналів регулювання потокощеглення і швидкості обертання електродвигуна, що неможливо при використанні скалярного керування.

Практична реалізація оптимальних законів керування електроприводом механізму підйому вантажу була виконана за допомогою частотного перетворювача векторного типу FR-D740-080 фірми Mitsubishi Electric (рис. 1.9). Основні технічні характеристики використаного частотного перетворювача наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Технічні характеристики частотного перетворювача FR-D740

Потужність джерела живлення	кВА	9,5
Номінальний вихідний струм	А	8
Перевантаження	-	150% при 60 сек; 200% при 3 сек
Номінальна напруга живлення	В	380
Допустимий інтервал напруг		323-528
Діапазон вихідних частот	Гц	0,2...400
Час розгону/гальмування	сек	0,1...3600
Тип характеристики розгону/гальмування	-	лінійна, S-подібна, подвійна S-подібна
Керування	-	зовнішнє; керування з пульту; комп'ютерне
Ступінь захисту	-	IP 20
Охолодження	-	примусове повітряне

Продовження табл. 1.1

Параметр	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3
Потужність перетворювача	кВт	3,7
Номінальна повна вихідна потужність	кВА	7,2

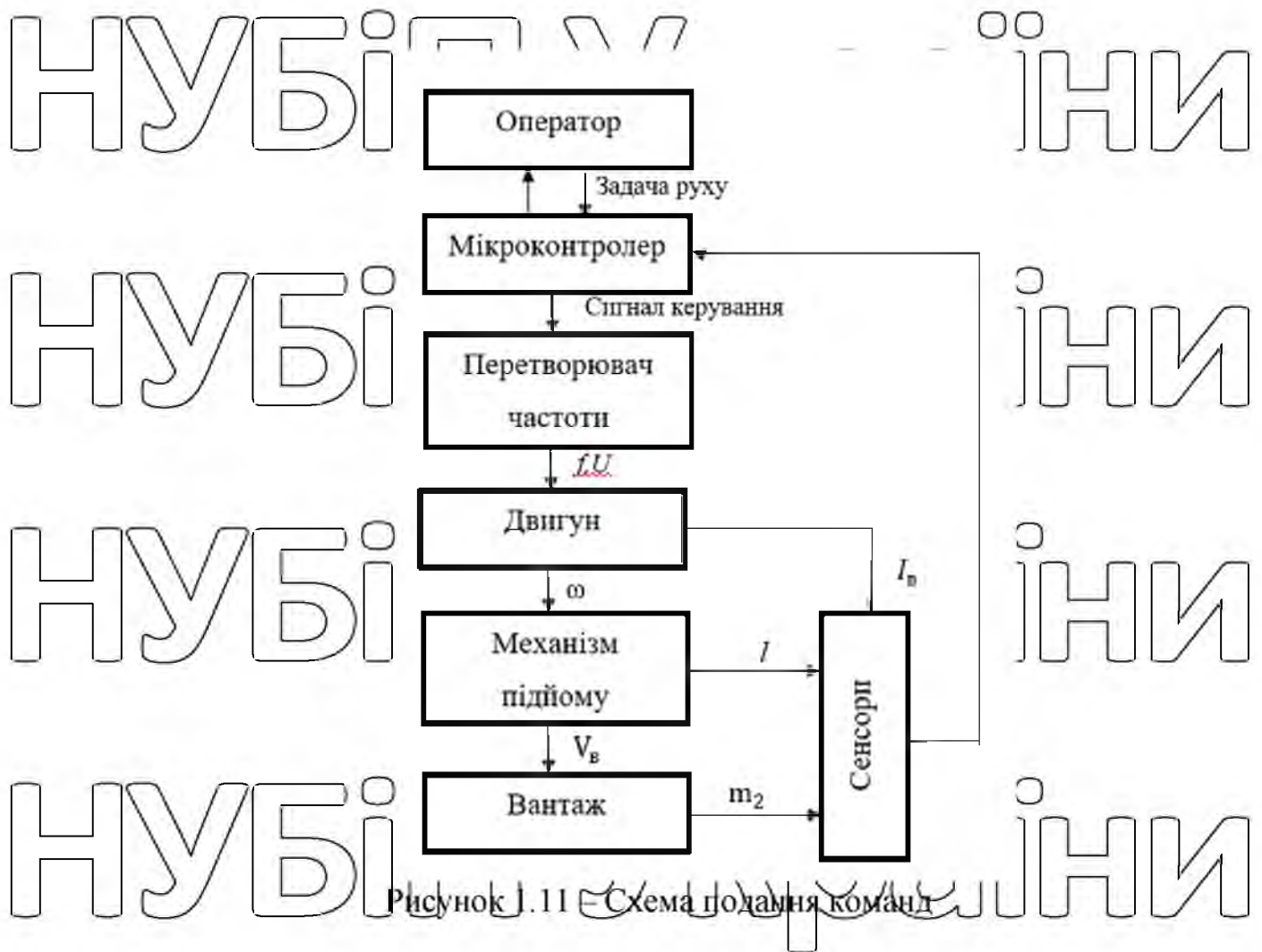


Рисунок 1.9 - Частотний перетворювач векторного типу FR-D740-080

На рис. 1.10 наведено електричну принципову схему щита керування електроприводом механізму підйому вантажу. Схема працює так. Для подачі у схему напруги живлення виконують вмикання автоматичного вимикача QF1.

При цьому на вихід щита напруга подається через нормально замкнені контакти KM1.3, „минаючи” частотний перетворювач FR-D.

Вмикання частотного перетворювача FR-D виконується за допомогою кнопки SB2. При цьому спрацьовує пускач KM1 і вихід щита з'єднується з виходом частотного перетворювача FR-D через контакти KM1.4. Отже, з'являється можливість змінювати частоту та напругу живлення на виході електроциста.



На рисунку 1.11 схематично зображено подання даних та команд між сенсорами та блоками керування підйомом. Оператор натисканням кнопки (яка знаходиться на пульті керування) подає сигнал до мікроконтролера Arduino Uno Rev3 який отримує дані лінійної швидкості (за допомогою енкодера ENC фірми Autonics) та зусилля натягу канату (за допомогою S-подібного тензодатчика фірми Zetis). Опираючись на дані з сенсорів мікроконтролер дає команду на перетворювач частоти FR-D фірми Mitsubishi, що керує асинхронним електродвигуном. Двигун в свою чергу приводить в дію механізм підйому на гаку якого закріплений вантаж. Під час всього процесу опускання чи підйому вантажу мікроконтролер за даними сенсорів постійно корегує сигнали на перетворювач частоти що призводить до плавного старту, гальмування та набору робочої швидкості вантажу.

1.3 Кількісний аналіз наукових та науково-технічних публікацій

Під науково-інформаційною діяльністю розуміють сферу людської діяльності щодо задоволення потреб у науково-технічній інформації, причому до поняття науково-інформаційної діяльності входить збір, аналітико-синтетична обробка, зберігання, пошук і поширення науково-технічної інформації. Саме поняття "інформація" досі не має однозначного тлумачення. Спершу під інформацією розуміли відомості, що передаються одними людьми іншим людям усним, письмовим або іншим способом, наприклад за допомогою умовних сигналів, з використанням технічних засобів, або сам процес передачі чи отримання таких відомостей.

Якщо проаналізувати дані за останні десять років з бібліографічних та реферативних баз даних наукової літератури Scopus, Web of science та Google scholar (табл. 1.3), то ми бачимо що кількість наукових праць кожного року змінюється, і на це впливає дуже багато подій які відбуваються у світі.

Наприклад, якщо проаналізувати бази даних Scopus, Web of science та Google scholar на запити Hoisting, Hoisting dynamics, Hoisting AND crane, Hoisting control та Hoisting AND optimal control то ми бачимо що кількість публікацій в 2015 році значно зменшилась в порівнянні з 2014. Більш за все що падінням кількості стала Європейська криза, а вже з 2017 року спостерігається поступове збільшення наукових праць аж до початку російської незалежну Україну в 2022 році. І навіть всесвітня пандемія 2019 року суттєво не зменшила кількість видань, а за деякими запитами кількість наукових видань навпаки збільшилась. Можливо це пов'язано з тим, що у науковців з'явилося більше вільного часу на проведення дослідів та написання праць. Якщо провести аналіз кількості публікацій у світі за допомогою баз даних Scopus та Web of science (табл. 1.3), то абсолютним лідером є Китай, який майже в чотири перевищує за кількістю США. Україна за отриманими даними посідає десяте місце.

Таблиця 1.2 – Кількість наукових публікацій, що проіндексовані у науко-метричних базах даних за 2014-2023 роки

№	Запити	Роки										Всього
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Scopus												
1	Hoisting	167	131	130	144	171	174	190	188	24	31	3502
2	Hoisting dynamics	25	11	16	13	15	14	17	12	25	7	271
3	Hoisting AND crane	101	66	66	75	84	92	85	79	102	17	1416
4	Hoisting control	39	42	32	37	60	58	63	65	76	14	998
5	Hoisting AND optimal control	3	3	4	3	4	5	6	6	4	4	71
Web of science												
1	Hoisting	152	137	176	191	203	181	180	193	203	22	3325
2	Hoisting dynamics	27	34	59	34	57	41	45	42	64	8	679
3	Hoisting AND crane	41	31	41	40	45	41	38	42	58	4	646
4	Hoisting control	52	55	53	59	79	58	54	61	76	12	989
5	Hoisting AND optimal control	1	6	7	4	7	7	6	4	5	–	81
Google scholar												
1	Hoisting	44	55	54	78	141	79	91	131	121	36	1590
2	Hoisting dynamics	73	88	92	128	134	131	135	171	221	65	2570
3	Hoisting AND crane	22	19	28	29	103	35	45	44	69	17	722
4	Hoisting control	132	138	157	181	413	224	212	308	320	81	5420
5	Hoisting AND optimal control	31	45	48	50	54	72	62	115	144	35	1400

Таблиця 1.3 - Кількість наукових публікацій, що проіндексовані у науко-метричних базах даних за країнами

№	Запити	Країни										
		Китай	Великобританія	США	Польща	Німеччина	Південна Корея	Японія	Канада	Австралія	Україна	
Scopus												
1	Hoisting	1264	55	299	83	78	62	59	54	53	51	
2	Hoisting dynamics	120	5	30	19	5	17	6	1	2	1	
3	Hoisting AND crane	671	24	117	31	37	57	36	17	20	18	
4	Hoisting control	347	12	109	20	20	42	29	8	11	13	
5	Hoisting AND optimal control	16		4	4	1	1	2	-	2	2	
Web of science												
1	Hoisting	1192	116	428	107	112	22	70	146	80	28	
2	Hoisting dynamics	310	16	93	40	18	34	14	12	12	6	
3	Hoisting AND crane	230	16	93	40	18	34	14	12	12	6	
4	Hoisting control	409	17	79	21	21	53	21	13	8	17	
5	Hoisting AND optimal control	26	8	8	4	1	2	3	-	2	1	

1.4 Змістовний аналіз публікацій

Внаслідок проведених досліджень Григоровою О.В., Губського С.О. [1] залежностей коерцитивної сили від твердості поверхні кочення кранових коліс, валів та осей отримані результати, що дозволяють контролювати якість загартування кранових коліс, валів та осей у процесі виробництва, проводити експресконтроль при експертному обстеженні.

Аналогічно можна проводити контроль напружено-деформованого стану кранових коліс, валів та осей за параметром коерцитивної з інших матеріалів та геометричних розмірів, попередньо провівши дослідження залежності коерцитивної сили від твердості їх поверхні.

За допомогою запропонованої конструкції Григоровою О.В., Окуня А.О. [2] кабельного крану здійснюється зменшення енерго- та ресурсовитрат, а також зниження собівартості крана за рахунок усунення механізму пересування візка (не використовується тяговий канат), усунення підтримок та механізму підймання вантажу. Переміщення вантажу здійснюється за рахунок сили тяжіння.

Розроблена програма Григоровим О.В., Стёпочкиним О.В. [3], призначена для моделювання процесу пересування кранів мостового типу. Програма повинна бути застосовною для досліджень, а також для розрахунків новостворених кранів, та кранів які перебувають у експлуатації з урахуванням особливостей конструкції, схеми шляху та розташування коліс. Це має забезпечити підвищену якість результуючих даних, а також розширити можливості аналізу позаштатних ситуацій, що виникають практично.

Проведені дослідження Григоровим О.В., Стрижака В.В., Зюбанова Д.М. [4] дали змогу оцінити зменшення витрат енергії в механізмах пересування з частотнорегульованим приводом порівняно з асинхронним приводом з фазним ротором і визначити закономірності зміни співвідношення витрат енергії обох типів приводів для різних робочих циклів.

У статті Григорова О.В., Стёпочкіна О.В. [5] розглядаються особливості програми, призначеної для моделювання процесу пересування кранів мостового типу з перекосом. Програма повинна бути застосовною як для досліджень, так і для інженерних розрахунків, що виконуються на стадії проектування нових кранів, а також для кранів, що реконструюються та перебувають у експлуатації. Детальніше розглядається підмодель механізму пересування мостового крана. У даній підмоделі реалізована можливість зміни кінематичної схеми та визначення кінематичних, статичних та динамічних параметрів для кожного елемента, що забезпечує надійність, простоту та наочність обчислень.

У результаті проведеного дослідження Губським С. О. [6] напружено-деформованого стану металоконструкцій мостових кранів різних виробників встановлено, що металоконструкція крана мостового виробництва ХЗ ПТУ має більший (на 15-25 %) розрахунковий запас міцності, але внаслідок конструктивних та технологічних недоліків ресурс на практиці менший (на 10-15 %), ніж металоконструкцій крана фірми «КОНЕКРЕЙНС УКРАЇНА».

Розроблена програма Губським С.А. [7], «Crane» дозволяє скоротити час на паспортизацію ГПМ; автоматизувати перевірочні розрахунки на міцність фактичної металоконструкції мостових кранів; попередньо оцінити можливість реконструкції крана з метою збільшення його вантажопідйомності за міцністю його металоконструкції.

Дослідження зроблені Григоровим О.В., Стрижак В.В., Зюбанова Д.М. [8] дали змогу оцінити зменшення витрат енергії в механізмах пересування з частотно-регульованим приводом порівняно з асинхронним приводом з фазним ротором і визначити закономірності зміни співвідношення витрат енергії обох типів приводів для різних робочих циклів. Експериментальним шляхом на стенді механізму пересування було визначено характер зміни витрат енергії при частотно-регульованому приводі і порівняно його з характером змін витрат в асинхронному приводі з фазним ротором на різних етапах робочого циклу. На основі досліджень встановлено закономірність

зміни ККД на етапі розгону і зміни співвідношення еквівалентної потужності за робочий цикл для обох типів приводів. Розрахована залежність співвідношення еквівалентних потужностей обох типів приводів для

досліджуваного механізму пересування візка мостового крану від тривалості ISSN 2311-0368 (Print) Hebezeuge und Fördermittel, №3 (43), 2014 ISSN 2409-1049 (Online) 14 рівномірного ходу за різних способів гальмування.

