

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій

Кафедра прикладної механіки та машин

Пояснювальна записка

дипломного магістерського проекту

на тему «Розроблення та дослідження роботехнічних пристроїв для
транспортування виробів легкої промисловості»

Виконала: студентка групи МгПМ-20
спеціальності 131 Прикладна механіка
освітньої програми Мехатроніка та
робототехніка

Тетяна СОРОКІНА

Керівник к.т.н., доц. Микола РУБАНКА

Рецензент к.т.н., доц. Юрій КОВАЛЬОВ

Київ 2021

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій

Кафедра прикладної механіки та машин

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Освітня програма Мехатроніка та робототехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри прикладної механіки

та машин

 Олександр МАНОЙЛЕНКО

“ ” 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ МАГІСТЕРСЬКИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТНУ

Сорокіній Тетяні Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Розроблення та дослідження роботехнічних пристроїв для транспортування виробів легкої промисловості.

Науковий керівник роботи Рубанка Микола Миколайович, к.т.н., доц.,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти «04» 10 2021 року № 286

2. Строк подання студентом проєкту: грудень 2021 року

3. Вихідні дані до проєкту: Технічні характеристики і типові схеми кранів-штабелерів для транспортування виробів легкої промисловості.

4. Зміст дипломного проєкту (перелік питань, які потрібно розробити):
Вступ. Розділ 1. Аналітичний огляд за темою досліджень. Розділ 2. Розробка заходів для підвищення ефективності виконання складських процесів. Розділ 3. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції крана-штабелера. Загальні висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік графічно-наочного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Схема керування крана-штабелера стележного типу. Схема електрична принципова, Кран-штабелер. Кресленик виду загального, Вантажопідійомник. Кресленик складальний, Візок. Кресленик складальний, Оголовок. Кресленик складальний, Деталювання складального кресленика.

6. Консультанти розділів дипломного магістерського проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Вступ	Микола РУБАНКА, к.т.н., доц		
Розділ 1	Микола РУБАНКА, к.т.н., доц		
Розділ 2	Микола РУБАНКА, к.т.н., доц		
Розділ 3	Микола РУБАНКА, к.т.н., доц		
Висновки	Микола РУБАНКА, к.т.н., доц		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного магістерського проекту	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	15.09.2021	
2	Розділ 1. Аналітичний огляд за темою досліджень	10.10.2021	
3	Розділ 2. Розробка заходів для підвищення ефективності виконання складських процесів	20.10.2021	
4	Розділ 3. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції крана-штабелера	25.11.2021	
5	Висновки	27.11.2021	
6	Оформлення дипломного магістерського проекту (чистовий варіант)	2.12.2021	
7	Здача дипломного магістерського проекту на кафедру для рецензування (за 14 днів до захисту)	2.12.2021	
8	Перевірка дипломного магістерського проекту на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)	7.12.2021	4% - 10%
9	Подання дипломного магістерського проекту на затвердження завідувачу кафедри (з 7 днів до захисту)	10.12.2021	

Студент

(Підпис)

Тетяна СОРОКІНА

Науковий керівник роботи

(Підпис)

Микола РУБАНКА

Директор НМЦУПФ

(Підпис)

Олена ГРИГОРЕВСЬКА

АНОТАЦІЯ

Сорокіна Т.О. Розроблення та дослідження роботехнічних пристроїв для транспортування виробів легкої промисловості. – Рукопис.

Дипломний магістерський проєкт за спеціальністю 131 Прикладна механіка, освітня програма "Мехатроніка та робототехніка" – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2021 рік.

Дипломний магістерський проєкт присвячено дослідженню обладнання, що використовується в логістичних системах складського господарства підприємств легкої промисловості; аналізу сучасних рішень у сфері складської логістики підприємств галузі; вибору напрямків удосконалення існуючих конструкцій кранів-штабелерів стелажного типу для транспортування виробів легкої промисловості.

Проведено перевірочні розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції удосконаленого крана-штабелера для транспортування виробів легкої промисловості.

Ключові слова: логістична система, кран-штабелер, вироби легкої промисловості, розрахунок, конструкція.

SUMMARY

Sorokina T.A. Development and research of robotic devices for transportation of light industry products. – Manuscript.

Master's thesis project in the specialty 131 Applied Mechanics, educational program "Mechatronics and Robotics" – Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2021.

The master's thesis project is devoted to the study of equipment used in logistics systems of warehousing of light industry enterprises; analysis of modern solutions in the field of warehousing logistics of the industry; selection of directions for improvement of existing designs of rack-type stacker cranes for transportation of light industry products.

Verification calculations were performed, confirming the efficiency and reliability of the design of the advanced stacker crane for transportation of light industry products.

Keywords: logistics system, crane-stacker, light industry products, calculation, design.

АННОТАЦИЯ

Сорокина Т.А. Разработка и исследование роботехнических устройств для транспортировки легкой промышленности. – Рукопись.

Дипломный магистерский проект по специальности 131 Прикладная механика, образовательная программа "Мехатроника и робототехника" – Киевский национальный университет технологий и дизайна, Киев, 2021 год.

Дипломный магистерский проект посвящен исследованию оборудования, используемого в логистических системах складского хозяйства предприятий легкой промышленности; анализа современных решений в сфере складской логистики предприятий отрасли; выбора направлений усовершенствования существующих конструкций кранов-штабелеров стеллажного типа для транспортировки изделий легкой промышленности.

Произведены проверочные расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции усовершенствованного крана-штабелера для транспортировки изделий легкой промышленности.

Ключевые слова: логистическая система, кран-штабелер, изделия лёгкой промышленности, расчет, конструкция.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ	10
1.1. Вибір вантажопідйомного обладнання з доступної номенклатури техніки ..	10
1.2. Аналіз конструкцій кранів-штабелерів	19
1.3. Механізація складських операцій на підприємствах легкої промисловості.	32
Висновки до розділу 1	35
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ СКЛАДСЬКИХ ПРОЦЕСІВ	36
2.1. Комплексні системи управління складськими та логістичними процесами..	36
2.2 Основні методи розрахунку економічної ефективності та систем керування складами	40
2.3. Особливості використання лінійних асинхронних двигунів.....	41
Висновки до розділу 2	49
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ КРАНА-ШТАБЕЛERA	50
3.1 Попередні розрахунки крана-штабелера	50
3.2 Розрахунок механізму переміщення візка	55
3.3. Розрахунок механізму підйому.....	58
3.4. Розрахунок механізму переміщення вил.	62
3.5. Розрахунок гідравлічного буфера.....	67
Висновки до розділу 3	71
Загальні висновки.....	72
Список використаних джерел	73
Додаток А.....	79
Додаток Б.....	81
Додаток В	83

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогоднішній день автоматизація є одним із перспективних шляхів розвитку більшості галузей матеріального виробництва, в тому числі і підприємств легкої промисловості (взуттєвої, швейної, трикотажної тощо). До основних завдань, що потребують вирішення на шляху автоматизації технологічних процесів виробництв підприємств галузі можна віднести автоматизацію транспортно-складських операцій. В першу чергу, мова йде про повну або часткову автоматизацію процесів завантаження-розвантаження складів сировини та готової продукції, проміжних накопичувальних пунктів виробничих цехів тощо. Зазвичай це призводить до підвищення продуктивності праці, зниження енерговитрат підприємства, збільшення терміну експлуатації виробничого обладнання тощо.

Для оптимізації складського господарства підприємств легкої промисловості й надалі використовуються логістичні системи оснащені кранами-штабелерами мостового та стелажного типів.

Стелажні автоматичні крани-штабелери застосовують для обслуговування складів при великих вантажопотоках і незначних запасах зберігання, а мостові крани-штабелери - при великих запасах зберігання, порівняно невеликих вантажопотоки і великих розмірах самих заготовок і готових виробів. В даний час наявні автоматичні крани-штабелери модернізуються: на них встановлюються сучасні приводи і системи керування.

Мета досліджень. Метою досліджень є аналіз обладнання, що використовується в логістичних системах складського господарства підприємств легкої промисловості; вибір напрямків удосконалення існуючих конструкцій кранів-штабелерів стелажного типу для транспортування виробів легкої промисловості.

Завдання дослідження. Відповідно до поставленої мети визначені наступні основні задачі дослідження:

- вибір вантажопідйомного обладнання з доступної номенклатури складської техніки;

- аналіз конструкцій кранів-штабелерів та вибір напрямку їх удосконалення;

- перевірка працездатності та надійності конструкції удосконаленого крана-штабелера для транспортування виробів легкої промисловості.

Об'єкт досліджень: процес завантаження-розвантаження складів сировини та готової продукції підприємств легкої промисловості.

Предмет дослідження: кран-штабелер стелажного типу для транспортування виробів легкої промисловості.

Методи дослідження. Методологічною і теоретичною основою дослідження служать сучасні методи теорії проектування технологічних потоків підприємств легкої промисловості, основні положення теоретичної механіки, опору матеріалів і деталей машин, а також сучасні тенденції та рішення в сфері зберігання та транспортування виробів легкої промисловості.

Наукова новизна одержаних результатів. Розвиток наукових основ проектування логістичних систем транспортування складського господарства підприємств легкої промисловості

Практичне значення одержаних результатів. Результати досліджень можуть бути використані для удосконалення діючого обладнання складського обладнання підприємств легкої промисловості.

Апробація результатів дослідження. Результати дипломного магістерського проекту доповідались на:

- науковому семінарі кафедри Прикладної механіки та машин КНУТД (м. Київ, 2021 р.);

- V Міжнародній науково-практичній конференції «Мехатронні системи: інновації та інжиніринг» (м. Київ, 2021 р.);

- IX Українсько-Польських наукових діалогів = IX Ukrainian-Polish Scientific Dialogues : conference proceeding International Scientific Conference (м. Хмельницький-Кам'янець-Подільський, 2021 р.).