Встановлено, що частотно-регульований привід може споживати енергії в 1,25-1,9 разів менше ніж асинхронний з фазним ротором в залежності від тривалості рівномірного ходу. Найбільша перевага щодо витрат енергії

виходить при використанні частотно-регульованого приводу в механізмах, які працюють тривалий час в пуско-гальмівних режимах за різних значень усталених швидкостей і незначний час у сталих режимах на номінальній швидкості при рекуперативному гальмуванні.

Григоров О.В., Стрижак В.В., Зюбанова Д.М., Стрижак М.Г., Цебрєнко М.В., Стєпочкіна О.В. [9] провели аналіз конструкції експериментального стенда для дослідження роботи гідростатичного приводу механізму підйому вантажу низькомоментним гідродвигуном. Обґрунтовано застосування комплексу вимірально-регульовального обладнання, виходячи з плану експерименту.

Програма MS Excel Advanced Logistic Systems, розроблена Григоровим О.В., Стєпочкіна О.В. [10] призначена для моделювання процесу руху кранів мостового типу. Програма може бути застосовна однаково як для досліджень, так і для розрахунків нових кранів з урахуванням особливостей конструкції, схемами шляху і розташування коліс. Вона повинна забезпечити підвищення якості результативних даних, а також розширення можливостей аналізу надзвичайних ситуацій, що виникають на практиці.

Коваленко В.А., Берников Д.О., Моисєенко А.Ф. [11] запропонували конструктивне рішення з використанням гальма з автоматичним регулюванням гальмівного моменту в залежності від навантаження дозволить вирішити проблему неконтрольованих динамічних навантажень під час

модернізації крана. Дане рішення дозволяє використовувати, в тому числі, і сучасні гальмівні системи.

Коваленко В.О., Павкін Р.А., Редька Є.С. [12] довели, що для своєчасного усунення недоліків та пошкоджень, а також завчасного попередження виникнення дефектів необхідно проводити систематизований огляд підкранових колій та несучих елементів будівлі. Особливої уваги потребує стан залізобетонних конструкцій після тривалої експлуатації. Великі динамічні навантаження крана з плином часу призводять до пошкоджень кріплення підкранових балок, деформації їх металоконструкції та порушення геометрії всієї колії. При несвоєчасному огляді та ремонті підкранових колій зменшується робочий ресурс крану та зростає можливість серйозних наслідків, які неминуче приведуть до аварійної ситуації.

За дослідями Коваленка В.О., Павкіна Р.А., Редька Є.С., Коваленка Ж.І. [13] логістичний підхід до планування та організації демонтажу баштових кранів в умовах ущільненої забудови дозволяє реально знизити витрати та ризики замовника. Ситуаційний план будівельного об'єкта та 3D-модельовання є ключовими факторами, що дозволяють на основі багатоваріантного модельовання вирішувати складні інженерно-технічні завдання. Оснащення будівельних кранів антиколізійними системами забезпечує не лише гарантовану безпеку робіт, а й унеможливорює появу в зоні ведення робіт несанкціонованого будівництва та техніки, не передбачених проектом виконання робіт.

В даній роботі Григоров О. В., Петренко Н.О., Губський С.О. [14] показали практичне застосування метода паспортизованих зразків зі змінними перерізами на крані з товщинами елементів понад 40 мм. Це дозволило обґрунтовано продовжити строк роботи ливарного крана вантажопідйомністю 180/50 т на три роки.

А. Окун, У. Лос [15] застосували метод функції керуваності, що дозволяє ефективно створювати обмежені елементи керування, які вирішують

задачу керування мостовим краном. При цьому інерційні елементи керування ведуть себе більш рівномірно, збільшуючи час руху системи.

G. Kryukov, M. Strizhak, V. Strizhak [16] виконали вибір критерію оцінки ступеня енергетичної досконалості пневмоприводу; на основі комп'ютерного моделювання визначено основні складові непродуктивного енергоспоживання. Встановлено, що вони включають:

- втрати через неповноту розширення повітря в робочій порожнині;
- втрати в мертвому просторі;
- втрати на дроселювання;
- додаткові втрати на фіксацію робочого блоку;
- втрати, пов'язані з роботою для викиду стисненого повітря з витяжної порожнини.

Сформульовано вимоги до енергозберігаючої конструкції пневмоприводу: використання схеми рознесення, яка дає можливість найбільш раціональних комутаційних співвідношень для кожної фази руху. Розроблено два енергозберігаючі контури з використанням серійно доступного пневматичного обладнання. Побудовано математичну модель пневмоприводу, в основі якої лежать термодинамічні залежності тіла змінної маси.

Григоров О.В., Окунь А.О. [17], удосконалив математичну модель руху для задач керування підйомно-транспортними машинами. Отримано математичну модель руху системи «візок–вантаж» кабельного крана з урахуванням опорів руху візка. Це рівняння можна використовувати для визначення функції керування $F(t)$, згідно з якимось критерієм якості. Наприклад, можна використати цю систему для знаходження керування, яке переведе систему з початкової точки в кінцеву за оптимальний час так, щоб коливань вантажу в кінцевій точці не було. Така задача є досить розповсюдженою на практиці, і у даному випадку теоретично може бути вирішена з використанням принципу максимуму Понтрягіна.

В роботі В.Б. Фрейдліна [18] досліджена робота механізму підйому вантажу портового крана із застосуванням динамічної механічної характеристики приводного двигуна. Для зниження динамічних зусиль у механізмі дослідником запропоновано використати пристрій пуску механізму у функції його прискорення. Крім того, досліджено вплив підвищення надійності крана на зниження тривалості його позапланових ремонтів та підвищення пропускної здатності вантажного причального фронту.

В статті [29] М.А. Дербенев за допомогою динамічної моделі механізму підйому вантажу та відповідної системи диференціальних рівнянь дослідив динамічні процеси, які в ньому виникають. Ним встановлено вплив індуктивності двигуна та жорсткості пружних елементів на структуру розв'язку рівняння руху механізму підйому вантажу. Аналітичний розв'язок рівняння руху отримано при умові, що металокопструкція моста є абсолютно жорсткою.

У статті [30] цей же дослідник на базі методу кінцевих елементів синтезував математичну модель механізму підйому вантажу. Аналіз розв'язку отриманих рівнянь дозволив дати інформацію про напружено-деформований стан металокопструкції крана і визначити вплив електродвигуна на динамічні навантаження в системі.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА ПЕРЕХІДНИХ СИСТЕМ ПРИ РОБОТІ МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ

2.1 Математична модель динамічної системи

Для того, щоб визначити найбільші навантаження у елементах системи „механізм підйому вантажу – вантаж – транспортний засіб” необхідно провести її динамічний аналіз. Для цього необхідно прийняти певну динамічну модель системи та відповідну їй математичну. Математична модель є системою диференціальних рівнянь, розв'язуючи які, отримують функції зміни зусиль у елементах механізму підйому вантажу та у підвісці транспортного засобу. Аналіз знайдених функцій, які описують зміну зусиль у часі, дає змогу встановити основні фактори, що впливають на їх виникнення. Змінюючи ці фактори можна цілеспрямовано зменшувати небажані динамічні навантаження у елементах механізму підйому вантажу, мості крана та у підвісці транспортного засобу, що дозволяє підвищити їх довговічність.

Першим етапом у процесі динамічного аналізу є побудова динамічної моделі системи „механізм підйому вантажу – вантаж – транспортний засіб”. Для цього необхідно виділити найбільш суттєві фактори, які впливають на динаміку системи. При цьому повинні виконуватись дві головні вимоги [63]: динамічна модель має бути не дуже складною і в достатній мірі адекватною реальній технічній системі.

Зазначимо основні припущення, які були прийняті для побудови динамічної моделі досліджуваної системи:

- 1) всі елементи механізму підйому вантажу та транспортного засобу є абсолютно жорсткими тілами із зосередженими та незмінними масами;
- 2) всі елементи системи рухаються (у тому числі здійснюють колильний рух) у вертикальній площині, тобто розглядається плоска задача;

3) зведена жорсткість вантажних канатів при підйомі та опусканні вантажу змінюється мало і тому вона приймається постійною величиною;

4) вага каната не має суттєвого впливу на динаміку руху зведених мас, тому вагою канату нехтуємо;

5) момент опору механізму підйому вантажу спричинений тертям у механічних елементах приймається постійною величиною;

6) радіус канатного барабану при набіганні або збіганні каната приймається постійною величиною;

7) дія вітру та інших природних факторів не враховується (розглядається випадок виконання навантажувально-розвантажувальних процесів на транспортний засіб у приміщенні, наприклад у цеху).

Використавши вказані припущення, була розроблена динамічна модель системи „механізм підйому вантажу – вантаж – транспортний засіб”, яка показана на рис 2.1 (всі величини зведені до канатів). У таблиці 2.1 наведені чисельні значення параметрів динамічної моделі, які відповідають мостовому крану вантажопідйомністю 20 тон, розрахунки якого виконані у роботі [10], та причепу МАЗ-938662 вантажопідйомністю до 23750 кг.

Таблиця 2.1 – Параметри динамічної моделі системи „механізм підйому вантажу – вантаж – транспортний засіб”

Найменування динамічного параметру	Значення
1	2
Зведена жорсткість транспортного засобу c_{mz} , Н/м	$3,055 \cdot 10^6$
Зведена жорсткість вантажних канатів c_k , Н/м	$15,452 \cdot 10^6$
Зведена жорсткість кранового моста c_m , Н/м	$10,844 \cdot 10^6$
Зведений коефіцієнт дисипації підвіски транспортного засобу b_{mz} , Н·с/м	$10 \cdot 10^3$
Зведений коефіцієнт дисипації вантажних канатів b_k , Н·с/м	$25 \cdot 10^3$
Зведений коефіцієнт дисипації моста крана b_m , Н·с/м	$10 \cdot 10^3$

Продовження таблиці 2.1

1	2
Зведена маса транспортного засобу $m_{тз}$, кг	7250
Зведена маса приводу механізму підйому вантажу m_n , кг	415520
Зведена маса кранового моста m_m , кг	19300

Частина динамічної моделі (рис. 2.1), яка відображає рух зведених мас вантажу, кранового моста та приводу відома. Вона використана у роботах В.Ф.

Гайдамаки [7], Н.А. Лобова [5], Л.Я. Будікова [10] та інших дослідників.

Однак, у даній роботі розглядається більш широка задача, яка включає аналіз динамічної дії вантажу на транспортний засіб.

Зазначимо, що з рис. 2.1 видно, що маса вантажу та транспортного засобу не взаємодіють між собою. Однак, як буде показано нижче, вказаний випадок відноситься до одного з етапів руху динамічної системи. Для інших етапів вантаж та транспортний засіб здійснюють динамічну дію один на одного.

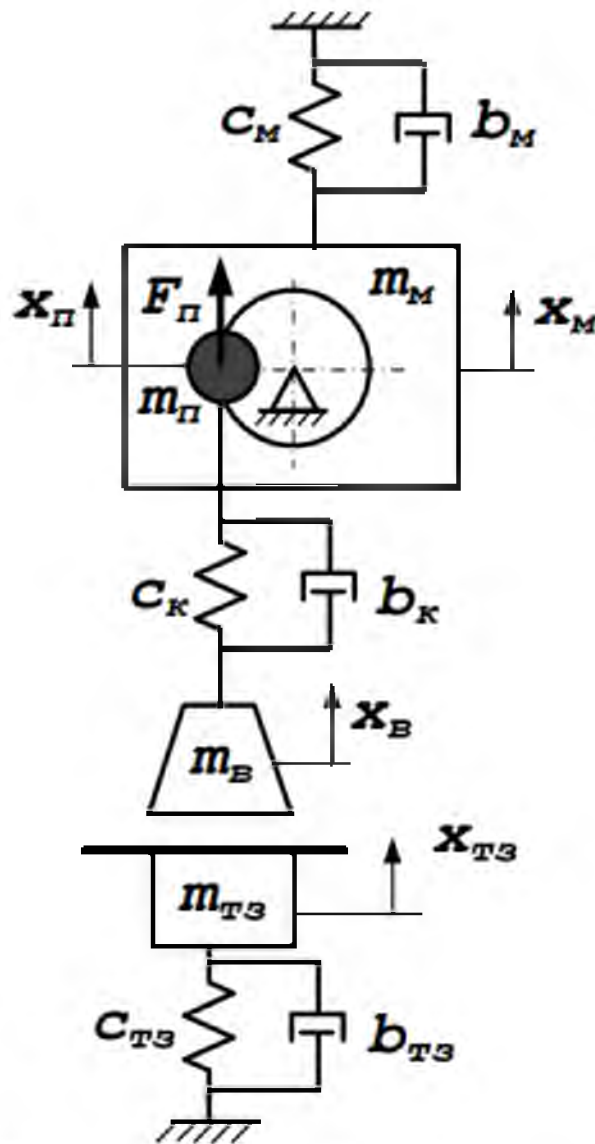


Рисунок 2.1 – Динамічна модель системи „механізм підйому вантажу – вантаж – транспортний засіб”: $c_{mз}$, c_K , c_M – зведені коефіцієнти жорсткості транспортного засобу, вантажних канатів та моста крана відповідно; $b_{mз}$, $b_{mз}$ – зведені коефіцієнти дисипації транспортного засобу, вантажних канатів та моста крана відповідно; $m_{mз}$, m_B , m_n , m_M – зведені маси транспортного засобу, вантажу, приводну механізму підйому вантажу та кранового моста відповідно; $x_{mз}$, x_B , x_n , x_M – узагальнені координати відповідних мас; F_n – зведене до барабана зусилля приводу механізму підйому вантажу

2.2 Опис перехідних режимів руху системи

Тривалість розгону або гальмування визначається за виразом 2.1:

$$t_{\text{розг}} = t_{\text{гальм}} = T \frac{F_i |\Delta v|}{G v_{\text{ном}}}, \quad (2.1)$$

де T – максимально допустима тривалість розгону (у даному випадку $T=2$ с);

$G_{\text{ном}}$ – вага номінального вантажу ($G_{\text{ном}}=5000$ Н); F_i – i -те значення зусилля

розтягу каната (тобто виміряне на поточному циклі керування рухом

механізму); $v_{\text{ном}}$ – номінальна швидкість руху (підйому чи опускання) вантажу

($v_{\text{ном}}=0,5$ м/с); Δv – зміна швидкості механізму при розгоні або гальмуванні

(різниця між початковим і кінцевим значеннями швидкості механізму підйому

вантажу).