Публікації. Основний зміст і результати дипломного магістерського проєкту опубліковані в наступних роботах:

- Ковальов Ю.А. Механізація складських операцій на підприємствах легкої промисловості / Ю.А. Ковальов, М.М. Рубанка, Т.О. Сорокіна // Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 4 листопада 2021 року. – Київ : КНУТД, 2021. - С. 94-95 (Додаток А);

- Сорокіна Т. О. Комплексні системи управління складськими та логістичними процесами / Т. О. Сорокіна, Ю. А. Ковальов, М. М. Рубанка // IX Українсько-Польські наукові діалоги = IX Ukrainian-Polish Scientific Dialogues : conference proceeding International Scientific Conference, Khmelnytskyi - Kamianets-Podilskyi, 20-23 October 2021. – Khmelnytskyi : Khmelnytskyi National University, 2021. – Р. 89-90 (Додаток Б).

Структура проєкту. Даний дипломний магістерський проєкт складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 51 найменування на 5 сторінках і додатків. Основний текст викладено на 77 сторінках. Повний обсяг дипломного магістерського проєкту 88 сторінок.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Вибір вантажопідйомного обладнання з доступної номенклатури техніки

Стелажні крани-штабелери представляють собою велику групу кранів, які можуть встановлювати вантажі одним стележем, розташованим вздовж кранових колій або в два стелажа, розташовані по обидва боки кранових шляхів. Стелажною називається вантажопідйомна одиниця з вертикальною колоною, яка переміщається між проходів стелажів.

Стелажний кран є найбільш ефективнішим складським обладнанням та інтерес, виявлений з боку споживачів та постачальників, визначив інтенсивний розвиток виготовлення цих кранів.

Крани-штабелери являють собою колону або раму, що переміщується по підвісному шляху, закріпленому на стелажі. На колоні вертикально переміщається вантажопідйомник. У нижній частині колони встановлені ролики, що рухаються напрямними рейками та утримують вантажопідйомну одиницю в вертикальному положенні. На двох приводних каретках зафіксована рама. В кожній каретці міститься два електродвигуни з потужністю 0,18 і 0,8 кВт, що обладнані диференціальним редуктором, електромагнітними гальмами і двома парами ходових коліс, причому одна з них - привідна.

Привідна каретка повідомляє кран про швидкість 60 м/хв при умові одночасної роботи двох електродвигунів і про швидкість 10 м/хв під час роботи одного (малого) електродвигуна. На верхній балці рами встановлений привід механізму підйому, що складається з електроталі, обладнаної двошвидкісним електродвигуном потужністю 5,0 кВт.

Вантажопідйомник переміщується по напрямних рейках за допомогою чотирьох пар роликів уздовж рами крана-штабелера, що охоплює ці рейки. Зверху на поперечній балці вантажопідйомника встановлений підпружинений

канатний блок, з'єднаний тягами з клиновими уловлювачами, які охоплюють напрямні рейки. При обриві несучого каната або поломці механізму підйому відбувається заклинювання уловлювачів і посадка вантажопідйомника на колону крана.

Як один із напрямів у подальшому розвитку конструкції стелажних кранів-штабелерів можна розглядати появу вантажопідйомних одиниць, що спираються на рейки, укладені в стелажі.

На верхні планки стелажів укладають для нього рейки і прикріплюють до них болтами. Необхідно забезпечити високу точність їх монтажу (відхилення - не більше 2 мм). Колія рейкових шляхів в залежності від розмірів переробляється вантажу і проходу між стелажимами становить 1,5-2,5 м. За крановими рейками переміщається візок крана, що несе на собі основні механізми: приводи підйому і переміщення, шафа з електроапаратурою. До візку кріплять колону або суцільного перетину (на кранах малої вантажопідйомності), або ґратчасту (на кранах великої вантажопідйомності).

Крани-штабелери спираючись на стелаж мають кращі умови роботи ніж підвісні крани, завдяки переміщенню по крановим рейках ходових коліс, також можливості збільшити їх діаметри. Хоча в їх конструкції присутні недоліки:

- по-перше, це верхнє розташування механізмів (недолік підвісних кранів);
- по-друге, - високі вимоги до монтажу напрямних шляхів.

За умови великої висоти підйому вантажу несуттєва різниця установці кранових шляхів відносно вертикалі призводить до суттєвого відхилення від середнього положення нижнього кінця колони. Під час установки направлення шляху внаслідок перекосу металоконструкції вантажопідйомної одиниці можуть виявитися надмірні навантаження.

Основною перевагою стелажних кранів-штабелерів являється простота конструкції передавальних візків, що необхідні під час переміщення кранів з одного міжстелажного проходу в інший [1].

Загальна компоновка

В даний час стелажні крани виготовляють в різних країнах. Традиційно визначені конструктивні їх рішення, також наявністю освоєного виготовлення вузла підйимально-транспортної машини, технологічними можливостями, систем керування. В принципі компоновки стелажних вантажопідйомних одиниць однотипні.

Сучасні стелажні крани-штабелери виконані у формі нижньої ходової балки, яка оснащена двома безребордними колесами, на котрій встановлені одна чи дві колони, які оснащені у верхній частині горизонтально розташованими напрямними роликами. При оснащенні двома колонами, горизонтальні балки з'єднують їх кінці зверху. Вздовж колони за допомогою механізму підйому канатного чи ланцюгового приводу переміщається консольно встановлений вантажопідйомник, що несе кабіну керування і висувний телескопічний вал. На стелажних вантажопідйомних одиницях, розрахованих для поштучного відбирання вантажів, так званих комплектувальних кранах, замість висувних телескопічних вил можна встановлювати гладкі або роликові столи, а також інші пристосування для укладання в стелажі і відбору з стелажів вантажів.

Одноколонні стелажні крани-штабелери мають нижню ходову балку, яка обладнана приводним колесом. Балку оснащують колоною, до якої кріплять горизонтальні ролики на верхній частині, що утримують вантажопідйомну одиницю в вертикальному положенні.

Уздовж колони переміщається консольний вантажопідйомник з кабіною оператора. Незначний вільний хід кабіни оператора щодо вантажопідйомника необхідний для того, щоб використати всю висоту складу. На телескопічні вила вантажопідйомника встановлюється вантаж. Вантажопідйомник уздовж колони переміщається з використанням канатного механізму підйому. Шафа, в якій знаходиться електрообладнання, з'єднана до колони кронштейном.

Одноколонні крани у відповідності до двоколонних володіють мінімальною власною масою і розмірами; це допомагає значно корисніше використовувати висоту приміщення та облегшує їх монтаж. Недоліками є порівняно значне поперечне переміщення вантажопідйомника і збільшені навантаження на направляючі катки вантажопідйомника в результаті його консольного розташування, і, як наслідок цього, - великий знос ковзаник і напрямних колони.

Дані недоліки не роблять суттєвого впливу при вантажопідйомності крану до 2,0-2,5 т. Однак при вантажопідйомності понад 2 т і при великих (понад 2,5 м) розмірах вантажу усунення цих негативних впливів шляхом збільшення міцності і жорсткості металоконструкцій, збільшення діаметрів напрямних ковзаник вантажопідйомника і відстані між ними призводить до невиправданого збільшення маси і розмірів вантажопідйомної одиниці. У цих випадках перевагу слід віддати двоколонній схемі, при якій вантажопідйомна одиниця працює в значно більш сприятливих умовах [2].

Механізм підйому

Механізм підйому стелажного крану майже не відрізняються від подібних механізмів таких самих вантажопідйомних машин. Часто на стелажних вантажопідйомних одиницях застосовують канатні механізми підйому.

Механізм підйому складається з редуктора, електродвигуна, канатного барабана і гальма. Перелічені механізми визначаються певною шириною, обмеженою шириною міжстелажних проходів, і довжиною, яка безпосередньо має залежність від довжини крану-штабелеру. Тому найпоширенішою є вертикальна компоновка механізму підйому.

Вертикальний конічно-циліндричний редуктор є основою механізму, котрий закріплюють на задній стінці колони. Канатні барабани встановлюють або на двох кінцях вихідного вала по обидві сторони редуктора (в цьому випадку використовують канат без поліспасти), або на одному кінці валу, тоді вантаж піднімають за допомогою поліспасти, а вільний кінець каната через

блоки кріплять до обмежувача вантажопідйомності. На редуктор зверху поміщають фланцевий вертикальний електродвигун. Гальмівну муфти оснащують гальмом, що зводить до купи редуктор з електродвигуном.

Стелажні вантажопідйомні одиниці можуть мати іншу компоновку механізму підйому. На них використовують стандартні черв'ячні або циліндричні кранові редуктори і гальма вертикального виконання. Електродвигун і редуктор розміщені горизонтально по поздовжній вісі крана-штабелера. Канатний барабан встановлений або на вихідному валу редуктора, або з'єднаний з редуктором зубчастої передачею. Довжина подібного механізму більше, ніж механізму при вертикальній компоновці. Однак на розмірах крану така компоновка механізму підйому не позначається, оскільки вбудовується всередину гратчастої колони.

Визначена конфігурація механізму підйому вигідна, оскільки при її застосуванні не потрібні спеціальні конічно-циліндричні редуктори, ціна на які вища, ніж черв'ячних чи циліндричних [3].

Механізм переміщення

Механізм переміщення не значно різниться від механізмів переміщення інших вантажопідйомних одиниць. Вони складаються з електродвигуна, гальма і редуктора, поєднаного з ходовим колесом. Подібно механізмам підйому, механізми переміщення, мають вертикальну конфігурацію. Механізми переміщення більшості закордонних фірм виконуються на подібні вертикального конічно-циліндричного чи черв'ячного редуктора, закріпленого на валу приводного колеса чи об'єднаною з ним відкритої зубчастої передачею. Фланцеві електродвигуни з вбудованим гальмом встановлюють на редуктори вертикально. Також часто застосовують електродвигуни з мікроприводом, які забезпечують широкий діапазон регулювання швидкості при постійному моменті.

До кранів-штабелерів входять і стелажні крани вітчизняного виробництва, механізм переміщення яких виготовлений у вигляді вертикального циліндричного редуктора з порожнистим вихідним валом,

насадженим на вал приводного колеса. Вихідний вал редуктора об'єднаний з електродвигуном за допомогою гальмівної муфти. Електродвигун розміщений горизонтально над ходової балкою крану-штабелеру. Така конфігурація ефективніша, оскільки цей механізм ліпше вписується в габарити крану. З метою зменшення довжини кранів-штабелерів механізм підйому, як правило, розташований над механізмом переміщення. При великій висоті механізму переміщення механізм підйому необхідно встановлювати достатньо високо, що значно ускладнює обслуговування.

Механізм переміщення завжди виконуються на одному з ходових коліс, розміщеному на двоколонних вантажопідйомних одиницях з боку більш навантаженої колони і для одноколонного - з боку колони [4].

Телескопічні вила

Висувні телескопічні вила різноманітного конструктивного виготовлення на даний момент використовуються на всіх стелажних кранах-штабелерах, що призначені для пакетної обробки вантажів.

Телескопічні вила незалежно від конструктивного виконання виготовлені за єдиною схемою (рис. 1.1). Вила містять три секції: нерухома, проміжна і висувна. Для встановлення вантажу опорним майданчиком є висувна секція. Вона розміщується набагато вище за дві інші секції, щоб при висуванні вантаж не чіпав нижче розміщені секції. Проміжна секція містить ролики, завдяки яким вона може переміщуватися по напрямних нерухомої секції. Так і висувна секція використовує ролики для руху по проміжній секції. Всі секції мають однакову ширину, яка дорівнює максимальній ширині вантажу, що переміщується.

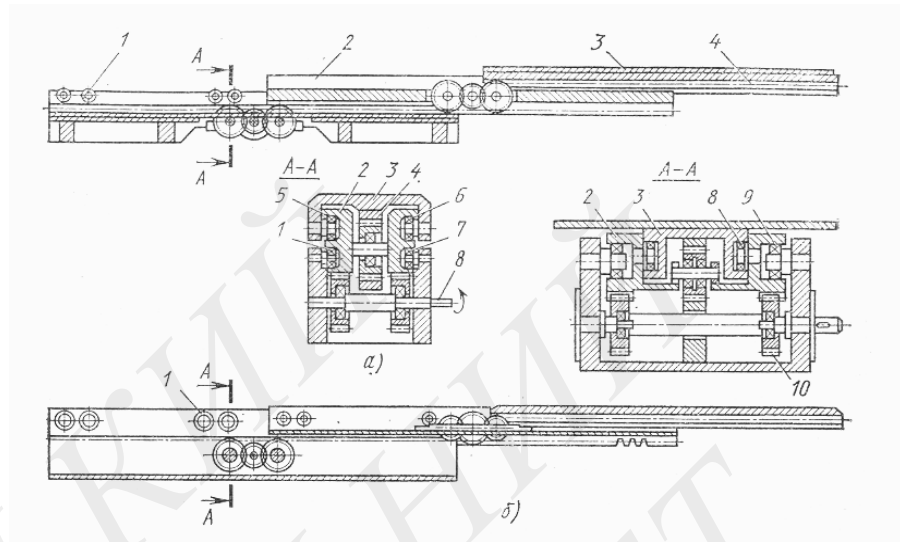


Рис.1.1. Схеми висувних телескопічних вил з розташуванням секцій:

а - вертикальним; б – горизонтальним

Проміжна секція висувається приблизно на половину її довжини; висувна секція виступає з проміжної на ту ж величину. Обидві секції висуваються одночасно за допомогою приводу. Вила можуть висуватися в обидві сторони проходу. Таким чином, взятий із завантажувального пристрою вантаж може бути встановлений в будь-яку сторону без будь-якого повороту вантажного захоплення. Завдяки цьому ширина проходу між стелажми може бути зменшена до мінімального розміру, що визначається шириною вантажу що переміщається з урахуванням необхідних зазорів між вантажем і стелажми (від 50 до 100 мм на сторону) [5, 6].

Висувні телескопічні вила з вертикальним розташуванням секцій (рис. 1.1, а) складається з висувного майданчика 3 із закріпленою на ній роликівми батареями 5 і 6, проміжної секції 2, нерухомих роликівми батареями 1 і 7 і приводного вала з шестернями 8. на верхній висувний майданчику 3, проміжної секції 2 і на нерухомій секції закріплені зубчасті рейки 4, довжина яких дорівнює довжині секції.

Робота телескопічних вил відбувається наступним чином. При обертанні вала 8 встановлені на ньому шестерні, що входять в зачеплення з рейками, на середній секції 2, повідомляють середній секції деяку швидкість. На осі,

закріпленої в середній секції, вільно обертається шестерня, що входить в зачеплення одночасно з рейкою, закріпленою на нерухомій секції, і з рейкою, закріпленою на верхній висувній майданчику. При переміщенні середньої секції зі швидкістю v_1 шестерня, що входить в зачеплення з нерухомою рейкою, повідомляє верхньої секції швидкість за формулою зазначеною нижче. Таким чином, при включенні приводу захоплення одночасно переміщуються на однакову величину: середня секція по нерухомій зі швидкістю v_1 ; висувна майданчик по середньої секції з подвоєною швидкістю v_2 .

$$v_2 = 2 \cdot v_1$$

Після взяття вантажу привід захоплення перемикає і обидві секції одночасно переміщуються і приходять в середнє положення. Висувні телескопічні вила (рис. 1.1, б) іншого типу мають горизонтальне розташування секцій. На нерухомій секції його, встановленої на вантажопідйомника, кріплять ролики 9, по яких переміщається проміжна секція 2 з роликами 8, службовцями для переміщення висувною майданчика 3. На валу проміжного елемента змонтована шестерня, що входить одночасно в зачеплення з зубчастої рейкою, закріпленою на нерухомій секції захоплення.

Привід вил складається з електродвигуна, редуктора і гальма. На вихідному валу редуктора розміщена шестерня, що входить в зачеплення з шестірнею приводного вала захоплення, що має також дві шестерні 10, напружені з зубчастими рейками, встановленими на проміжній секції вил.

Працюють телескопічні вила таким чином. Під час включення приводу шестерні засобом зубчастих рейок зазначають поступальний рух проміжної секції 2. Шестерня проміжної секції, що рухається разом з нею, входить в зачеплення з нерухомою зубчастої рейкою і передає рух з подвоєною швидкістю зубчастої рейки, встановленої на висувній майданчику захоплення. Проміжний і висувною елементи вил переміщуються одночасно, але відважний елемент переміщається вдвічі швидше першого.

Виля з горизонтальним розташуванням секцій матимуть нижчу висоту, що дозволить покращити використання складу. Недоліками слід вважати складність конфігурації і її високу ціну [7].

Система керування

Робочі швидкості механізмів - підйому, переміщення, висування телескопічних вил досить високі. Ефективна робота механізмів при наявності таких швидкостей можлива при умові великого діапазону регулювання швидкостей механізмів. Для зупинки крана-штабелера (вантажопідйомника) точно проти необхідного елемента (позиціонування) необхідно, щоб вантажопідйомна одиниця і вантажопідйомник підходили до осередку на низьких настановних швидкостях. При ручному керуванні ці швидкості не повинні перевищувати 6-8 м/хв, при автоматичному 2-4 м/хв. При цих швидкостях можна з точністю до декількох міліметрів зупинити відповідний механізм. Для приводів підйому і переміщення найбільш часто застосовують тиристорні перетворювачі постійного або змінного струму. За кордоном знаходять застосування спеціальні електродвигуни з мікропривід, що дозволяють отримати низькі установчі швидкості (0,8-1,2 м/хв) при збереженні необхідного крутного моменту. Ці приводи значно дорожче, ніж приводи зі звичайними електродвигунами, однак дозволяють досягати високої точності позиціонування.

Крани-штабелери обладнані тиристорними перетворювачами і електродвигунами постійного струму з діапазоном регулювання 50: недоліком застосування тиристорних приводів є зменшення обертового моменту на валу електродвигуна (приводного колеса) і звідси - підвищення вимог до якості монтажу кранового шляху.

Вантажопідйомні одиниці з відносно низькими швидкостями механізмів (підйому - 8-12 м/хв, переміщення - 60-80 м/хв), з ручним керуванням обладнають двох або багатошвидкісними асинхронними електродвигунами. Вартість таких приводів значно менше вартості тиристорних приводів, так само як і вартість обслуговування і ремонту. Двошвидкісні електродвигуни з

співвідношенням швидкостей 8: широко застосовують на стелажних кранах виробництва НРБ [8, 9].

1.2. Аналіз конструкцій кранів-штабелерів

Призначення, специфіка і нормативні акти

Спроектовані або модернізовані крани-штабелери повторно ретельно розраховуються. Оформлений розрахунок є обов'язковим документом технічного проекту вантажопідйомної одиниці; розрахунки елементів або вузлів, розміри яких стають відомими на стадії робочого проектування або коригуються за результатами випробувань дослідного зразка, оформляють потім у вигляді додаткових частин або розділів.