2.2.1 Підйом вантажу

Швидкість підйому вантажу з опори на задану висоту підйому за

допомогою удосконаленої конструкції вантажопідйомного механізму можна

розділити на чотири етапи:

- 1) розгін від нульової до номінальної швидкості;
- 2) розгін від нульової швидкості до проміжної швидкості (половина від номінальної);
- 3) розгін від посадочної швидкості до номінальної;
- 4) гальмування від проміжної швидкості до посадочної.

Розглянемо детальніше всі етапи підйому вантажу.

Перехід від нульової до номінальної швидкості означає збільшення

швидкості руху з мінімального значення до оптимального (моменту коли

вантаж повністю відірвався від опори), при якому механізм підйому виходить

на номінальну швидкість руху. Розглянувши графік а) на рис. 2.2 ми бачимо

що за проміжок часу в 2 с вантаж поступово набирає швидкість від моменту появи зусилля на канаті до моменту повного відриву вантажу від опори та набирає швидкість 0,5 м/с. При цьому швидкість збільшується рівномірно.

Розгін від нульової швидкості до проміжної швидкості означає збільшення швидкості руху зі стану спокою до певної проміжної значення. Це

може бути необхідно для того, щоб домогтися оптимальної швидкості роботи підйомного механізму. Розглянувши графік б) на рис. 2.2 ми бачимо що за проміжок часу в 2 с вантаж поступово набирає швидкість від стану спокою до

моменту розгону до швидкості 0,25 м/с. При цьому швидкість збільшується рівномірно.

Розгін від посадочної швидкості до номінальної означає збільшення швидкості руху з проміжної до номінальної швидкості підйому вантажу, та руху на цій швидкості до початку гальмування. Це необхідно для поступового

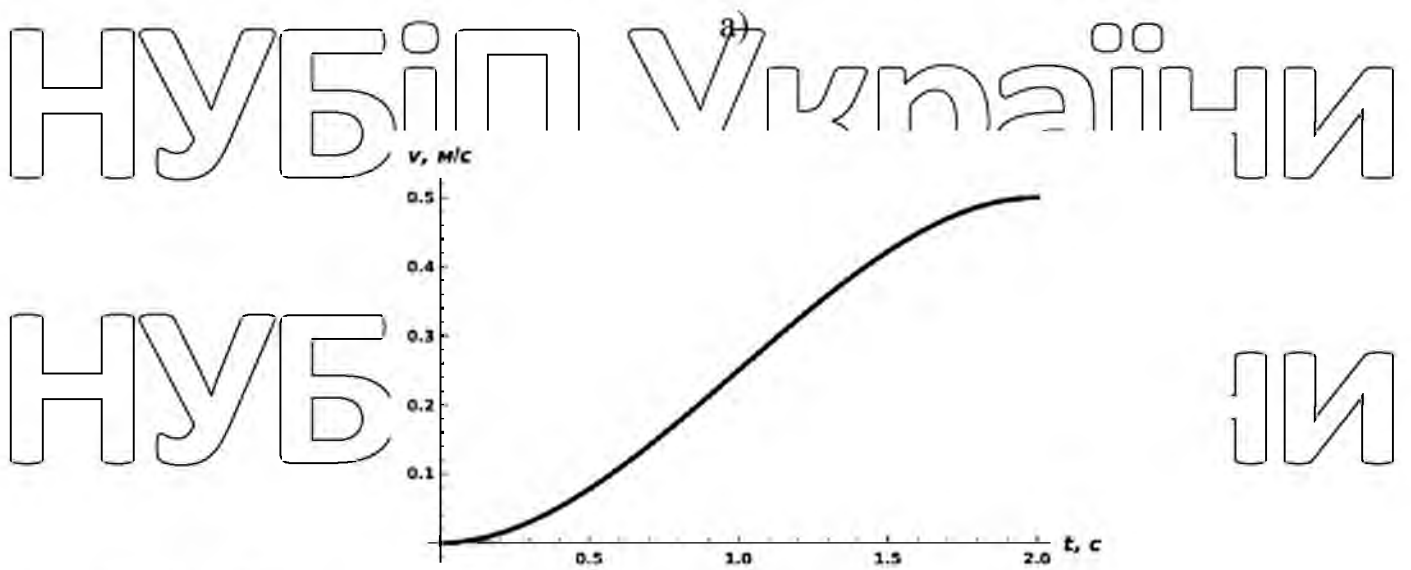
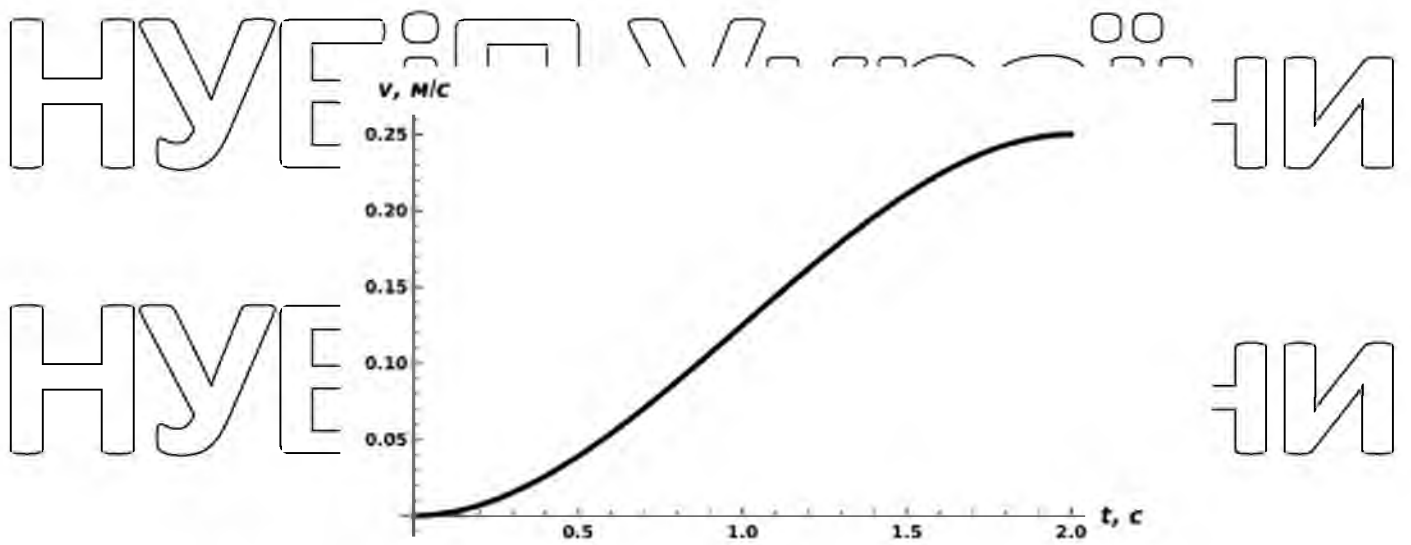
збільшення швидкості та руху на ній. Розглянувши графік в) на рис. 2.2 ми

бачимо що за проміжок часу в 2 с вантаж поступово набирає швидкість від 0,05 м/с до номінальної швидкості 0,5 м/с. При цьому швидкість збільшується рівномірно.

Гальмування від проміжної швидкості до посадочної - це процес плавного зменшення швидкості вантажу при зупинці підйомного механізму.

Розглянувши графік г) на рис. 2.2 ми бачимо що за проміжок часу в 2 с вантаж поступово зменшує швидкість від 0,05 м/с до посадочної швидкості 0,25 м/с.

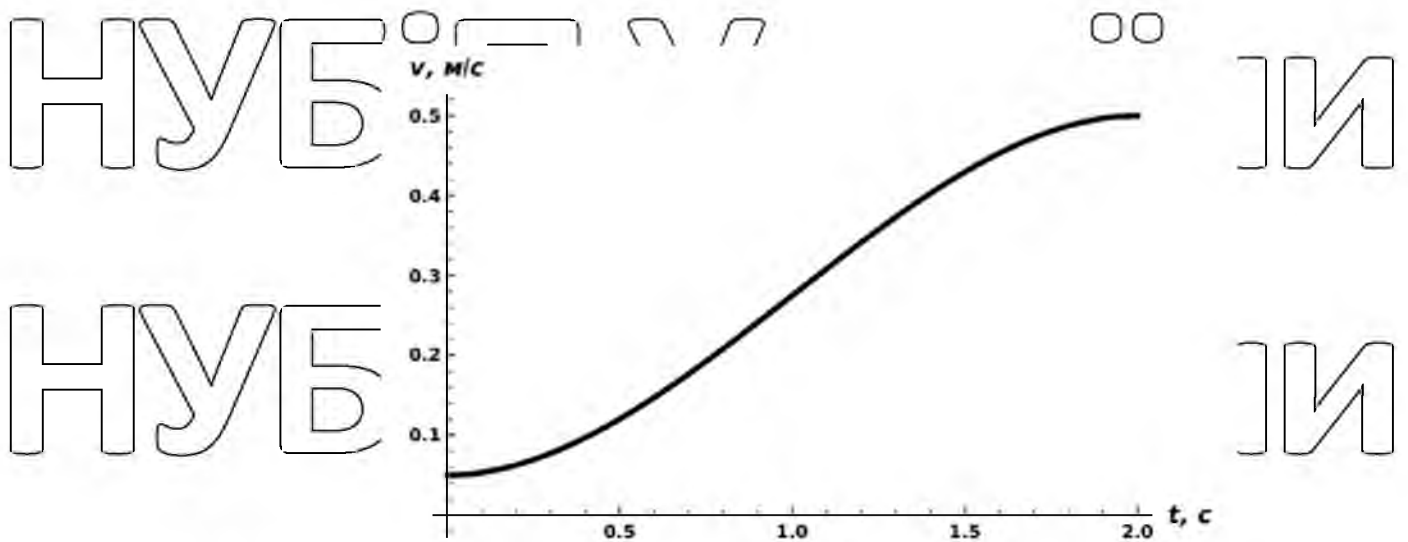
При цьому швидкість гальмування проходить рівномірно.



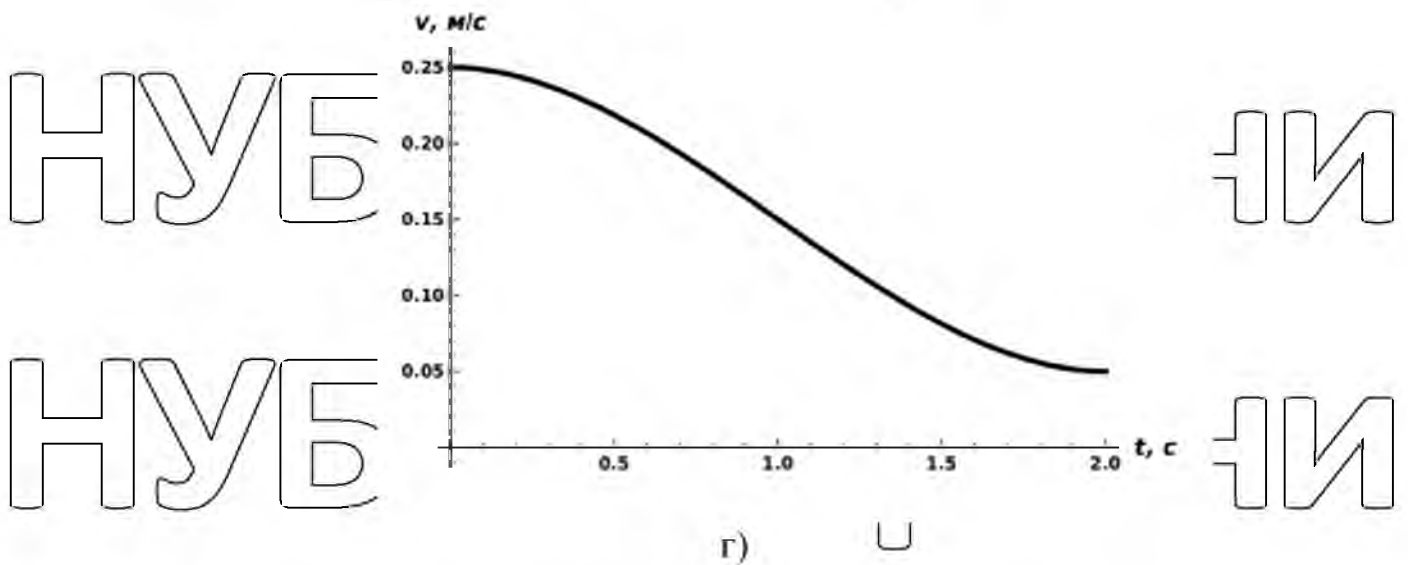
НУБІП і України

НУБІП України

НУБІП України



НУБІП У КРАЇНИ



НУБІП У КРАЇНИ

Рисунок 2.2 - Графіки функцій для варіанту підйому вантажу:

- а) розгін від нульової до номінальної швидкості; б) розгін від нульової швидкості до проміжної швидкості (половина від номінальної); в) розгін від посадочної швидкості до номінальної; г) гальмування від проміжної швидкості до посадочної

НУБІП У КРАЇНИ

Проаналізувавши графіки підйому можна сказати що вантаж під час всіх етапів буде рухатись без різких поштовхів та розхитувань, що в свою чергу забезпечуючи цілісність вантажу та більшу довговічність механізму підйому.

2.2.2 Опускання вантажу

Швидкість опускання вантажу на опору за допомогою удосконаленої конструкції вантажопідйомного механізму можна розділити на три етапи:

- 1) Розгін від нульової до номінальної швидкості;
- 2) Гальмування від номінальної швидкості до посадочної;
- 3) Розгін від посадочної швидкості до проміжної.

Розглянемо детальніше всі етапи опускання вантажу.

Перехід від нульової до номінальної швидкості означає збільшення швидкості руху з мінімального значення до оптимального, при якому механізм підйому виходить на номінальну швидкість руху. Розглянувши графік а) на рис. 2.3 ми бачимо що за проміжок часу в 2 с вантаж поступово набирає швидкість від початку моменту опускання до набору номінальної швидкості 0,5 м/с та руху на ній. При цьому швидкість опускання є рівномірною.

Гальмування від номінальної швидкості до посадочної - це процес плавного зменшення швидкості вантажу при зупинці підйомного механізму.

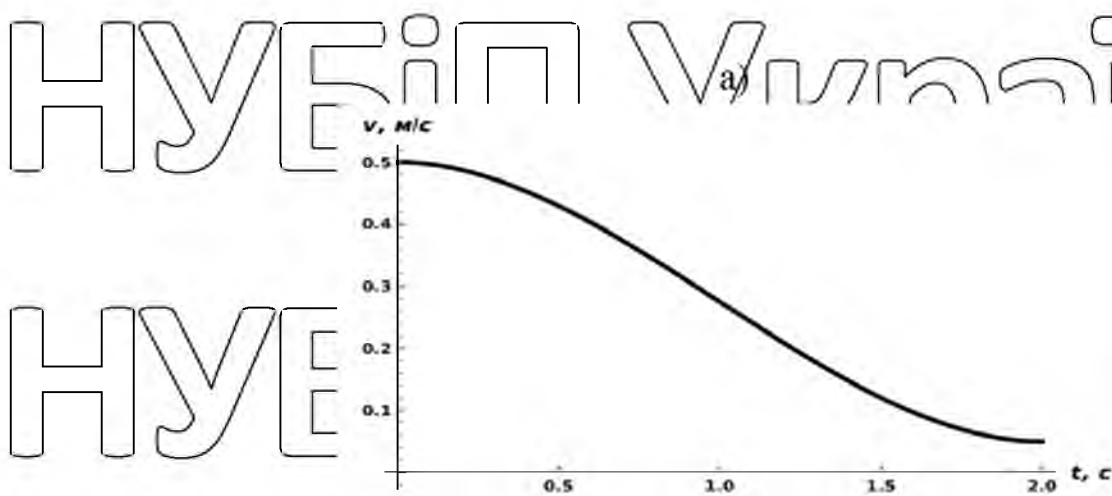
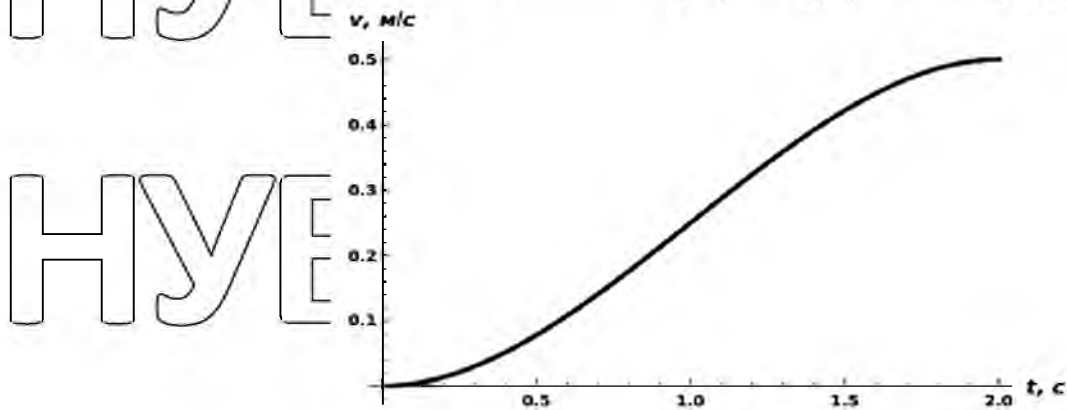
Розглянувши графік б) на рис. 2.3 ми бачимо що за проміжок часу в 2 с вантаж поступово зменшує швидкість від 0,5 м/с до посадочної швидкості 0,05 м/с.

При цьому швидкість гальмування проходить рівномірно.

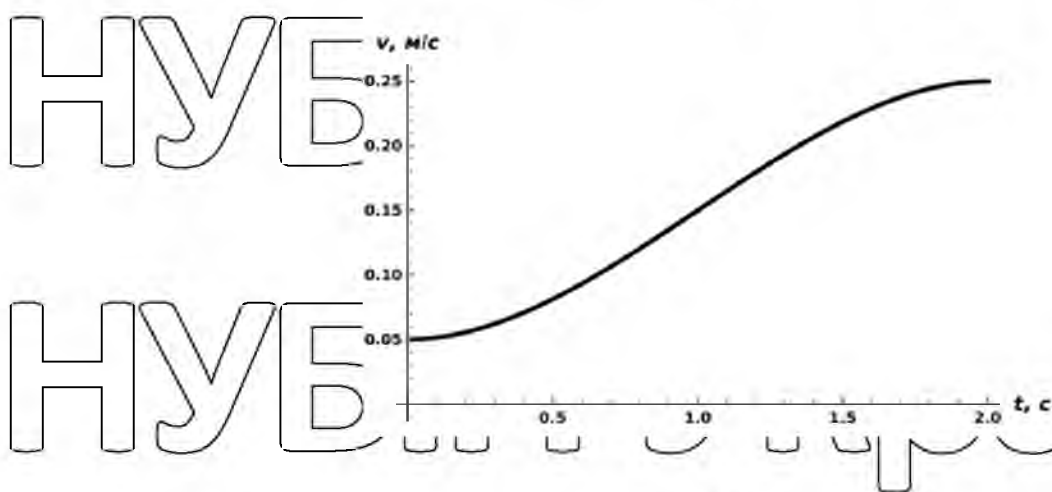
Розгін від посадочної швидкості до номінальної означає збільшення швидкості руху з посадочної до проміжної швидкості опускання вантажу. Це необхідно для поступового збільшення швидкості та руху на ній. Розглянувши

графік в) на рис. 2.3 ми бачимо що за проміжок часу в 2 с канат поступово

набирає швидкість від 0,05 м/с до проміжної швидкості 0,25 м/с. При цьому швидкість збільшується рівномірно.



б)



в)

Рисунок 2.3 - Графіки функцій для варіанту опускання вантажу: а) розгін від нульової до номінальної швидкості; б) гальмування від номінальної швидкості до посадочної; в) розгін від посадочної швидкості до проміжної.

Проаналізувавши графіки опускання вантажу можна сказати що вантаж під час всіх етапів буде рухатись без різких поштовхів та розхитувань, що в свою чергу забезпечуючи цілісність вантажу та більшу довговічність механізму підйому.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ТА АЛГОРИТМУ РОБОТИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МЕХАНІЗМОМ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ

3.1 Опис структури системи

На сьогоднішній день вже розроблені пристрої для керування двигунами механізму підйому вантажу прольотного крана. Такий пристрій містить датчик стану канату, задатчик, блок керування електроприводом механізму підйому вантажу, датчик довжини канату, мікроконтролер, індикатор поточної довжини канату. Однак цьому пристрою притаманний недолік, який полягає у тому, що при швидкому опусканні вантажу може виникнути удар по основі, на яку він опускається. При цьому вантаж і основа можуть пошкодитись. Таким чином, необхідно створити пристрій для керування механізмом підйому крана прольотного типу, який би запобігав удари вантажу по основі, на яку він опускається.

Поставлене завдання досягається тим, що пристрій для керування механізмом підйому вантажу крана прольотного типу, що містить датчик стану канату, задатчик, мікроконтролер, на входи якого підключені задатчик та датчик стану канату, обладнаний перетворювачем частоти, який інформаційним каналом підключений до мікроконтролера і живить асинхронний короткозамкнений двигун механізму підйому вантажу.

На рис. 3.1 показана структурна схема пропонованого пристрою для керування електроприводом механізму підйому вантажу прольотного крана. Мікроконтролер 2 своїм інформаційним каналом підключений до перетворювача частоти 5, який живить асинхронний двигун 3 короткозамкненим ротором 4 механізму підйому вантажу. Вал асинхронного двигуна 3 короткозамкненим ротором 4 кінематично зв'язаний з канатним барабаном 3, на який намотується канат із закріпленим на ньому вантажем 7.

Пристрій для керування електроприводом механізму підйому вантажу крана прольотного типу працює наступним чином. Для опускання вантажу 7 оператор крана встановлює відповідне положення задатчика 1. При цьому на вхід мікроконтролера 2 надходить сигнал про опускання вантажу 7, а мікроконтролер 2 формує і надсилає сигнал для перетворювача частоти 5. У відповідності з отриманим сигналом перетворювач частоти 5 видає напругу номінальної частоти 50 Гц, вал асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором 4 починає обертатись і вантаж 7 опускається. При опусканні вантажу 7 його потенціальна енергія перетворюється у електричну і за допомогою перетворювача частоти 5 передається у мережу живлення. Таким чином, підвищується енергоефективність роботи крана прольотного типу.

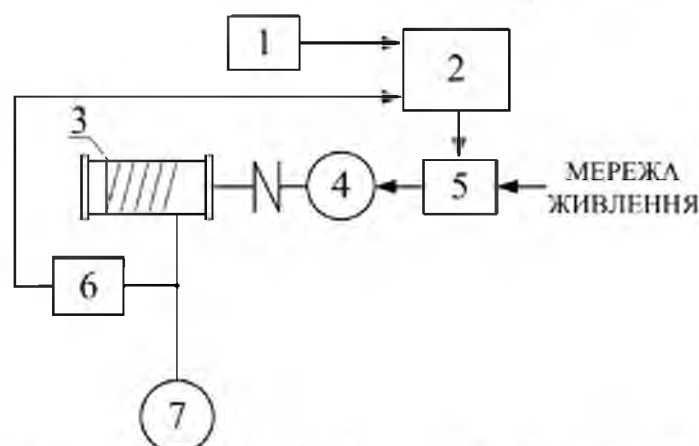


Рисунок 3.1 – Функціональна схема пристрою для керування

електроприводом механізму підйому вантажу крана прольотного типу: 1 –

задатчик; 2 – мікроконтролер; 3 – канатний барабан; 4 – асинхронний двигун з короткозамкненим ротором; 5 – перетворювач частоти; 6 – датчик стану канату; 7 – вантаж

Як тільки вантаж 7 починає торкатися основи, на яку він опускається, зусилля натягу канату зменшується. При цьому датчик стану канату 6 виробляє відповідний сигнал, який надходить на аналоговий вхід

мікроконтролера 2. Після отримання сигналу про зменшення натягу канату мікроконтролер 2 надсилає сигнал у перетворювач частоти 5 за яким частота напруги живлення, яку виробляє перетворювач частоти 5, зменшується і швидкість обертання асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором 4 зменшується. Це призводить до зниження швидкості опускання вантажу 7.

При цьому зусилля, яке діє на основу від ваги вантажу 7, зростає плавно і вантаж 7 та основа не пошкоджуються. Таким чином, відбувається регулювання частоти напруги живлення асинхронного короткозамкненого двигуна 4 у відповідності до величини зусилля натягу канату.

Пропонований пристрій дозволяє зменшити ударні навантаження, які діють на вантаж та основу, на яку він опускається. Це дає змогу запобігти пошкодженню вантажу та основи, що підвищує ефективність експлуатації прольотного крана. Крім описаного пристрою, також розроблено спосіб керування електродвигуном механізму підйому вантажу мостового крана, який дозволяє забезпечити зменшення рівня динамічних навантажень у канаті та усуває перевантаження приводу механізму.

3.2 Рекомендації щодо апаратного забезпечення системи

Розгін і гальмування відбувається за зовнішнім перериванням, тобто за натисканням кнопок відповідно ПУСК і СТОП (рис. 3.2). Ці кнопки підключені до мікроконтролера (рис. 3.3).



Рисунок 3.2 – Кнопки ПУСК і СТОП E.NEXT p0810107



Рисунок 3.3 – Контроллер Arduino Uno Rev3

Загалом система керування механізмом підйому вантажу має містити такі елементи: 1) частотний перетворювач (рис. 3.4) (для зміни частоти і напруги живлення приводу механізму підйому вантажу, що призводить до зміни швидкості підйому та опускання вантажу); 2) кнопки ПУСК і СТОП; 3) електромагнітне реле (рис. 3.5) (для керування електромагнітним гальмом механізму підйому вантажу); 4) S-подібний датчик зусилля розтягу канату (рис. 3.6) (тензометр); 5) операційний підсилювач (рис. 3.7) (для підсилення сигналу від тензометра і передачі його на вхід мікроконтролера); 6) мікроконтролер; 7) блок живлення (рис. 3.8) (як правило на 5 В постійного струму).



Рисунок 3.4 - Частотний перетворювач FR-D 0.75кВт 1-ф/220



Рисунок 3.5 - Модуль реле 5В 10А



Рисунок 3.6 - S-подібний тензодатчик Zemic WZS-C3-500kg-6B



Рисунок 3.7 - Модуль підсилювача LM358

НУБІП України

НУБІП України



НУБІП України

Рисунок 3.8 - Блок живлення імпульсний Proton 12В 60Вт 5А IP20

НУБІП України

Вимоги до мікроконтролера такі: 1) 3 аналогові входи (2 на кнопки і 1 на тензомер зусилля розтяг каната); 2) 1 аналоговий вихід – для керування електромагнітним реле гальм механізму підйому вантажу; 3) цифровий вихід – для керування частотним перетворювачем приводу механізму підйому вантажу.

НУБІП України

Вантажопідйомні крани, які обладнані асинхронними двигунами з фазним ротором є не економічними з точки зору споживання енергії.

НУБІП України

Рішенням цієї проблеми може стати заміна в кранових механізмах асинхронних двигунів з фазним ротором на короткозамкнені з живленням від частотного перетворювача (частотно-регульований) привід. Однак застосування частотно-регульованого приводу пов'язане з відносно великими капітальними витратами, що може бути виправдане зменшенням витрат енергії.

НУБІП України

В даний час є досить широкий вибір комплектуючих для частотного керування механізмів підйому вантажу, з різними технічними характеристиками в залежності від виду поставлених задач. Якщо брати до уваги перетворювач частоти то переважно всі фірми які займаються розробкою та виготовленням мають лінійку виробів схожих за конструкцією,

та різних за технічними характеристиками. Наприклад перетворювачі Veichi (рис. 3.9) підтримують скалярне та векторне бездатчикове керування, що дозволить тримати на валу двигуна високий крутний момент на всьому діапазоні регулювання швидкості та мають вбудований гальмівний модуль. Частотні перетворювачі Veichi на сьогодні є найкращими приводами щодо поєднання ціни, якості, механічної потужності та легкості введення в експлуатацію. Залежно від навантаження частотні перетворювачі Veichi випускаються від 0,4 до 630 кВт.



Рисунок 3.9 - Перетворювач частоти Veichi AC70 1.5 кВт 3-ф/380 AC70-T3-TR5G/2R2P

Сучасні механізми в багатьох галузях промисловості приводяться в рух із застосуванням електричних двигунів із живленням від перетворювача частоти. Найвні на ринку перетворювачі частоти мають на борту такий набір засобів та можливість гнучкого налаштування, що робить їх придатними для використання у широкому спектрі систем автоматизації, що і зумовлює їх

іншу назву – комплектний електропривод (KE). Комплектні електроприводи побудовані на основі спеціалізованих мікроконтролерів, що мають такі периферійні пристрої, які дозволяють реалізовувати весь потрібний функціонал. Тому при проектуванні перетворювача частоти важливим етапом є вибір керуючого мікроконтролера, який дав би можливість забезпечити як керування електричним двигуном, так і реалізацію функцій автоматизації з гнучким налаштуванням призначення своїх входів та виходів. Окрім того, важливим питанням є здешевлення кінцевої вартості пристрою, в тому числі за рахунок керуючого контролера.