Особлива увага до розрахунків обумовлено тим, що крани є об'єктами підвищеної відповідальності. Перш за все, кран-штабелер - це підйомно-транспортна машина, руйнування або пошкодження якої становить небезпеку для життя обслуговуючого персоналу. По-друге, крани в більшості випадків є єдиним способом доступу до вантажів, що знаходяться в сховищі, що обслуговується. Тому навіть рядові відмови вантажопідйомної одиниці порушують роботу складу, що особливо відчутно для складів інтенсивних виробництв і технологічних ліній. Таким чином, основним призначенням розрахунків є перевірка безпеки і надійності крану в роботі.

Безпека крана-штабелера повинна бути перевірена також і для процесу його випробувань, оскільки цей процес характеризується збільшеною масою застосовуваних вантажів, підвищеною ймовірністю виникнення відмов, штучним створенням відмов деяких видів, а також значною чисельністю персоналу випробувачів, безпеку яких повинна бути гарантована [10].

Іншим призначенням розрахунків є перевірка відповідності технічних параметрів проекту вимогам технічного завдання та нормативно-технічних документів. Деякі з перерахованих параметрів, наприклад розрахунковий ресурс, запаси міцності, жорсткість елементів конструкції крану, мають пряме відношення до питань безпеки і надійності крану-штабелеру. Інші параметри -

швидкість, прискорення і сповільнення, що забезпечуються механізмами, характеризують продуктивність вантажопідйомної одиниці [11].

Порівняння різних зразків кранів може бути правильно виконане тільки в тому випадку, якщо розрахунки виконані за однією і тією ж методикою, на підставі однакових нормативів. Цим визначається перша передумова необхідності стандартизації норм розрахунку вантажопідйомних одиниць. Інша і не менш важлива передумова впливає з самої відповідальності розробки стандарту як офіційного та обов'язкового документа; з широкої гласності при обговоренні проекту стандарту зацікавленими та спеціалізованими організаціями, в результаті чого стандарт, як правило, відображає передовий науковий, технічний і проектно-конструкторський досвід.

В результаті спеціального вивчення умов експлуатації та нормування розрахунків розроблені і введені в дію ГОСТ 24.090.68-82 «Крани-штабелери стелажні. Норми розрахунку» і ГОСТ 24.091.14-85 «Крани-штабелери мостові. Норми розрахунку». Викладені нижче основні положення розрахунку кранів дані в повній відповідності зі згаданими стандартами.

Обидва стандарти призначаються для вантажопідйомних одиниць по ДСТУ 16553-82. проте основні принципи і норми розрахунку цих стандартів можуть бути використані для кранів інших типів і параметрів, наприклад, для підвісних мостових і стелажних кранів-штабелерів, для кранів з полегшеним режимом роботи. Для того щоб конструктор міг в таких випадках самостійно внести в нормативи необхідні зміни, тут даються пояснення про походження тих чи інших нормативних вимог [12, 13].

Нарешті, слід сказати, що звітний розрахунок, як документ проекту, представляє собою підсумкову частину розрахункової роботи, якої передусе велика кількість попередніх і варіантних розрахунків. Останні особливо важливі, тому що являють собою в більшості випадків єдиний інструмент для отримання конструкції необхідного технічного рівня. Варіантні розрахунки в даний час з успіхом виконуються на ЕОМ, приймаючи форму так званих

оптимізаційних розрахунків. В якості критерію оптимізації для крана-штабелера зазвичай вибирають його масу, яку слід мінімізувати. Можливе застосування і вартісного або змішаного критерію.

Відомо, що для розрахунків за допомогою ЕОМ необхідна чітка формалізація розрахункових схем і вимог. І в цьому відношенні стандартизовані норми розрахунку вантажопідйомних одиниць дають необхідний матеріал [11, 14].

Загальні положення

Вихідні дані для попередніх розрахунків приймають у відповідності до технічного завдання та схемами попередніх конструктивних напрацювань крана-штабелера. Вихідні дані оформлюється розрахунку повинні повністю відповідати параметрам, зазначеним в конструкторської та експлуатаційної документації на вантажопідйомні одиниці; окремі невідповідності повинні обумовлюватися щодо їх причин і наслідків.

У конструкції крану зазвичай використовують матеріали і комплексні вироби, що випускаються промисловістю для загального використання. До них відносяться металеві прокати, електродвигуни, стандартні редуктори, підшипники, муфти, гальма і т.п. Їх технічні параметри, що наводяться в асортименту і каталогах, також є вихідними даними для розрахунку, в результаті якого повинні бути виявлені мінімально необхідні типорозміри матеріалів і комплектуючих виробів (з урахуванням можливостей поставки, які враховуються в розрахунку як обмежувачі сортamentів).

Бажано, щоб отримані розрахунком швидкості механізмів вантажопідйомної одиниці становили від 0,9 до 1,1 їх номінальних значень. Слід зазначити, що згідно з ГОСТ 16553-82 допускається відхилення фактичних швидкостей від номінальних становить 15%. Звужувати поле допуску розрахункових швидкостей доцільно для компенсації можливого розбіжності розрахункових і фактичних швидкостей [15].

Розрахункова прискорення (сповільнення), що забезпечується механізмом переміщення крану-штабелера, має становити 0,3-0,6 м/с². Це

пояснюється тим, що при прискореннях (сповільненнях), менших, ніж $0,3 \text{ м/с}^2$, процеси розгону або гальмування надмірно затягуються. Наприклад, при прискоренні $0,2 \text{ м/с}^2$ і номінальній швидкості $2,0 \text{ м/с}$ розгін триватиме 10 с ; збільшення прискорення до $0,4 \text{ м/с}^2$ скорочує час розгону до 5 с , а загальна економія часу за цикл роботи крану складе 20 с , що рівнозначно збільшенню продуктивності вантажопідйомної одиниці не менше ніж на 20% . Прискорення, більше, ніж $0,6 \text{ м/с}^2$, в багатьох випадках недосяжно за умовою необхідного запасу зчеплення приводних коліс з рейками. Однак і тоді, коли є надлишковий запас зчеплення (наприклад, у кранів з малою висотою підйому), збільшення прискорення понад $0,6 \text{ м/с}^2$ недоцільно: збільшення продуктивності виходить несуттєвим, а габарит електродвигуна може зрости, оскільки потрібно підвищений пусковий момент [2].

Розрахункове прискорення вантажозахоплювального органа має бути не більше $1,0 \text{ м/с}^2$. Прискорення, більші, ніж зазначене, не застосовують, тому що швидкість підйому зазвичай не перевищує $0,5 \text{ м/с}$ і скорочувати час розгону в порівнянні з величиною $0,5 \text{ с}$ не тільки не має сенсу, але і не вигідно в усіх відношеннях.

Нижня межа прискорення при підйомі не регламентується. Справа в тому, що електродвигун механізму підйому підбирають таким чином, щоб необхідний момент усталеного руху на валу електродвигуна був близький до його номінального моменту. Пусковий момент електродвигуна в $2-3$ рази більше номінального, тому прискорення розгону зазвичай виходить не менше $0,4-0,5 \text{ м/с}^2$, що цілком прийнятно, тому що час розгону не перевищує $1,0-1,5 \text{ с}$.

Верхня межа сповільнення гальмування при опусканні вантажозахоплювального органа також дорівнює $1,0 \text{ м/с}^2$, а нижня не обмежується з причин, аналогічним вищевикладеним, оскільки основний процес гальмування забезпечується електродвигуном.

Розрахункове прискорення (сповільнення) при висуванні телескопічних вил має бути не більше $1,0 \text{ м/с}^2$. Таке обмеження необхідно для запобігання

зсуву вантажу щодо захоплення під дією інерційних сил. Тому вказане обмеження перевіряється для випадків пуску і гальмування захоплення, на якому встановлена порожня тара, оскільки при цьому прискорення (сповільнення) виходить найбільшим. Внаслідок того, що швидкість висування вил порівняно невелика (до 0,25 м/с), інерційна частка маси порожньої тари в наведеному моменті інерції приводу захоплення також невелика, і можна розраховувати прискорення для захоплення без вантажу. Цим пояснюється те, що в ГОСТ 24.090.68-82 не обмовляється, для якого випадку навантаження захоплень слід перевіряти прискорення, оскільки очевидно, що найбільше його значення буде в разі порожніх захоплень [12].

Нижня межа розрахункового прискорення (сповільнення) захоплювачів не регламентується з огляду на те, що швидкість висування, як уже зазначалося, порівняно невелика і час розгону практично ніколи не перевищує 1 м/с^2 з навіть в найбільш важкому випадку - при взятті номінального вантажу з осередку стелажа.

Розрахунковий термін служби вантажопідійомної одиниці приймається рівним 20 рокам при роботі в одну зміну. Протягом цього терміну металоконструкції вантажопідійомних одиниць повинні пропрацювати безвідмовно, і така вимога практично здійснимо [16, 17].

Календарний термін служби крану і його вузлів зручний для експлуатування. Між цією величиною і довговічністю існує певний зв'язок, що залежить від тривалості циклу крану-штабелера і від співвідношення тривалості включення різних механізмів протягом циклу.

При індивідуальному проектуванні крана-штабелера, призначеного для складу з певними заданими параметрами - довжиною, висотою, числом осередків, вантажообігом, - характеристики циклу можна визначити однозначно шляхом їх усереднення по складу з урахуванням прийнятих пріоритетів завантаження та вивантаження.

Для крана-штабелера серійного виробництва умови роботи заздалегідь не відомі. Тому доводиться шукати відповіді деяким умовним складом,

параметри якого були б представницькі по частоті практичної застосовності і створювали б в той же час досить напружений режим роботи крана-штабелера. При цьому для визначення характеристики циклу стелажного крана-штабелера практично досить задатися довжиною складу. Для мостового крана-штабелера існує деякий безліч пар значень довжини і ширини складу, при яких може бути забезпечений заданий вантажообіг. Цьому безлічі відповідає безліч можливих циклів, з яких слід вибрати найбільш характерні, що приймаються в якості нормативних [17].