Тому для розробки таких пристроїв, як KE, призначені спеціалізовані мікроконтролери, які відносяться до категорії Motor control. На ринку присутня велика кількість фірм виробників електроніки, серед яких велику популярність має STM. Окрім самих мікроконтролерів та широкого спектру напівпровідникових компонентів, необхідних для реалізації електропривода, фірма STM пропонує ряд додаткових програмних компонентів, які значно полегшують роботу розробника. Зокрема варто відзначити програмне середовище STM32CubeMX, в якому є можливість здійснити цільове призначення виводів мікроконтролера, налаштувати необхідні периферійні пристрої мікроконтролера, а також згенерувати код на мові C, що реалізовує налаштування цих виводів.

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики STM32F103RB

Ядро	ARM CORTEX - M3
Ширина шини даних	32біт
Тактова частота	72 МГц
Кількість GPIO входів/виходів	51
Об'єм пам'яті FLASH	128 кбайт
Об'єм RAM	20 кбайт
Наявність АЦП / ЦАП	16x12біт
Вбудовані інтерфейси	CAN, I2C, IrDa, LIN, SPI, UART, USB
Вбудована периферія	DMA, PWM, PDR, POR, PVD, TERMOSENSOR, wdt
Напруга живлення	3.3 В

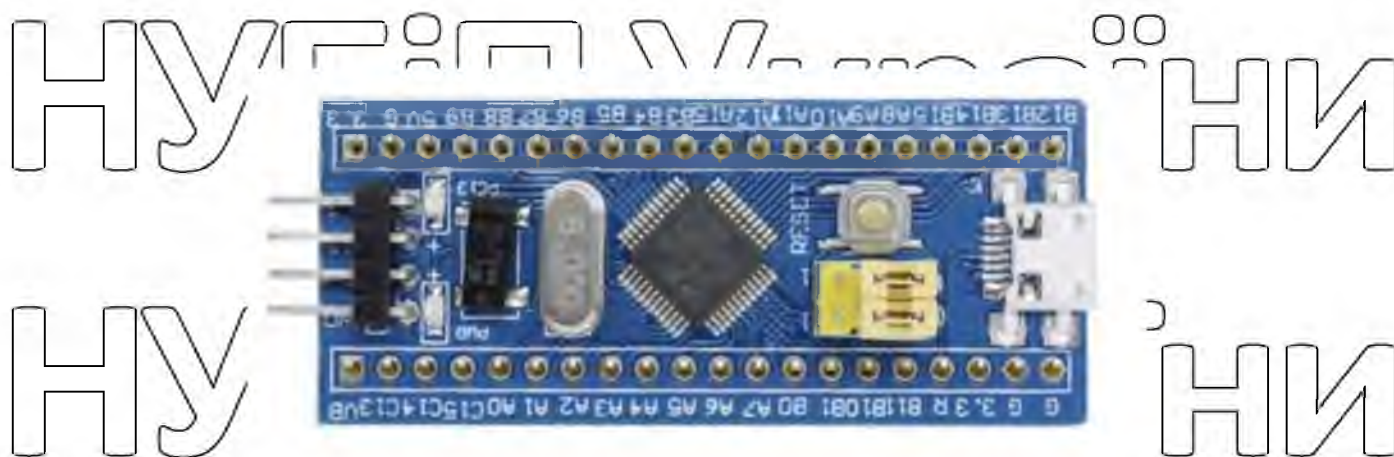


Рисунок 3.10 - Контролер STM32F103RB

Тензодатчик ваги Keli DEF OAP (500 кг, 150 кг) (рис. 3.11) – з-подібний одиточковий датчик, призначений для встановлення під час виробництва або ремонту на бункерні, кранові ваги. Прилад виконаний з міцної легованої нержавіючої сталі класу "А", яка здатна витримувати колосальні навантаження, що дає можливість використовувати його у важких галузях виробництва та промисловості. Кабель виготовлений з поліуретанового жаро-морозостійкого матеріалу, що значно розширює місця використання пристрою. Тензодатчик ваги Keli має перехресні метрологічні властивості.

Сучасний захист IP65 оберігає від проникнення всередину вагового блоку вологи та пилу, а це обумовлюється тривалим терміном експлуатації.

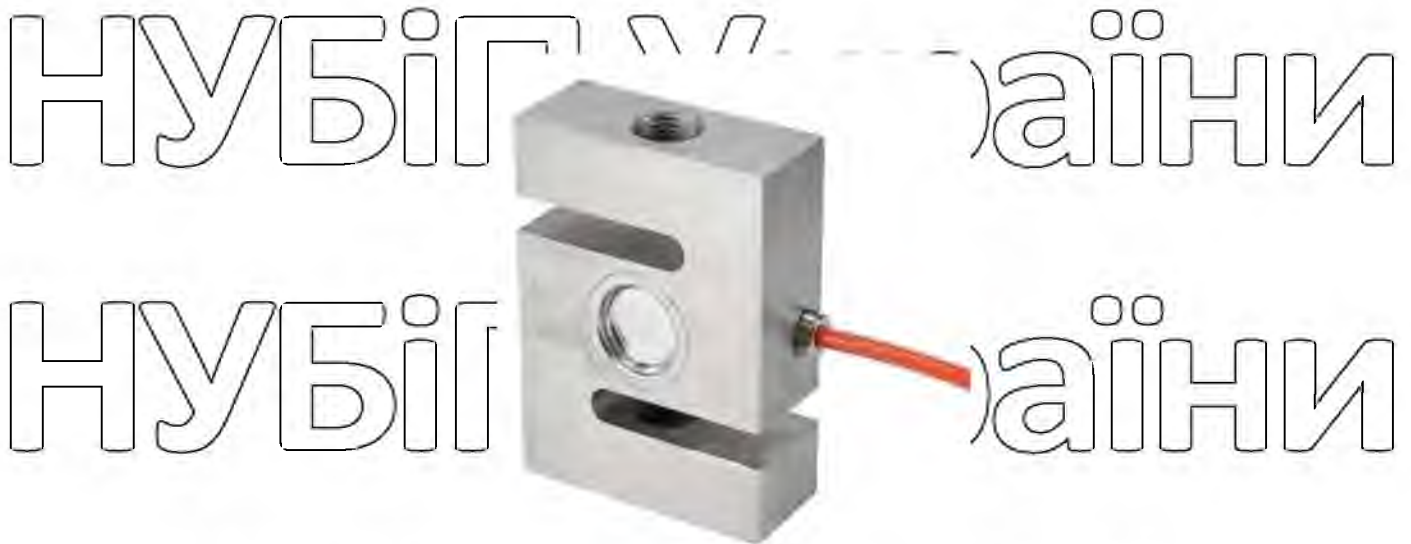


Рисунок 3.11 - Тензодатчик Keli DEF OAP

Гальмування підійомно-транспортних машин.

Майже всі основні механізми вантажопідійомної машини обладнані гальмами. У механізмах підйому (вантажів і стріли) гальма служать для утримання вантажу (стріли) на вазі в нерухомому стані, а в механізмах пересування та обертання - для зупинки рухомого крана і припинення повороту його поворотної частини. Іноді за допомогою гальм регулюють швидкість спуску вантажів. Такі гальма називають спускними. Гальма, які не призначені для регулювання швидкості спуску вантажів, називають стопорними.

За способом дії розрізняють гальма замкнуті (закриті), в яких гальмування здійснюється під дією стислої пружини або гальм в'язкого вантажу, і відкриті, в яких гальмування виробляється натисканням на педаль або на важіль. За способом управління гальма діляться на керовані і автоматично діючі.

У замкнутих автоматично діючих гальмах розмикання гальм (розгальмування) відбувається під дією електромагніта або гідро-штовкача.

У керованих закритих гальмах розмикання гальм (розгальмовування) виконується машиністом за допомогою педалі або важеля.

За типом конструкції гальма, застосовувані в вантажопідіймних машинах, поділяються на стрічкові і двох колодкові. Стрічкові гальма застосовуються при груповому (одномоторному) приводі. При багатомоторні

електричному та дизель-електричному приводі застосовують двох колодкові автоматично діючі гальма.

Стрічкові гальма поділяються на прості, диференціальні і сумарні.

Прості і диференціальні стрічкові гальма є гальмами односторонньої дії,

тому їх можна застосовувати в тих випадках, коли гальмівний диск необхідно загальмовувати від обертання тільки в одну сторону.

Простий і диференціальний стрічкові гальма застосовують головним чином в механізмах підйому вантажу.

При простому стрічковому гальмі що набігає (нерухомий) кінець стрічки прикріплений до рами, а збігає (рухливий) кінець - до гальмівного важеля.

У диференціальному гальмі збігає кінець стрічки закріплюється так само, як у простого стрічкового гальма, а набігає кінець стрічки прикріплений до

хвостового кінця гальмівного важеля. В результаті гальмівний важіль, що захоплюється силою тертя, яка виникає між стрічкою і диском, прагне повернутися навколо шарніра і цим створює натяг збігає кінця стрічки.

Для гальмування диференціальним стрічковим гальмом необхідно прикладати менше зусилля, ніж для гальмування простим стрічковим гальмом.

Тому диференціальні стрічкові гальма застосовують в тих випадках, коли треба створити дуже великий гальмівний момент з незначним зусиллям на

гальмівному важелі. Велике значення має співвідношення плечей гальмівного важеля: після невдалої спроби здійснити співвідношенні плечей і зміні

коефіцієнта тертя Диференціальний гальмо може самозатягувальне, т. Е.

Гальмувати без передачі зусилля на гальмівний важіль.

Схема підсумовує стрічкового гальма показана на рис. 33 ст. Обидва кінці стрічки закріплені на гальмівному важелі на рівних відстанях від його осі

обертання. Сумуюче стрічковий гальмо Діє при будь-якому напрямку обертання гальмівного шківів, тобто він є гальмом двосторонньої дії. Його застосовують на механізмах пересування та обертання кранів.

У вантажопідіймальних машинах переважно застосовуються двох-колодкові закриті (замкнуті) і автоматично діючі гальма.

Рівномірність відходу колодок від гальмівного диска регулюється гвинтами, а зазор між колодками і гальмівним диском – зміною довжини тяги гайками.

Гальмо такого типу характеризується великою кількістю важільних передач і шарнірних з'єднань, внаслідок чого при розгальмуванні дія його сповільнюється.

3.3 Алгоритм роботи системи

Алгоритми керування дискретних систем керування засновані на обробці й формуванні послідовної в часі сукупності дискретних керуючих сигналів – «включити» або «виключити». Ці алгоритми реалізуються за допомогою релейно-контакторних схем або безконтактних логічних схем або мікропроцесорних комплектів (контролерів).

Алгоритми керування аналогових систем керування засновані на обробці й формуванні аналогових (безперервних) керуючих сигналів. Ці алгоритми реалізуються за допомогою аналогових електронних схем, основними елементами яких є електронні операційні підсилювачі.

Алгоритми керування цифрових систем керування засновані на обробці й формуванні цифрових (кодових) керуючих сигналів.

Цифрові системи керування через те, що в них фізично оброблювана інформація являє собою послідовні в часі кодові сукупності імпульсів, називають імпульсними системами керування.

Алгоритми керування цифрових систем керування реалізуються за допомогою контролерів або різної 11 обчислювальної здатності комп'ютерів.

Алгоритми керування всіх систем керування залежать також від типу

електротехнічного перетворювача (електромашинного, тиристорного або транзисторного) і від типу електромеханічного перетворювача енергії (двигуна), прийнятих структур систем автоматичного регулювання (САР)

На рис. 3.12 зображено алгоритм керування механізмом підйому під час підйому. Після подання команди оператора за допомогою задатчика вимірюється зусилля розтягу канату S-подібним датчиком. На основі чого визначається чи вантаж знаходиться на гаку. Якщо вантаж на гаку, то мікроконтролер розраховує тривалість розгону механізму. Після чого механізм розганяється до номінальної швидкості і руху по цій швидкості до гальмування та зупинки механізму. Якщо ж вантаж на гаку відсутній, то мікроконтролер розраховує тривалість розгону механізму до проміжної швидкості і руху на цій швидкості. Далі S-подібний датчик знову вимірює зусилля розтягу канату та перевіряється чи зусилля у канаті зростає. Якщо зусилля в канаті не зростає, то продовжується вимірювання зусилля розтягу канату до моменту, поки зусилля у канаті не зростає. Після чого за допомогою мікроконтролера відбувається розрахунок тривалості розгону та гальмування до посадочної швидкості і руху по цій швидкості. S-подібний датчик знову вимірює зусилля розтягу канату та знову перевіряється чи зусилля в канаті зростає, якщо зусилля зростає, то продовжується вимірювання зусилля розтягу канату до того моменту, доки зусилля у канаті не перестане зменшуватись. Наступним кроком після зменшення зусилля у канаті є розрахунок мікроконтролером тривалості розгону та розгін механізму до номінальної швидкості і рух на цій швидкості до моменту гальмування та зупинки механізму підйому.

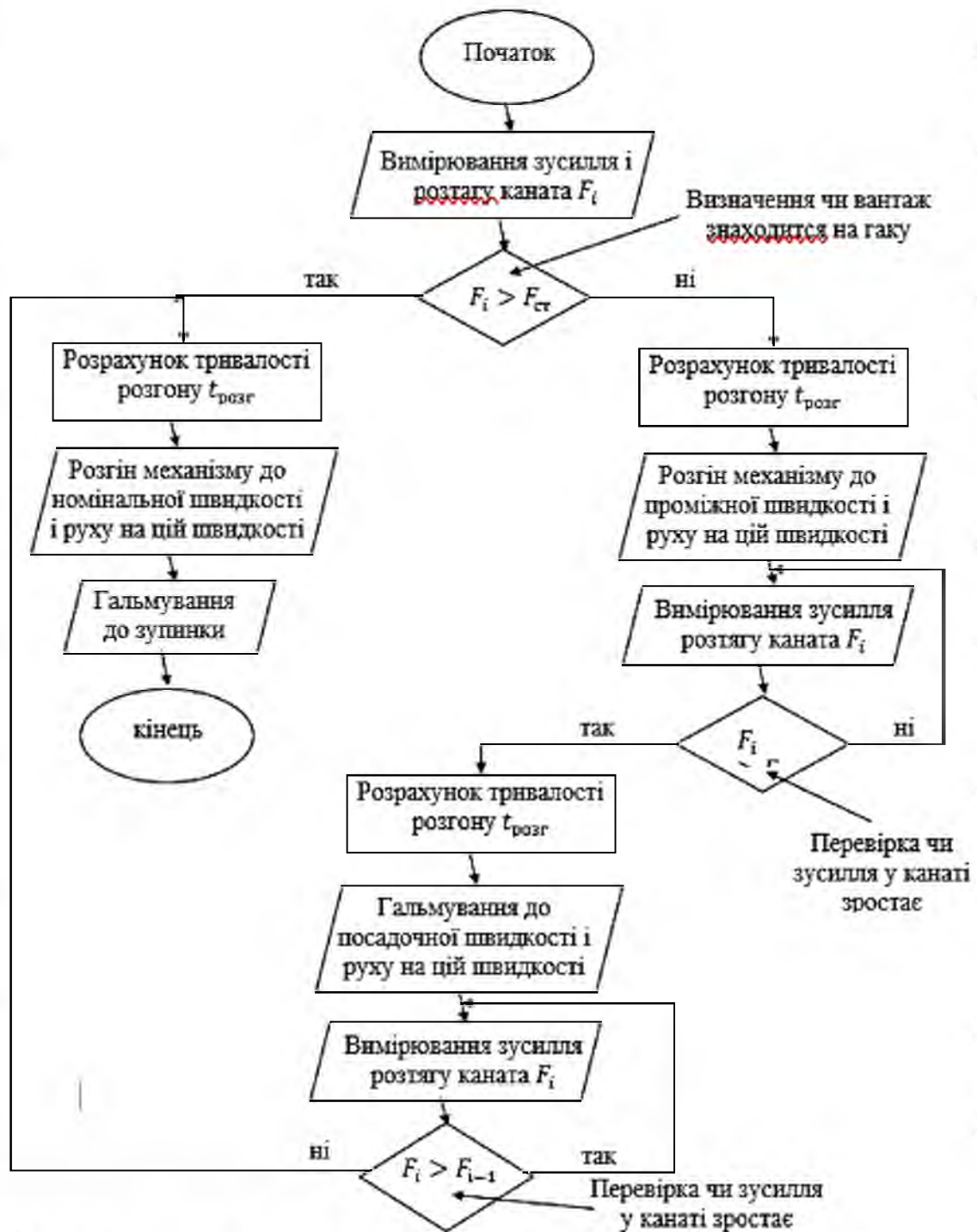


Рисунок 3.12 - Блок-схема алгоритму керування механізмом підйому вантажу при операції підйому вантажу

На рис. 3.13 зображено алгоритм керування механізмом підйому під час операції опускання вантажу. Після подання команди оператора за допомогою датчика S-подібного датчиком вимірюється зусилля і розтяг канату та

визначається чи вантаж знаходиться на гаку. Якщо вантажу немає, то мікроконтролер проводить розрахунок тривалості розгону до номінальної швидкості і руху на цій швидкості до моменту гальмування та зупинки. Якщо вантаж знаходиться на гаку, то мікроконтролером розраховується тривалість розгону та розгін механізму до номінальної швидкості і руху на цій швидкості.

Після вимірювання зусилля розтягу канату S-подібним датчиком визначається чи вантаж опускається на основу, якщо ні, то продовжується вимірювання зусилля розтягу канату S-подібним датчиком до моменту, доки вантаж не почне взаємодіяти з основою. Після чого мікроконтролером відбувається

розрахунок тривалості гальмування та гальмування до посадочної швидкості і руху на цій швидкості. Далі S-подібним датчиком вимірюється зусилля розтягу канату та визначається чи основа повністю прийняла вагу вантажу.

Якщо ні, то вимірювання зусилля розтягу канату продовжується до того моменту, доки основа повністю не прийме вагу вантажу. За умови, що вантаж повністю знаходиться на основі, мікроконтролером розраховується тривалість розгону та розгін механізму до проміжної швидкості і руху на цій швидкості до моменту гальмування та зупинки.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

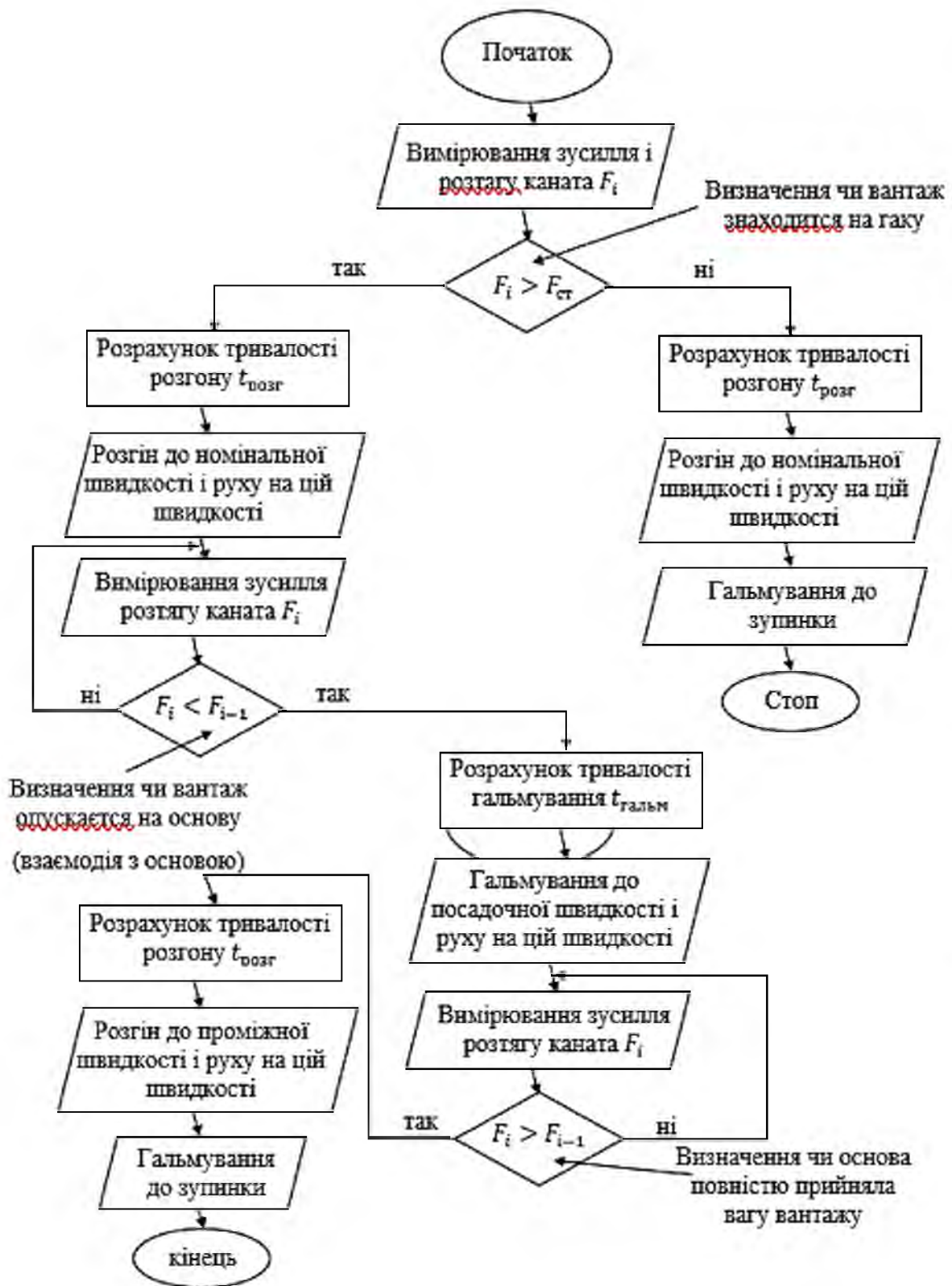


Рисунок 3.13 - Блок-схема алгоритму керування механізмом підйому

вантажу при операції опускання вантажу

3.3 Оцінка ефективності впровадження системи у виробництво

Сучасні тенденції розвитку промисловості характеризуються

створенням та використанням обладнання, яке дозволяє відпрацьовувати, з
максимальною точністю, в енергозберігаючих режимах та з можливістю
рекуперації енергії в мережу в тих випадках, де це можливо.

Частотний перетворювач забезпечив плавний пуск асинхронного
електродвигуна, регулювання в широкому діапазоні швидкості обертання і
моменту на його валу від нуля до номінального.

Перетворювач частоти, забезпечує найбільш точну підтримку
швидкості опускання, підймання, розгону чи гальмування вантажу.

Управління всіма процесами, що протікають в перетворювачі,
здійснюється за допомогою мікроконтролера. Який отримує дані з датчиків,

аналізує та розраховує швидкості та навантаження для оптимальної роботи
вантажопідйомного механізму. Що в свою чергу зменшує до мінімального
значення розхитування вантажу, забезпечує плавний рух вантажу на всіх
режимах роботи. Це в свою чергу зменшує навантаження на оператора та
обслуговуючий персонал зводячи людський фактор до мінімального значення.

Також це полегшує демонтаж/монтаж елементів техніки де потрібна висока
точність при стикуванні.

Використовуючи дане удосконалення, можна значно збільшити ресурс
вантажопідйомного механізму, збільшити міжремонтний інтервал а також
зменшити руйнування вантажу чи опори на яку він опускається.

ВИСНОВКИ

НУБІП України

Удосконалення механізму підйому вантажу дало можливість зменшити динамічні навантаження які найбільше впливають на ресурс механізму підйому вантажу, та на цілісність самого вантажу під час перехідних процесів.

НУБІП України

Зменшилося розгойдування вантажу на канаті, що в свою чергу дозволяє швидше і точніше опускати вантаж зменшивши ризик пошкодити його, та поверхню на яку він опускається.

1. Виконано аналіз науково-технічних робіт у даній галузі та визначено

НУБІП України

що найбільша кількість наукових публікацій за даними пошукових систем Scopus, Web of science, Google scholar сягає 1188 в 2022 році.

2. Було досліджено перехідні режими руху системи під час підймання

НУБІП України

та опускання вантажу за допомогою яких ми дізнались що

прискорення та гальмування вантажу з частотним керуванням буде

НУБІП України

плавним без надмірних динамічних навантажень на механізм підйому

та вантаж. Але при цьому час на підйом та опускання збільниться на

4 секунди в порівнянні зі стандартною схемою керування механізмом

підйому.

3. Було розроблено структуру та алгоритми роботи системи частотного

НУБІП України

керування механізмом підйому вантажу під час операцій підйому та

опускання.

4. Тож ефективність виконання операцій навантаження та

НУБІП України

розвантаження за рахунок оптимізації режимів руху

вантажопідйомного механізму збільшується, так само як і

збільшується міжремонтний інтервал та ресурс механізму підйому, а

ризик пошкодження вантажу зменшується.

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Григоров О.В., Губський С.О. Контроль напружено-деформованого стану кранових коліс, валів та осей. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 2014 рік, вип. 65-66, с. 139-142.
2. Григоров О.В., Окунь А.О. Кабельний кран нової конструкції. Вісник НТУ "ХПІ": збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Х.: НТУ "ХПІ". 2014 рік, вип. 7, с. 3-6.
3. Григоров О.В., Стёпочкина О.В. Інженерні та інформаційні аспекти рішення задач про переміщення кранів мостового типу в середовищі MS Excel. Вісник НТУ "ХПІ": збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Х.: НТУ "ХПІ". 2014 рік, вип. 7, с. 6-12.
4. Григоров О.В., Стрижак В.В., Зюбанова Д.М. Підвищення енергоефективності кранів шляхом застосування частотно-регульованого приводу. Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. 2014 рік, вип. 148(І), с. 33-37.
5. Григоров О.В., Стёпочкина О.В. Моделювання переміщення мостового крану з перекосом. Вісник НТУ "ХПІ": збірник наукових праць. Серія: Технології в машинобудуванні. Х.: НТУ "ХПІ". 2014 рік, вип. 42 (1085), с. 147-153.
6. Губський С.О. Дослідження напружено-деформованого стану металоконструкцій мостових кранів з різними конструкціями механізму пересування. Вісник НТУ "ХПІ": збірник наукових праць. Серія: Технології в машинобудуванні. Х.: НТУ "ХПІ", 2014 рік, вип. 42 (1085), с. 65-74.
7. Губський С.А. Автоматизація перевірочних міцностей розрахунків металоконструкцій мостових кранів. Машинобудування, 2014 рік, вип. 14, с. 5-9.
8. Григоров О.В., Стрижак В.В., Зюбанова Д.М. Оцінка зменшення витрат енергії при застосуванні частотно-регульованого приводу. Підйомно-транспортна техніка, 2014 рік, вип. 3, с. 4-14.

9. Григоров О.В., Стрижак В.В., Зюбанова Д.М., Стрижак М.Г., Цебренько М.В., Стєпочкина О.В. Стенд для дослідження регульованого об'ємного приводу механізму підйому Автомобільний транспорт. 2014 рік, вип. 35, с. 67-71.
10. Григоров О.В., Стєпочкина О.В. Моделювання руху кранів мостового типу в середовищі MS Excel Advanced Logistic Systems 2014 рік, вип. 8, с. 33-40.
11. Коваленко В.А., Берников Д.О., Моисєенко А.Ф. Шляхи підвищення надійності роботи механізму виміру вильоту порталних кранів Машинобудування. 2015 рік, вип. 15, с. 18-27.
12. Коваленко В.О., Павкін Р.А., Редька Є.С. Дослідження експлуатаційної надійної роботи системи "ходове колесо підкранова рейка" Машинобудування. 2015 рік, вип. 15, с. 28-38.
13. Коваленко В.О., Павкін Р.А., Редька Є.С., Коваленко Ж.І. Логістичний підхід до планування та організації будівельно-монтажних робіт в умовах щільної забудови мегаполісів Машинобудування. 2015 рік, вип. 16, с. 11-21.
14. Григоров О.В., Петренко Н.О., Губський С.О. Маргітно-коернтивний контроль кранів з товщинами елементів металокопструкцій понад 40 мм Підйомно-транспортна техніка. 2016 рік, вип. 1 (49), с. 4-11.
15. A. Okun, Y. Los The controllability function method U.P.B. Scientific Bulletin. Series D: Mechanical Engineering. 2016. Vol. 78. Issue 3. pp. 3-8.
16. G. Krytikov, M. Strizhak, V. Strizhak The synthesis of structure and parameters of energy efficient pneumatic actuator Eastern European Journal of Enterprise Technologies. Applied Mechanics. 2017. Vol. 1. No. 7 (85). pp. 38-44.
17. Григоров О.В., Окунь А.О. Удосконалення математичної моделі руху для задачі керування підйомно-транспортними машинами Автомобільний транспорт. 2017 рік, вип. 40, с. 120-124.
18. Фрейдлин В.Б. Исследование влияния неустановившихся режимов на эффективность работы портовых кранов: автореф. дисс. на еонек. степ. 177 канд. техн. наук. спец. 06.22.19 „Эксплуатация водного транспорта” / В.Б. Фрейдлин. — Д., 1974. — 26 с.