Така робота виконана при розробці ГОСТ 24.090.68-82 і ГОСТ 24.091.14-85. Відзначимо, що вибір нормативного циклу роботи крана-штабелера дозволяє крім ресурсу встановити і інші важливі характеристики режиму роботи механізмів крана-штабелера. До них відносяться число включень на годину і тривалість включення (ПВ, %), необхідні для вибору електродвигунів [12].

До них також відносяться циклограми роботи механізмів, що показують зміну навантаження механізмів протягом циклу і необхідні для розрахунку всіх ланок механізмів, в тому числі і електродвигунів. Для отримання циклограм доводиться розглядати процеси сталого руху, а також розгону і гальмування механізмів, і, крім того, враховувати статистичну мінливість маси складованих вантажів.

Методичною основою для встановлення розрахункових характеристик режиму роботи механізмів є ДСТУ 25835-83 «Крани вантажопідійомні. Класифікація механізмів по режимам роботи», а також кількість включень за годину, що застосовуються у вітчизняній промисловості.

Згідно ДСТУ 25835-83, знайдені за допомогою нормативного циклу значення чистого часу роботи кожного з механізмів за термін служби округлюються до стандартних найближчих значень. Таким чином, встановлюється клас використання механізму за часом. За циклограми роботи механізмів обчислюють коефіцієнт навантаження, який дорівнює сумі творів відносної тривалості навантаження на куб відносної навантаження, взятої за

всіма елементарним прямокутникам циклограми. За коефіцієнтом навантаження встановлюють клас навантаження, який в поєднанні з класом використання визначає групу режиму роботи механізму крана-штабелера [18].

Як показали дослідження, для стелажних кранів-штабелерів по ДСТУ 16553-82 всі механізми повинні бути віднесені до групи режиму роботи 5М по ГОСТ 25835-83, що відповідає важкому режиму роботи за класифікацією Держгіртехнагляду.

Елементи механізмів повинні бути перевірені на міцність по найбільшим навантаженням пускових і гальмівних режимів, а також на витривалість з урахуванням необхідного ресурсу і циклограм навантаження елементів, одержуваних шляхом вимірювання вихідних циклограм за даними про величинах навантаження, передавальних чисел і коефіцієнтів корисної дії ланок передачі.

При цьому розрахунок циліндричних евольвентних зубчастих передач зовнішнього зачеплення слід виконувати згідно з ДСТУ 21354-75, підшипників кочення - по ДСТУ 18854-82 і ГОСТ 18855-82 ходові колеса кранів-штабелерів слід перевіряти по ОСТ 24.090.44-82 «Колеса кранові. Вибір і розрахунок» з урахуванням викладених нижче рекомендацій. Для розрахунку поворотних опор колон мостових кранів-штабелерів слід застосовувати ОСТ 22-1401-79 «Опори поворотні роликові однорядні з зубами внутрішнього зачеплення» [19]. Інші елементи механізмів рекомендується розраховувати за відповідними РТМ ВНШПТмаша. Для стандартних редукторів, що підлягають узгодженню, слід застосовувати РТМ 2-056-80 «Редуктори загального призначення. Методика вибору редукторів і моторів-редукторів» [20, 21].

Електродвигуни механізмів повинні бути перевірені за найбільшим навантаженням пускових і гальмівних режимів, а також на нагрів з урахуванням їх розрахункових характеристик і відповідних циклограм.

При розрахунку металоконструкцій кранів-штабелерів перевіряють міцність, стійкість, твердість і витривалість конструкцій в цілому і їх окремих

елементів. Для стелажних кранів-штабелерів виконують також розрахунок загасання коливань колони при зупинці крана-штабелера.

Сталеві конструкції розраховують за методикою СНиП II-23-81 «Норми проектування. Сталеві конструкції», а алюмінієві конструкції - за методикою СНиП II-24-74 «Норми проектування. Алюмінієві конструкції», з урахуванням викладених тут специфічних вимог.

При формуванні вихідних даних для розрахунку слід переконатися, що прийняті в проекті крана-штабелера матеріали металоконструкцій і зварювальні матеріали відповідають вимогам обов'язкового РТМ 24.090.52-79 «Крани вантажопідйомні. Матеріали для зварних металевих конструкцій», а застосовані для болтових з'єднань сталеві болти, гайки і шайби відповідають вимогам СНиП II-23-81. слід також перевірити, що кран обладнаний усіма пристроями безпеки відповідно до вимог ОСТ 24.090.38-83 і ОСТ 24.090.39-83 [22, 23].

На закінчення слід зазначити, що в розрахунках, що виконуються на групу виконання крана-штабелера, що відрізняються прольотом, висотою, вантажопідйомністю та швидкостями механізмів, повинні бути розглянуті всі виконання групи, а не тільки виконання з найбільшими характеристиками.

Крани-штабелери, розраховані відповідно до цих рекомендацій, можуть бути використані для експлуатації в сейсмічних районах без обмежень, оскільки екстремальні розрахункові навантаження, що застосовуються тут, перевершують найбільші сейсмічні навантаження за СНиП II-7-81 [24, 25].

Розрахунок стелажних конструкцій для крану.

Розрахункові характеристики режиму роботи механізмів стелажних кранів-штабелерів, відповідні ГОСТ 25835-83, наведені в табл.1.1, 1.2.

У розрахункових циклограми завантаження механізмів (рис. 1.2) по осі абсцис відкладено відносне число циклів або відносна тривалість дії навантаження. Строго кажучи, число циклів навантаження не пропорційно часу її дії через наявність періодів розгону і гальмування, і варто було б давати окремі циклограми за кількістю циклів і за часом в якості аргументів. Однак

для механізмів підйому та висування відносна тривалість невстановлених режимів руху завжди невелика - менше 3%. Для механізму переміщення при нормуванні режиму роботи прийнятий стелаж довжиною 100 м. При цьому середній шлях переміщення крана-штабелера за простий цикл складе також 100 м. Можна показати, що, наприклад, при швидкості переміщення 2,0 м/с і прискорення (сповільнення) $0,5 \text{ м/с}^2$ похибка в обчисленні числа циклів, якщо не враховувати несталі режими руху, складе 8% в сторону збільшення, тобто в запас. Така похибка знаходиться в межах точності вихідних передумов, тому і в даному випадку достатньо обмежуватися однією циклограми [26].

Таблиця 1.1

Характеристики режиму роботи механізмів стелажних кранів-штабелерів

Показник	Значення показника для механізму		
	переміщення	підйому	висування
Група режиму роботи	5М	5М	5М
Клас використання	A5	A4	A4
Клас навантаження	B2	B3	B3

Таблиця 1.2

Характеристики режиму роботи механізмів стелажних кранів-штабелерів

Показник	Значення показника для механізму		
	переміщення	підйому	висування
Загальний час роботи, тис.г	25,0	12,5	12,5
Коефіцієнт навантаження	0,20	0,45	0,30
Число включень в час	120	120	240
Тривалість включення ПВ, %	60	40	40

Перехід до абсолютного часу для елементів, що розраховуються на повний термін служби крана-штабелера, проводиться за загальним часом

роботи (див. табл. 1.2). Для інших елементів цей час зменшується в 2 рази або більше.

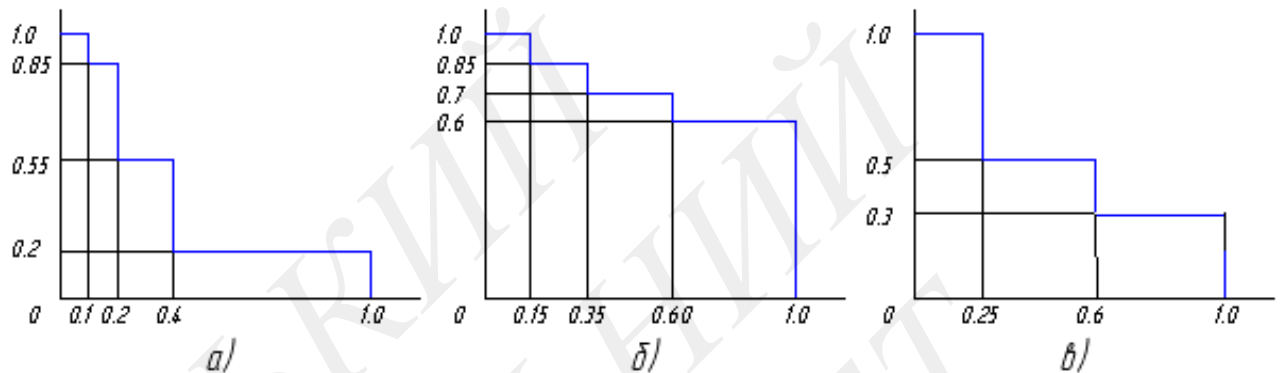


Рис 1.2. Розрахункові циклограми навантаження механізмів стелажних кранів-штабелерів: а, б, в - відповідно переміщення, підйому та висування захоплень

Для знаходження повного числа циклів навантаження будь-якого елемента механізму необхідне загальне час роботи розділити на тривалість одного циклу. Для обертових елементів - валів, шестерень, підшипників і т.д. - циклом є один оборот (особливості існують тільки для планетарних редукторів). При цьому частоту їх обертання слід брати для сталого режиму руху. Наприклад, для вала механізму підйому, що обертається з частотою 1000 об/хв і розраховується на повний термін служби, отримаємо повне розрахункове число циклів:

$$1000 \cdot 60 \cdot 12500 = 7,5 \cdot 10^8$$

У розрахункових циклограмах (див. рис. 1.2) по осі ординат відкладена відносна навантаження. Абсолютна величина найбільшої ординати навантаження для механізму переміщення відповідає моменту при розгоні з розрахунковим прискоренням; для механізму підйому - моменту при сталому русі підйому з номінальним вантажем; для механізму висування - при взятті номінального вантажу з осередку стелажа, тобто на найбільшому вильоті захоплення, але без урахування сил інерції.

При встановленні характеристик режиму роботи (див. табл. 1.1 і рис. 1.2) розглядали крани-штабелери, що обслуговують стелажі довжиною

100 м, висотою 16 м і глибиною 1,2 м зі швидкостями переміщення від 1,6 до 2,5 м/с, підйому - 0,4 м/с і висування захоплень - 0,2 м/с. Прискорення при розгоні механізмів приймали рівним 0,4 м/с². Відносне число простих і складних циклів 0,6 і 0,4 відповідно. Процес підйому вважали як суміщений в часі з процесом переміщення. Мінливість маси Q вантажів оцінювали по гістограмі (рис.3.1), отриманої за результатами обстеження діючих складів; середня маса вантажу по цій гістограмі становить 0,6 від номінальної $Q_{\text{ном}}$.

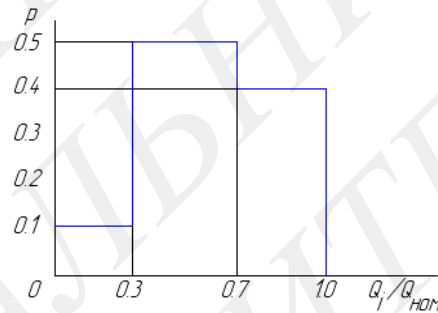


Рис. 1.3 Розрахункова гістограма розподілу маси бруто складованих вантажів; p - щільність ймовірності

Для розрахунку опорних одноколонного стелажних кранів-штабелерів рекомендується використовувати схеми, представлені на рис. 1.4.

У крані-штабелері виділяють шість укрупнених конструктивних вузлів з наступною закріпленою за ними індексацією (рис. 1.4) : ходова балка 1 в зборі з встановленим на ній механізмом переміщення і ходовими колесами; механізм підйому 2 (включаючи канати); колона 3 (або дві колони у двоколонних кранів-штабелерів рамної конструкції; при шарнірноз'єднаною конструкції права і ліва колони і їх ходові балки повинні розглядатися окремо, додатковим елементом є зчіпка); оголовок колони 4 в зборі з вантажними блоками і бічними роликами (або верхня балка у двоколонних кранів-штабелерів); вантажопідйомник 5 в зборі з каретками, вантажними підвісками і вантажними захватами; кабіна 6 (при визначенні її маси враховується маса оператора) [27].

Шафа електрообладнання відносять до ходової балці або до колони в залежності від того, на чому він встановлений. Окремим елементом є вантаж,, номінальна маса якого позначена через Q .

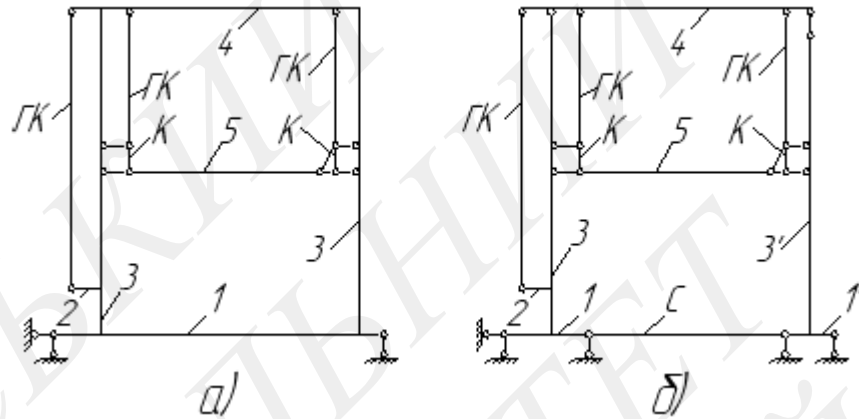


Рис. 1.4. Стрижньові схеми конструкцій двоколонних стележних кранів-штабелерів: а - рамної; б - шарнірноз'єднаною; 1, 1' - ходові балки; 2 - механізм підйому; 3, 3' - колони; 4 - верхня балка; 5 - рама вантажопідйомника; К - каретка підйомника; ГК - вантажні канати; З – зчіпка

Для кожного з цих вузлів попередньо визначають номінальні значення мас m_i і координат центру мас $(x_i; y_i; z_i)$ в прямокутній системі координат, початок якої розташоване в середині майданчика контакту приводного ходового колеса з наземним устаткуванням крана рейкою.

Для розрахунку металоконструкцій готують геометричні характеристики перерізів ходової балки, колон, верхньої балки, а також розрахункові опори і модуль пружності матеріалу.

Опір переміщенню крана-штабелера визначається як сила, необхідна для подолання тертя кочення ходових коліс і підшипників, помножена на коефіцієнт 1,1, що враховує тертя в бічних роликах. Ухил шляху до уваги береться згідно з ОСТ 24.090.39-83 ухил обмежений дуже малою величиною - 0,001 [23].

Опір переміщенню необхідно знати для визначення швидкості, прискорення і сповільнення вантажопідйомної одиниці, забезпечуваних використовуваним електродвигуном і передавальним механізмом.

Однак методично зручніше починати розрахунок механізму переміщення з аналізу запасу зчеплення приводних коліс, а потім і стійкості крана-штабелера в режимах розгону і гальмування.

Фізичний сенс необхідності запасу зчеплення - запобігання пробуксовки приводного колеса, що приводить до прискореного зношування колеса і рейки. Для крана-штабелера таке зношування особливо небажано, оскільки, окрім іншого, зменшення діаметра колеса порушує вертикальне положення колони, від якого безпосередньо залежить можливість правильного позиціонування вантажного захоплення в усі осередки по висоті стелажа. Для кранів-штабелерів з гнучким підведенням струму слід додатково врахувати вплив зусиль статичного натягу і опору пере-руху кабельної підвіски, якщо ці зусилля викликають розвантаження приводного колеса. При цьому кабельну підвіску слід розглядати в найбільш розтягнутому положенні, тобто на повній довжині стелажа, яку приймають рівною 100 м, якщо в технічному завданні немає інших вказівок.

Склавши рівняння для коефіцієнта запасу зчеплення відповідно до наведених вказівок, легко побачити, що в них входять тільки геометричні та масові параметри вантажопідйомної одиниці і прискорення (сповільнення). Таким чином отримаємо гранично допустиме прискорення і сповільнення крана-штабелера, всього чотири значення (прискорення і сповільнення для крана-штабелера з вантажем і без вантажу), кожне з яких має бути не менше $0,3 \text{ м/с}^2$.

По допустимому прискоренню за допомогою відомих формул визначають відповідний середній пусковий момент електродвигуна, який повинен врівноважити опір переміщенню і сили інерції мас крану, а також інерційні моменти обертючих мас ротора, муфти, шківів і т.п. з урахуванням ККД механізму.

Розрахунок виконують для крана-штабелера з вантажем і без вантажу; з двох отриманих значень середнього пускового моменту вибирають найменше, яке для переходу до номінального моменту слід розділити на коефіцієнт кратності пускового моменту і коефіцієнт використання пускового моменту, значення якого наведені в табл.1.3.

Отримане значення номінального моменту електродвигуна є гранично допустимим, тому з даної впорядкованої номенклатури слід вибирати той найбільший електродвигун, номінальний момент якого при $PВ = 60\%$ не перевищує гранично допустимий [28].

Таблиця 1.3

Коефіцієнт використання пускового моменту

Система керування приводом	Двигун	Коефіцієнт використання пускового моменту
Релейно-контролерна	Асинхронний з фазовим ротором	0,7
	Асинхронний короткозамкнений	0,8
	Постійного струму	0,7
Перетворювач або регулятор	Змінного або постійного струму	0,9

Звідси починається перевірна частина розрахунку механізму переміщення. Спочатку за допомогою механічної характеристики електродвигуна визначають розрахункову швидкість усталеного руху крана-штабелера, яка повинна задовольняти вимогам, викладеним вище. Якщо результат не досягнутий, то слід змінити передавальне число редуктора, а можливо і розглянути іншу номенклатуру редукторів і (або) електродвигунів.

1.3. Механізація складських операцій на підприємствах легкої промисловості

На сьогоднішній день автоматизація є одним із перспективних шляхів розвитку більшості галузей матеріального виробництва, в тому числі і

підприємств легкої промисловості (взуттєвої, швейної, трикотажної тощо). До основних завдань, що потребують вирішення на шляху автоматизації технологічних процесів виробництва підприємств галузі можна віднести автоматизацію транспортно-складських операцій. В першу чергу, мова йде про повну або часткову автоматизацію процесів завантаження-розвантаження складів сировини та готової продукції, проміжних накопичувальних пунктів виробничих цехів тощо [29].

Зазвичай це призводить до підвищення продуктивності праці, зниження енерговитрат підприємства, збільшення терміну експлуатації виробничого обладнання тощо. Для обслуговування складських приміщень підприємств легкої промисловості зазвичай використовуються мостові крани-штабелери (рис. 1.5). Кран-штабелер – це пристрій, який застосовується в складських приміщеннях, де переважають багатоярусні і багаторядні стелажі [Кран-штабелер [11].