19. Дербенев Н.А. Динамическая модель совместной работы электромеханической системы механизма подъема и несущей металлоконструкции мостового крана / Н.А. Дербенев // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия „Машиностроение” – 2006. – №2 (31). – С. 109-114. 30.

20. Дербенев Н.А. Конечно-элементная модель электромеханической системы механизма подъема и несущей металлоконструкции мостового крана / Н.А. Дербенев // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия „Машиностроение” – 2007. – №2 (37). – С. 57-60

21. Пат. 44047 Україна, МПК В66С 1/28. Система управління електроприводом вантажопідйомного механізму крана / В.С. Зайцев, О.В. Харланов; власник Приазовський державний технічний університет. – № u200905307; заявл. 27.05.2009; опубл. 10.09.2009. Бюл. № 17.

22. Пат. 56643 Україна, МПК В66С13/22. Біротативний електропривід механізмів підйому крюкового крана та спосіб його експлуатації / О.С. Симоненко; заявник і власник О.С. Симоненко. – № 2002086537; заявл. 06.08.2002; опубл. 15.05.2003. Бюл. № 5.

23. Пат. 25150 Україна, МПК В66D 5/00. Гальмо вантажопідйомного механізму / С.І. Шевченко; власник Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. – № u200703427; заявл. 29.03.2007; опубл. 25.07.2007. Бюл. № 11.

24. Пат. 62308 Україна, МПК В66С 17/00. Механізм підйому мостового крана / Т.В. Шебанова, І.В. Шебанов; власники Т.В. Шебанова, І.В. Шебанов. – № 2003031873; заявл. 03.03.2003; опубл. 15.12.2003. Бюл. № 12.

25. Пат. 67732 Україна, МПК В66С 1/06. Механізм підйому вантажопідйомного крана для транспортування довгомірних вантажів / О.М. Щеглов, Р.В. Суглобов; власник Державний вищий навчальний заклад „Приазовський державний технічний університет” – № u201106991; заявл. 03.06.2011; опубл. 12.03.2012. Бюл. № 5.

26. Пат. 87867 Україна, МПК В66С 1/04. Механізм підйому ливарного крана / Г.М. Вовненко, І.А. Удовіченко, Т.Б. Вовненко, А.Ю. Сухоставець, М.С. Фісенко; заявник і власник ПАТ 165 „Новокраматорський машинобудівний завод” – № u 2013 09649; заявл. 02.08.2013; опубл. 25.02.2014. Бюл. № 4.

27. Пат. 28879 Україна, МПК В65С1/34. Гакова підвіска / Л.А. Хмара, А.Ф. Шевченко, М.П. Колісник, І.С. Соколов; заявники і власники Л.А. Хмара, А.Ф. Шевченко, М.П. Колісник, І.С. Соколов. – № 97105187; заявл. 24.10.1997; опубл. 6.10.2000. Бюл. № 5.

28. Пат. 15841 Україна, МПК В65В 5/10. Пристрій для піднімання та переміщення вантажів / А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко, С.А. Бут, В.А. Піддубний, В.Г. Резнік; заявник і власник Український державний університет харчових технологій. – № u200600910; заявл. 01.02.2006; опубл. 17.07.2006. Бюл. № 7.

29. Пат. 36148 Україна, МПК В65В5/10. Пристрій для піднімання вантажів / А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко, К.В. Васильківський, С.А. Бут, М.І. Юхно; заявник і власник Український державний університет харчових технологій. – № 99116094; заявл. 05.11.1999; опубл. 16.04.2001. Бюл. № 3.

30. Пат. 87007 Україна, МПК В66D 1/28, В66В 15/00. Механізм підймання вантажу та спосіб експлуатації цього механізму / В.Д. Ковальський, І.В. Ковальська; власники Ковальський В.Д., Ковальська І.В. – № a200706572; заявл. 12.06.2007; опубл. 10.06.2009. Бюл. № 11.

31. Пат. 53791 Україна, МПК В66С 23/16. Механізм підйому баштового крана / В.С. Ловейкін, Г.В. Шумілов; заявник і власник Київський національний університет будівництва і архітектури. – № u200913087; заявл. 16.12.2009; опубл. 25.10.2010. Бюл. № 20.

32. Ловейкін В.С. Дослідження коливань у механізмах з асинхронним електроприводом / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – №4(72). –2013. – С. 207-214. 166

33. Ромасевич Ю.О. Анализ и разработка способов учета ограниченной на функцию управления движением грузоподъемных кранов // Motrol. –Vol 16, № 3. – 2014. – С. 123-129.

34. Ключев В.И. Ограничение динамических нагрузок электропривода / В.И. Ключев. – М.: Энергия, 1971. – 320 с.

35. Ловейкін В.С. Класифікація критеріїв оптимізації режимів руху вантажопідійомних машин / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. – 2012. – Вип. 124. – Том 2. – С. 292-302.

36. Ловейкін В.С. Аналіз та синтез режимів руху механізмів вантажопідійомних машин / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич. – К.: ЦП „КОМПРИНТ”, 2012. – 298

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП **ДОДАТКИ** України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Окремі елементи системи
1) частотний перетворювач;

НУБІП України



НУБІП України

Мал. 1. Частотний перетворювач FR-D 0.75кВт 1-ф/220 (FR-D720S-042SC-EC)

Характеристики.

Бренд	Mitsubishi Electric
Серія	FR-D
sku	FR-D720S-042SC-EC

Потужність	0.75 кВт
Число фаз/напруги на вході	1-ф/220 (однофазне 220в) В
Число фаз/напруги на виході	3-ф/220 В

K_{max} (1 min) %	150
Струм номінальний	4.20 А
Струм протягом 1 хвилини	6.3 А

Максимальна вихідна частота	120 Гц
Степінь захисту по IP	20

ЕМС фільтр
Гальмізний модуль
Вбудований ПЛК

Опція

НУБІП України

Вбудований регулятор
Скалярний режим управління
Векторний режим управління без енкодера

ПД

НУБІП України

Лінійний закон управління U/f
Квадратичний закон управління U/f²
Панель програмування в комплекті з ПЧ

+

Незмінна

НУБІП України

Программатор

FR-PU07

Максимальне число фіксованих швидкостей

15

Число/тип аналогових входів

2 (1: 0-5(10)V або 0(4)-
20mA, 1:

НУБІП України

Число дискретних входів

5

Число/тип аналогових виходів

1: 0-10V

Число дискретних(транзисторних) виходів

1

НУБІП України

Число релейних виходів

1

Вбудований потенціометр (або номінал опору)

Інтерфейс RS-485/Modbus

НУБІП України

Використання

3

НУБІП України

2) кнопки ПУСК і СТОП;



Мал. 2. Кнопки ПУСК і СТОП E.NEXT p0810107

Основні характеристики E.NEXT p0810107

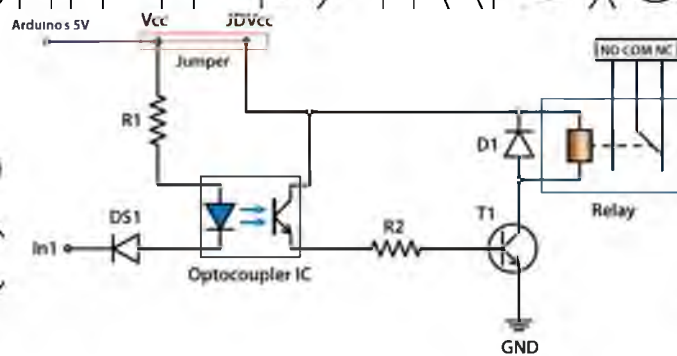
Вага	55 г
Напруга	220 В
Ступінь захисту (IP)	40
Тип струму	AC/DC
Тип контактів	1NO
Номинальний струм	10/6 А
Спосіб активації	натискний
Тип монтажу	вбудований
Фіксація	немає
Форма кнопки	кругла
Частота	60 Гц

3) електромагнітне реле,





Мал. 3. Модуль реле 5В 10А з опторозв'язкою (low level)



Мал. 4. Схе́ма модуль реле 5В 10А з опторозв'язкою (low level)

Характеристики:

- Максимальний струм комутації реле 10А при напрузі 250 В
- Є світлодіод що сигналізує про поточний стан контактів реле
- Розміри: 6.5 x 1.8 см

Модуль 1-канального реле 5 В, вимагає 15-20 мА для спрацьовування, тобто може управлятися безпосередньо з виводів мікроконтролера Arduino або подібних. Вмикається логічним нулем, вимикається логічною одиницею.

4) S-подібний датчик зусилля розтягу канату;

НУБІП України



Мал.5. S-подібний тензодатчик Zemic B3G-C3-500kg-6B

Характеристики:

- Робоче навантаження: 500 кг.
- Клас точності: C3.
- Загальна помилка: $\leq \pm 0.020\%FS$.
- Повзучість: $\leq \pm 0.016\%FS/30\text{min}$.
- Вхідний опір: $430 \pm 60\ \Omega$.
- Вихідний опір: $351 \pm 2\ \Omega$.
- Опір ізоляції: $\geq 5000(50\text{VDC})\ \text{M}\Omega$.
- Баланс нуля: $\pm 0\%FS$.
- Температурне відхилення нуля: $\leq \pm 0.015\%FS/10^\circ\text{C}$.
- Температурне відхилення чутливості: $\leq \pm 0.011\%FS/10^\circ\text{C}$.
- Діапазон термокомпенсації: $-10^\circ\text{C} \text{ — } +40^\circ\text{C}$.
- Робочий діапазон температур: $-35^\circ\text{C} \text{ — } +65^\circ\text{C}$.
- Діапазон напруги живлення: 5 - 12(DC) V.
- Максимально допустима напруга живлення: 18(DC) V.

НУБІП України

- Гранична навантаження: 150 %FS.
- Рухливе навантаження: 300 %FS.
- Клас захисту по EN 60 529: IP67.

5) операційний підсилювач;

НУБІП України



НУБІП України

Мал.6. Модуль підсилювача LM358

Характеристики:

НУБІП України

Напруга живлення

5 - 12 В

Максимальний коефіцієнт зусилля

100

НУБІП України

Максимальний вихідний струм

40 мА

Діапазон робочих температур

0°C..+70°C

НУБІП України

Розміри плати

32.7 x 13.3 мм

НУБІП України

6) мікроконтролер:



Мал.7. Контроллер Arduino Uno Rev3

Характеристики:

- Країна походження - Італія
- Мікроконтролер - ATmega328P
- Частота - 16 МГц
- Флеш пам"ять - 32Кб
- EEPROM пам"ять - 1Кб
- Цифрові входи/виходи - 14 (6 з них можуть працювати в режимі ШІМ)
- Аналогові входи - 6
- Напруга живлення - 7-12 В
- Розмір - 68 x 53 x 15 мм
- Вага - 25 г

7) блок живлення.

НУБІП України

НУБІП України

НУБ

аїни

НУБ

аїни



Мал.8. Блок живлення імпульсний Prolum 12В 60Вт 5А IP20

НУБІП Україна

Характеристики

- Тип джерела живлення: Імпульсний
- Тип охолодження: Пасивне
- Виробник: PROLUM
- Клас якості: Standart
- Потужність: 60 Вт
- Вхідна напруга: 220В
- Вихідна напруга: 12В
- Ступінь захисту: IP20 (Негерметичний)
- Вихідний струм: 5А
- Матеріал корпусу: Метал
- Робоча температура: -25 до + 70 ° С
- Захист від короткого замикання, захист від перевантаження
- Розміри ДхШхВ: 110x77x35 мм

НУБІП Україна

Інструкція з експлуатації Електротельфера Forte FPA 250, 500, 800, 1000



Основні заходи безпеки.

Увага! Перед роботою з цим електроінструментом уважно прочитайте основні заходи безпеки, перераховані внизу.

Одяг

1. Одяг не повинен бути занадто вільним, при роботі з лебідкою не рекомендується надягати ювелірні прикраси. Довгі поли одягу і нерівні краї можуть потрапити (зачепитися) у рушійні частини механізму лебідки та тросу.
2. Працюйте з лебідкою тільки в шкіряних рукавцях. Не можна працювати з лебідкою голими руками і в матер'дерев'яних (тканинних) або плетених одноразових рукавицях.
3. Бажано мати не слизьке взуття.
4. При роботі з лебідкою необхідно взяти заходів для виключення попадання довгого волосся під трос (покрийте голову головним убором).

Запобіжні заходи при роботі з лебідкою

1. У тієї години як тягнеться вантаж, трос може намотуватися нерівномірно.

По закінченні роботи розмотайте трос і змотайте заново виток до витка, ряд за рядом і без просвітів.

2. Ніколи не зачіпляє дак троса на сам трос у зворотний бік «на зашморг». Це може пошкодити трос і місце обв'язки гака.

3. Спостерігайте за роботою лебідки на безпечній відстані. Слідкуйте за правильністю укладення троса без петель і пересічень. Поперемінно зупиняйте

лебідку, для того щоб

переконатися у відсутності защемлень троса між витками попереднього ряду.

Це може привести до поломки лебідки.

4. Виключіть намотування троса тільки на бічні сторони барабана лебідки. Це

може стати причиною поломки боковин барабана або його направляючої.

5. Ніколи не чіпляйте дак троса за деталі самої лебідки. Використовуйте для таких цілей спеціальний отвір на корпусі (мал.3).

6. Для збільшення тягового зусилля лебідки майже вдвічі необхідне використання одношківного блоку (рис. 3). При цьому навантаження на самій

лебідці залишиться

колишнім, а швидкість руху троса зменшиться вдвічі. Важливо при цьому

способі роботи з лебідкою використовувати тільки оригінальні блоки - це ваша

безпека!

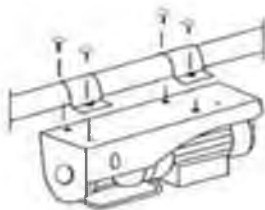


Рис.1



Рис. 2



рис. 3

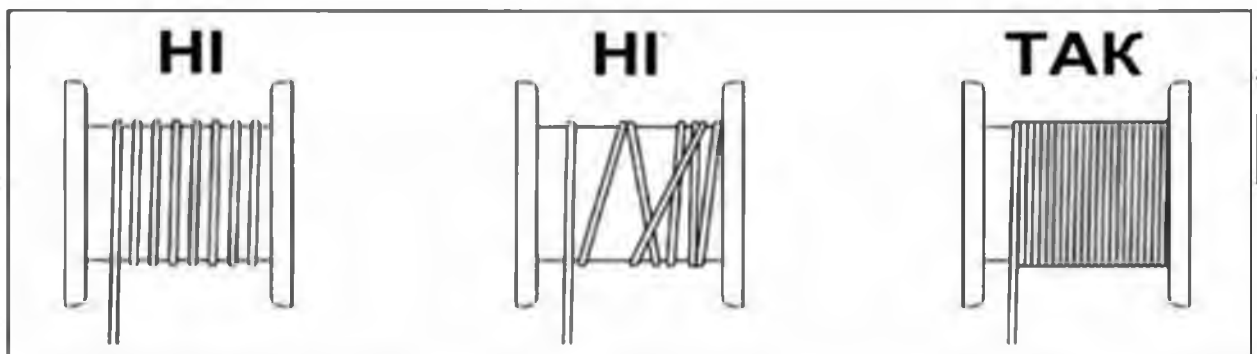
7. При розмотуванні кабелю з барабана стежте за тим, щоб хоча б п'ять витків

троса залишалося на барабані. Трос є дуже пружним і при вискакуванні з барабана може сильно розпрямитися і нанести пошкодження.

8. Так як максимальна тягова сила лебідки досягається при найменшій кількості троса на барабані, для переміщення важких вантажів бажано розмотати трос на максимально можливу довжину (не забувайте про п'ять витків на барабані). Якщо це неможливо, то необхідно використовувати систему блоку.

9. При переміщенні дуже важких предметів, як із застосуванням блоків, так і без них, для виключення можливих травм після обриву троса, необхідно накинути на натягнутий трос що не будь важке: тент, складену в кілька разів стропу, робочу куртку і т. п.

10. Для виключення сплутування троса постійно стежте за роботою лебідки, не залишайте її без уваги.



11. Трос лебідки:

- Переконайтеся що трос лебідки в робочому стані і закріплений правильно;
- Не використовуйте лебідку, якщо трос потертий або на ньому явні сліди корозії;

- Залишайте на катушці, щонайменше 5 витків, для того, щоб трос не було перевантажень.

- Для уникнення небезпеки не намотуйте більше 15 метрів тросу на катушку.

- У разі, якщо сталевий трос порветься, замініть його на такий самий, рекомендованих в інструкції виробника. Трос легко знайти у магазинах сервісних служб виробника.

- Не міняйте наявний трос на трос з меншою навантажувальною характеристикою;

- Заміну троса проводите в спеціалізованих сервісах або у дилера;

- Не намагайтеся перевищити тягові можливості лебідки. Не перевищуйте при підйомі зазначену на корпус максимальну вагу вантажу;

- Правильно розмотуйте трос, при різких натягах троса виникають ударні навантаження на лебідки. Це небезпечно для лебідки.

12. При виборі і установці необхідно вірно визначити модель лебідки і поставлені перед нею завдання. Під кожен вид робіт існують певні лебідки.

13. Лебідки не призначені для роботи під постійною тяговою навантаженням - розтяжки з розхлопом, фіксоване кріплення на похилих і стрімких площинах.

14. Живлення

- Перед початком роботи переконайтеся, що вимикачі справні.

- Ваші розетки повинні мати відповідні рекомендації по безпеці. Якщо ваші розетки не підходять, вони повинні бути перевірені підготовленим фахівцем.

- Ваші розетки повинні бути обов'язково заземлені та ваша електромережа повинна мати пакетний вимикач-автомат.

- При роботі з пультом управління лебідки - не допускати часткового (не повного) натискання кнопок, це може призвести до перегріву контактора і виходу пульта з ладу! Дана несправність легко діагностується і гарантія на пульт управління не поширюється!

- Не смикайте за електричний шнур при вимиканні з мережі.

- Якщо підйомник не може підняти вантаж, не тисніть на кнопку-це означає, що машина перевантажена.

- Не можна розбирати підйомник, коли він працює або включень в мережу.

Увага! Електромотор підйомника не забезпечений захисною системою від перевантажень напруги (для уникнення несподіваних і небажаних перезапусків), якщо ви не зможете підняти вантаж, не намагайтеся зробити це в будь-якому випадку, дайте двигуну охолонути.

15. Не можна працювати з підйомником в шторм і дощ.

16. Не стійте під вантажем.

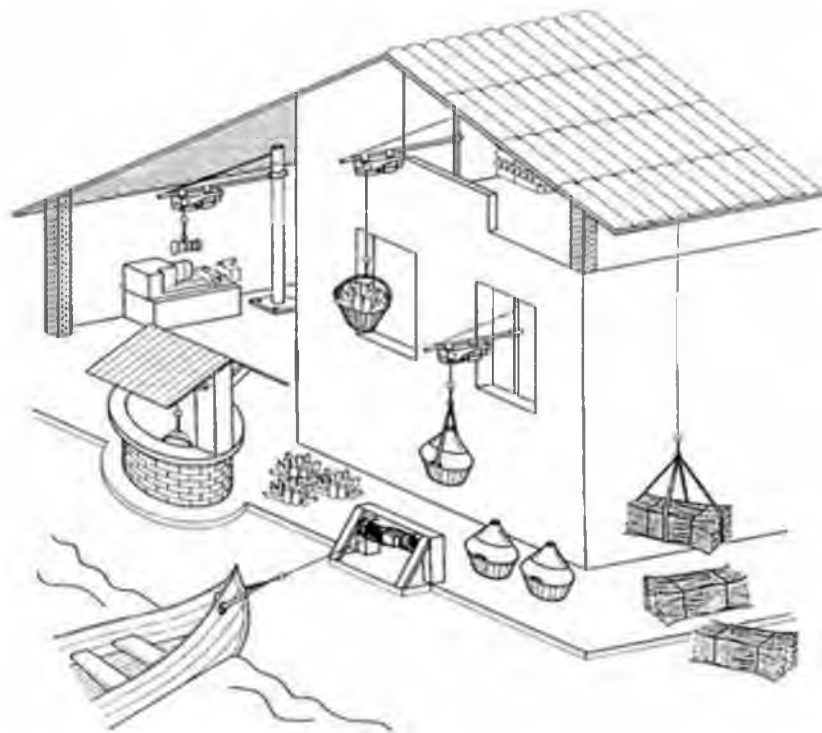
17. У разі, якщо вантаж опускається і ви зупиняєте підйомник, а вантаж ще кілька сантиметрів спускається вниз, не хвилюйтеся, це нормально через інерцію.

18. Даний підйомник повинен бути захищений від морозу і низької температури.

19. Якщо підйомник залишений без нагляду в робочому стані, не дозволяйте дітям наближатися до нього.

20. Довга і безпечна робота лебідки багато в чому залежить від дотримання правил експлуатації і своєчасного технічного обслуговування.

21. Експлуатація лебідок гальмами що не працюють ЗАБОРОНЕНА!



Змотування троса

1. Перед змотуванням троса необхідно надіти на руки шкіряні рукавички.

2. Для правильного укладання троса на барабан, трос повинен бути злегка навантажений (натягнутий).

3. При змотуванні троса вам необхідно однією рукою утримувати його, а

іншою рукою працювати з дистанційним пультом. При змотуванні троса на лебідку вся ваша увага має бути зосереджена тільки на цій роботі.

4. При утриманні (натягненні) троса рукою не допускайте, щоб трос «різав» руку вище долоні.

5. Не використовуйте трос як опору при змотуванні, не чиніть опір роботі лебідки при змотуванні троса, не підходьте ближче одного метра до працюючої на змотування лебідки, не торкайтеся обертовим вузлом працюючої лебідки. Це вкрай небезпечно для вашого життя!

6. При змотуванні витки троса необхідно укладати на барабан один до одного, без зазорів. Якщо витки перетнулися, лебідку необхідно відключити, розблокувати гальмо і змотати (витягнути) вручну трос з барабана до виниклого перетину. Потім операцію змотування повторити.

7. Операцію змотування кабелю необхідно проводити обережно. Коли залишок троса дорівнює 1 м уповільніться до моменту спрацювання автоматичного гальма. Відключіть дистанційний пульт.

УВАГА!

Будь-яке відхилення від цих правил може призвести до нещасного випадку!

Установка

Стандартна модель підйомника забезпечена спеціально сконструйованою консоллю, яка дозволяє його кріпити за труби.

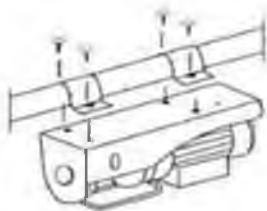


Рис.1



Рис. 2

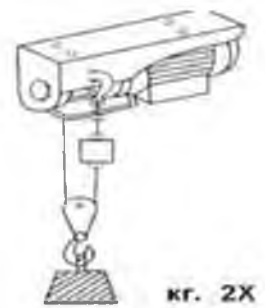
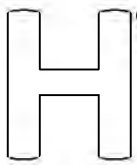
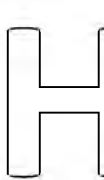


рис. 3

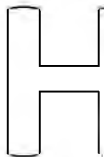
- Перевірте припустимий струм розеток.
- Струм повинен відповідати зазначеному.



- У цьому випадку вставте вилку в розетку.
- Якщо необхідний подовжувач, то суворо дотримуйтесь нормам, зазначеним у таблиці.

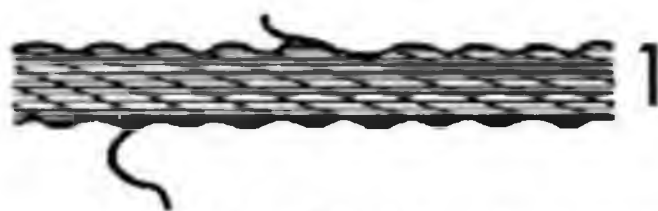
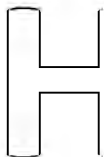


Довжина подовжувача	Перетин кабелю
До 20м	1,5 мм
Від 20 до 50 м	2.5 мм

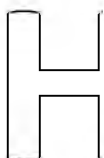
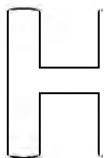


Обслуговування

- Періодично перевіряйте стан сталевого троса.
- Перевіряйте з'єднання еднання, кронштейни і пульт управління.
- Перевіряйте стан і надійність болтів, закріплюють затискачі троса.
- Періодично перевіряйте вимикач двигуна. Кнопка повинна бути в робочому стані.



1-2- Замінити



НУ ШИ П У КРАШНИ

Догляд за тросом

1. Ніколи не розмотуйте трос з барабана ривками і повністю.
2. Зберігайте трос в прохолодному місці, уникайте попадання сторонніх предметів, а також масла, бруду, металевих і гострих промов на барабан при намотуванні троса, стежте за відсутністю розплітання і петель на тросі - це знизить термін служби троса, зменшить його механічну міцність і підвищить небезпеку роботи з лебідкою.
3. Бережіть трос від корозії. Не працюйте з тросом, якщо явно видно корозія в плетінні.

Технічні характеристики

Технічні характеристики	FPA250		FPA500		FPA800		FPA1000	
	Рис.2	Рис. 3	Рис.2	Рис. 3	Рис.2	Рис. 3	Рис.2	Рис. 3
Вантажопідйомність, кг	125	250	250	500	400	800	500	1000
Висота підйому, м	12	6	12	6	12	6	12	6
Швидкість підйому, м / хв	10	5	10	5	8	4	8	4
Довжина кабелю пульта, м	2							
Діаметр троса, мм	3		4,2		5,1		5,6	
Довжина троса, м	12							
Обслуговування	S3 20% - 10хв							
Напруга, В	230							
Потужність двигуна, Вт	540		1020		1300		1600	

НУБІП України

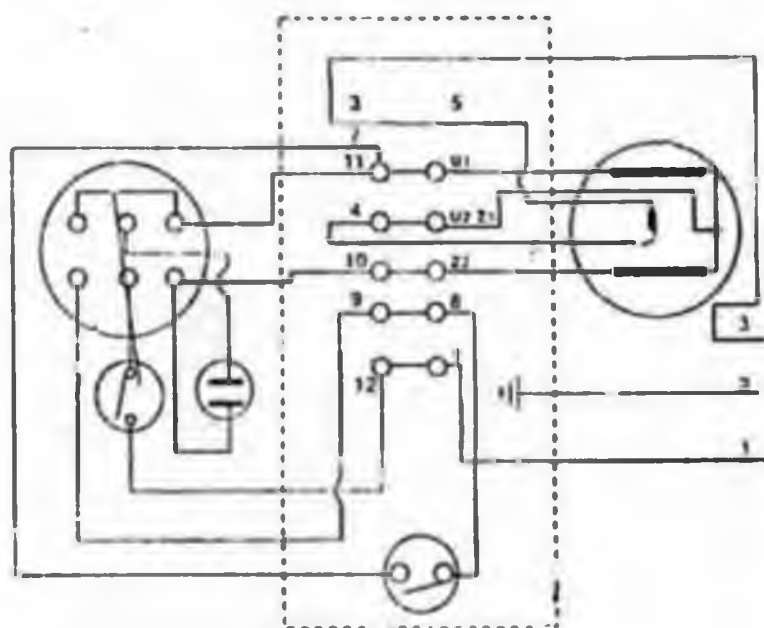
НУБІП України

НУБІП України

Н

Н

Н



НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

№	Опис	№	Опис
1	Болт	35	Безпечний вимикач
2	Пружинна шайба	36	Контакт роз'єднувача
3	Плоска шайба	37	Шпилька
4	Фіксатор	38	Пружина
5	Тримач	39	Кабель
6	Тримач тросової котушки	40	Штепсель
7	Пластина	41	Тримач
8	Пластина	42	Конденсатор
9	Кільце еластичне	43	Ручка вимикача нижньої кришки
10	Підшипник	44	Ручка вимикача верхньої кришки
11	Болт	45	Кнопка підйому і опускання
12	Корпус шестерні	46	Вилка
13	Пружинна шайба	47	Заклепка
14	Плоска шайба	48	Шайба гака
15	Колесо шестерні	49	Болт
16	Подушка	50	Болт
17	Передня кришка	51	Вісь колеса
18	Підшипник	52	Шплінт
19	Статор	53	Шків
20	Полиця статора	54	Болт гака
21	Ротор	55	Колесо шестерінки
22	Відключаючі пружина	56	Пластина
23	Деталь гальма	57	Втулка
24	Кришка	58	Підшипник
25	Пелюстка вентилятора	59	Болт
26	Кришка вентилятора	60	Рамка
27	Пружинна шайба	61	Крюк
28	Плоска шайба	62	Вузол троса
29	Болт	63	Сталевий трос
30	Сполучна коробка	64	Блок
31	Клема	65	Алюмінієва трубка
32	Кришка	66	Крило котушки
33	Кріплення	67	Тросова котушка
34	Тримач	68	Втулка

НУБІП України

НУБІП України

НУБІЛ УКРАЇНИ

НУБІЛ УКРАЇНИ

НУБІЛ УКРАЇНИ

НУБІЛ УКРАЇНИ