Несучою конструкцією крана штабелера є міст, до складу якого входять головні 1 та кінцеві балки 2. Вздовж головних балок мосту 1 переміщується вантажний візок 3, оснащений поворотною платформою 4 та механізмом підйому 5. До поворотної платформи 4 закріплюється жорстка або телескопічна колона 6 вздовж якої переміщується вилкоподібний вантажопідійомник 7. Міст крана-штабелера переміщується вздовж підкранових направляючих 8, які жорстко встановлюються на стелажах 9, або закріплюються на стінах (несучих колонах) складського приміщення.

Для переміщення необхідного вантажу, попередньо укладеному на спеціальному настилі, кран-штабелер підводить під нього вилкоподібний вантажопідійомник. Потім вантаж у вертикальній площині підіймається вздовж колони на необхідну висоту і переміщується по двом координатам в горизонтальній площині до потрібного міжстележного проходу, де колона повертається таким чином, щоб встановлений на вилкоподібному несучому органу вантаж був повернений в сторону чарунки того стелажа, в яку він має бути завантажений [14].

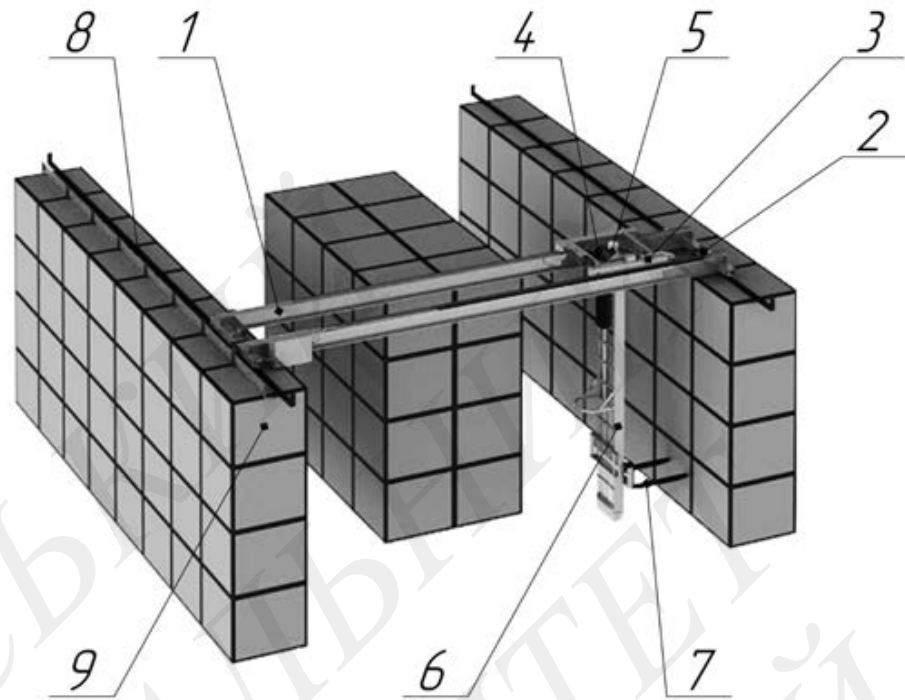


Рис. 1.5. Загальна компоновка мостового крану-штабелера: 1 – головні балки мосту; 2 – кінцеві балки мосту; 3 – вантажний візок; 4 – поворотна платформа; 5 – механізм підйому; 6 – колона; 7 – вантажопідйомник; 8 – підкранові направляючі; 9 – стелажі

По складському приміщенню мостовий кран-штабелер переміщується по крановим шляхам (вздовж підкранових направляючих), а колона – вздовж міжстелажного проходу [1]. При цьому відбувається вертикальне та горизонтальне переміщення необхідного вантажу. Коли несучий орган штабелера досягне потрібного положення (вантаж переміститься до потрібної чарунки), мостовий кран-штабелер автоматично зупиниться. Потім увімкнеться механізм переміщення вантажного візка і вантаж вводиться у потрібну чарунку. По закінченню завантаження, несучий орган займає вихідне положення. Мостовий кран-штабелер готовий до виконання наступного циклу роботи. Даний процес повністю автоматизований.

Використання сучасного, автоматизованого, високотехнологічного між операційного обладнання та налагодженої логістичної системи складських приміщень дозволяє підприємству-виготовлювачу знизити необґрунтовані

витрати, та надати ряд конкурентних переваг в сучасному бізнес-середовищі [14].

Висновки до розділу 1

1. Аналітичний огляд наявних на ринку вантажопідйомних механізмів для обслуговування складських приміщень підприємств легкої промисловості показав, що кран-штабелер є одним із найбільш ефективних пристроїв завантаження-розвантаження складів сировини та готової продукції, проміжних накопичувальних пунктів виробничих цехів.

2. Проведено порівняльний аналіз конструкцій кранів-штабелерів.

3. Враховуючи, що практично все зберігання продукції підприємств галузі перейшло на стелажну форму, предметом досліджень було обрано кран-штабелер стелажного типу. Проаналізовано можливі шляхи модернізації даного типу обладнання.

4. Кран-штабелер стелажного типу є найбільш ефективним та найбільш придатним для вдосконалення та автоматизації вантажопідйомним механізмом для складів зберігання продуктів легкої промисловості.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ СКЛАДСЬКИХ ПРОЦЕСІВ

2.1. Комплексні системи управління складськими та логістичними процесами

Автоматизація керування краном-штабелером це спосіб керування, при якому всі операції технологічного процесу виконуються із застосуванням технічних засобів, економіко-математичних методів і систем керування, які звільняють машиніста вантажопідйомної одиниці частково або повністю від безпосередньої участі в процесах отримання, перетворення, передачі і використання інформації.

Мета автоматизації керування крану – підвищення продуктивності і ефективності праці, поліпшення якості процесів вантажно-розвантажувальних і монтажних робіт, усунення людини від роботи в умовах, що вимагають великих затрат ручної праці і небезпечних для здоров'я. Продуктивність кранів-штабелерів і точність виконання операцій з переміщення та встановлення вантажів залежать від багатьох факторів, найважливішими з яких є зручності керування механізмом і нагляду за зоною, що обслуговується вантажопідйомною одиницею.

Перший з них визначається власне системою керування і типом застосовуваних апаратів керування, другий - пристроєм і розміщенням кабіни керування. Для успішної автоматизації керування кранами процес виробництва перевантажувальних і монтажних операцій повинен відповідати ряду вимог: вантажі повинні мати певну конфігурацію і розміри з жорсткими допусками, що дозволяють застосовувати керовані вантажозахоплювачі, а місця складування точні координати.

В даний час в будівельному виробництві організація, технологія і механізація не в повній мірі пристосовані до автоматизації, тому роботи, що проводяться по автоматизації керування крану носять пошуковий характер.

Практика показала, що можуть бути застосовані наступні методи автоматизації керування вантажопідйомною одиницею. Перший простіший, але менш досконалий: руху здійснюються послідовно і регулюються різними датчиками і кінцевими вимикачами (контактного або безконтактного типу); закінчення одного руху забезпечує автоматичне включення наступного.

Такий метод забезпечує безперервність процесу роботи зі збереженням лише заздалегідь заданих пауз, але при цьому ускладнює поєднання рухів різних механізмів крану, а також і переміщення вантажу по довільно заданим для кожного циклу трасах. Другим, більш досконалим, є метод, при якому всі рухи записуються у вигляді програми, по якій і здійснюються робочі процеси вантажопідйомної одиниці. На сучасному етапі більш поширений метод програмно-дистанційного керування кранами-штабелерами, принцип якого полягає в наступному [26].

Кран, що працює за програмою, доставляє вантажі з приоб'єктного складу або з транспортних засобів на будівельну, майданчик, а точне позиціонування здійснюється через дистанційне телекерування по радіоканалу операторами, один з яких знаходиться на строповці вантажу внизу, інший на монтажному горизонті. Керуючи краном-штабелером, вони по черзі за допомогою пульта, закріпленого на рівні вантажозахоплювача, адресують його руху з вантажем із зони складування в зону монтажу по найкоротшому шляху. Система керування виключає можливість одночасної роботи з двох пультів, може працювати лише той пульт, в зоні якого знаходиться вантажопідйомна одиниця.

Для орієнтації рухів підйому і опускання вантажу, зміни вильоту гака, повороту стріли, переміщення крану на робочих органах вантажопідйомної одиниці розташований ряд датчиків, що посилюють імпульси про координатах положення вантажу. Ці сигнали фіксуються пам'яттю логічного програмного контролера, він і вирішує завдання про вибір найкоротшої траєкторії руху гака з вантажем і без вантажу і видає відповідні команди на органи керування. Команди, послані з пульта керування і прийняті приймачем, надходять на

дешифратор, який в залежності від вмісту направляє їх в різні блоки: дистанційного керування, програмного пристрою або безпеки.

Імпульси з блоків впливають на відповідні елементи станції керування приводами, звідки команди через апаратуру надходять на електродвигуни приводів, які пов'язані зі своїми датчиками. Важливим аспектом автоматизації керування кранами-штабелерами є досягнення високої точності позиціонування, яка повинна відповідати регламентуються допусками на точність проектного положення збірних елементів в будівлі. Забезпечити цю вимогу дозволяє двох стадійне позиціонування елементів.

Для цього виконавчий пристрій крану повинен мати пристрій транспортування з глобальної та регіональними ступенями рухливості, що переміщує елемент в зону монтажу на великих швидкостях з точністю, що дорівнює десятим часток метра, і орієнтують пристрій з локальними ступенями рухливості, яка здійснює на низьких швидкостях орієнтування і позиціонування елемента в межах зони монтажу з необхідною точністю і подальшу посадку елемента на місце.

Система управління складом

Покращення ефективності виконання складських процесів є одним із факторів зниження витрат, що надає компанії ряд конкурентних переваг в сучасному бізнес-середовищі. Система управління складом (абрв. WMS від англ. Warehouse Management System) – це програмно-апаратна система управління складом, яка забезпечує комплексну автоматизацію управління складськими та логістичними процесами [30]. Автоматизація складських приміщень, впровадження сучасної WMS системи дозволить вирішувати ряд ключових завдань [31]:

- оперативно, в режимі реального часу керувати складом;
- отримувати інформацію про стан складу в будь-яких розрізах;
- оптимізувати використання всіх (речових, фінансових, трудових тощо) ресурсів складу за допомогою планування, аналізу завантаженості складського простору і обігу товарів.

Універсальної системи складської автоматизації не існує, і тому при виборі потрібної WMS системи потрібно враховувати наступне:

- стратегічні і тактичні цілі компанії;
- комплекс необхідних компанії складських операцій (логістика складу);
- можливість інтеграції складської системи з корпоративною системою компанії, від якої і залежить ефективність бізнесу в цілому.

Ефективне використання WMS системи можливе лише при умові її правильної інтеграції з різноманітними бізнес-процесами та якісного навчання персоналу, що в повній мірі дозволить використовувати всі можливості продукту [32]. До найбільш поширених систем управління складом, що використовуються провідними компаніями на території України можна віднести [32]: G.O.L.D Stock Manhattan WMS (розробник Manhattan Associates, США), Qguar WMS (розробник Quantum Corporation, США), Oracle WMS (розробник Oracle Corporation, США), RedPrairie (розробник Blue Yonder, США).

Зазвичай, самодостатні, великі компанії з чітко налагодженими бізнес-процесами відмовляються від використання готового рішення і розробляють власну, унікальну WMS систему, що в повній мірі буде враховувати всі особливості підприємницької діяльності [32].

Підготовчим етапом впровадження WMS системи може бути оптимізація і можлива реструктуризація технологічних процесів складу. Лише в такому випадку буде досягнуто максимальний синергетичний ефект від впровадження системи автоматизації складу з адресним зберіганням.

У професійному середовищі все більш актуальним є питання розрахунку економічної ефективності інвестицій. Як правило, кожен проект впровадження WMS системи унікальний, оскільки залежить від специфіки складу і оброблюваних матеріальних потоків [33].

2.2. Основні методи розрахунку економічної ефективності та систем керування складами

У професійному середовищі все більш актуальним є питання розрахунку економічної ефективності інвестицій. Як правило, кожен проект впровадження WMS унікальний, оскільки сильно залежить від специфіки складу і оброблюваних матеріальних потоків. Для розрахунку прогнозованого економічного ефекту від впровадження WMS необхідно провести обстеження конкретного складу. Фахівці допоможуть визначити витратну частину - сукупну вартість володіння системи, а також доходну частину - економічний ефект від впровадження WMS. Економічний ефект можна визначити, обчисливши для конкретного складу набір показників, за кожним з яких можна спрогнозувати зміну в результаті впровадження WMS.

Наприклад, можуть використовуватися такі показники ефективності роботи складу: пропускна здатність за період (по зонам складу, за видами товару і т. п.); ємність зберігання за видами товару; коефіцієнт використання площі; коефіцієнт використання обсягу; питома пропускна здатність складу за період в перерахунку на співробітника; питома пропускна здатність складу за період в перерахунку на одиницю площі або об'єму складу; швидкість обслуговування транспортного засобу на приймання; швидкість обслуговування транспортного засобу на відвантаження; відсоток запланованих і не обслугованих транспортних засобів / замовлень на приймання / відвантаження за період; коефіцієнт клієнтського сервісу за період (відношення невідвантаженого товару конкретного клієнта до замовленого клієнтом товару); коефіцієнт якості відвантаження (відношення невірно відвантажених / недовкладень / надлишків до відвантаженому товарному потоку); коефіцієнт товарних втрат (відношення товарних втрат до ємності зберігання / відвантажуються товаропотоку / загальному товаропотоку (розраховується в грошових або товарних одиницях); час, необхідний для проходження стандартного замовлення з моменту його запуску до моменту відвантаження [34].

2.3. Особливості використання лінійних асинхронних двигунів

Аналіз приводу

В даний час, як виконавчі елементів електроприводів спеціального призначення, все більшого поширення набувають лінійні двигуни, використовувані в різних областях техніки.

Лінійний двигун це електродвигун, у якого один з елементів магнітної системи розімкнута, і має розгорнуту обмотку, створює магнітне поле, а інший взаємодіє з ним і виконаний у вигляді направляючої, що забезпечує лінійне переміщення рухомої частини двигуна. При цьому виникає зазор, а рух відбувається без безпосереднього контакту і, отже, без тертя. Насправді лінійний двигун - це стандартний двигун, але компоненти його розташовані так, що електромагнітні котушки переміщують плоский статор. Нерухому частину лінійного електродвигуна, яка одержує електроенергію з мережі, називають статором, або індуктором. Частина двигуна, яка отримує енергію від статора, називають вторинним елементом або якорем.

В даний час розроблено безліч різновидів (типів) лінійних електродвигунів. Наприклад, лінійні асинхронні електродвигуни, лінійні синхронні електродвигуни, лінійні електромагнітні двигуни, лінійні магнітоелектричні двигуни, лінійні магнітострикційні двигуни, лінійні п'єзоелектричні двигуни тощо. Багато типів лінійних двигунів, такі як асинхронні електродвигуни, синхронні електродвигуни або двигуни постійного струму, повторюють за принципом своєї дії відповідні двигуни обертового руху, в той час як інші типи лінійних двигунів (магнітострикційні, п'єзоелектричні тощо). Не мають практичного виконання як двигуни обертового руху.

Частини лінійного двигуна можуть мати як плоску, так і циліндричну форму. При використанні в промисловому обладнанні паралельно з лінійним двигуном часто встановлюються напрямні кочення, це майже не знижує ефективність, але значно підвищує точність і вантажопідйомність. Системи

лінійного переміщення з лінійними двигунами часто вимагають спеціальних гальм або стопорів, які утримують, зберігають позицію інструменту або зразка при відключенні струму.

Є два основних типи лінійних двигунів: з швидким прискоренням і з повільним. Хоча, порівнюючи з характеристиками інших типів лінійних приводів, правильніше було б сказати «надшвидким» і «швидким». Лінійні двигуни першого типу використовуються, наприклад, для розгону снарядів в так званих рельсотрони. Другий тип застосовується в поїздах на магнітній подушці і системах лінійного переміщення.

Осьове зусилля промислових лінійних двигунів становить від декількох Н до десятків кН. Діапазон швидкостей також дуже широкий - від 10 мкм/с до 15 м/с. Швидкість корисного переміщення лінійних двигунів може перевищувати 200 м/хв. Типові довжини ходу - десятки-сотні мм, проте хід може досягати 30 м, причому не в транспортній системі, а в обробному верстаті. Вкрай мале тертя і пряме перетворення енергії забезпечують лінійному двигуну ККД понад 90%.

Лінійні двигуни широко використовуються в прецизійному автоматизованому обладнанні. Це обробні центри, металорізальні верстати з ЧПУ, наприклад, токарні, свердлильні та фрезерні, лазерні верстати для прецизійної різання різних матеріалів (металу, полімерів, тканин і т.д.). Крім того, лінійні двигуни застосовуються в багатокординатних системах і роботах, на складальних виробництвах, при виробництві напівпровідників.

Основні переваги лінійних двигунів обумовлюються їх конструкцією і принципом дії - в них силове електромагнітне поле безпосередньо перетворюється в механічну енергію, і відсутні зайві рухомі частини. При їх роботі, навіть з урахуванням високої ефективності, виділяється багато тепла, тому нерідко використовується повітряне або рідинне охолодження. У порівнянні з гвинтовими приводами, лінійні двигуни більш довговічні, з часом не втрачають точності, а також не мають осьового люфту і майже не створюють вібрацій. Також необхідно враховувати, що точність переміщення і

позиціонування лінійних двигунів визначається в першу чергу можливостями системи керування.

Лінійні двигуни можна віднести до категорії спеціальних актуаторів, оскільки вони є специфічними пристроями і досить дорогі. Залежно від умов застосування і вимог, що пред'являються ми можемо запропонувати вам різні лінійні двигуни або інші лінійні приводи. Наші технічні фахівці проаналізують ситуацію і виберуть найбільш підходяще в даному випадку пристрій [20].

Основні відомості про лінійний привід

Найбільшого поширення набули асинхронні лінійні двигуни. Подання про устрій лінійного асинхронного двигуна можна отримати, якщо подумки розрізати статор 1 і ротор 4 з обмотками 2 і 3 звичайного асинхронного двигуна уздовж осі по котра утворює і розгорнути в площину, як це показано на рисунку 2.1. Новоутворена «плоска» конструкція являє собою принципову схему лінійного двигуна. Якщо тепер обмотки 2 статора такого двигуна підключити до мережі змінного струму, то утворюється магнітне поле, вісь якого буде переміщатися уздовж повітряного зазору зі швидкістю, пропорційною частоті напруги живлення і довжині полюсного поділу. Це переміщається уздовж зазору магнітне поле перетинає провідники обмотки 3 ротора і індукує в них ЕРС, під дією якої по обмотці почнуть протікати струми. Взаємодія струмів з магнітним полем призведе до появи сили, що діє, за відомим правилом Ленца, в напрямку переміщення магнітного поля. Ротор - надалі будемо називати його вже вторинним елементом - під дією цієї сили почне рухатися з деяким відставанням (ковзанням) від магнітного поля, як і в звичайному асинхронному двигуні. Для отримання постійного по величині зусилля при русі бігуна розміри статора і бігуна вибирають різними:

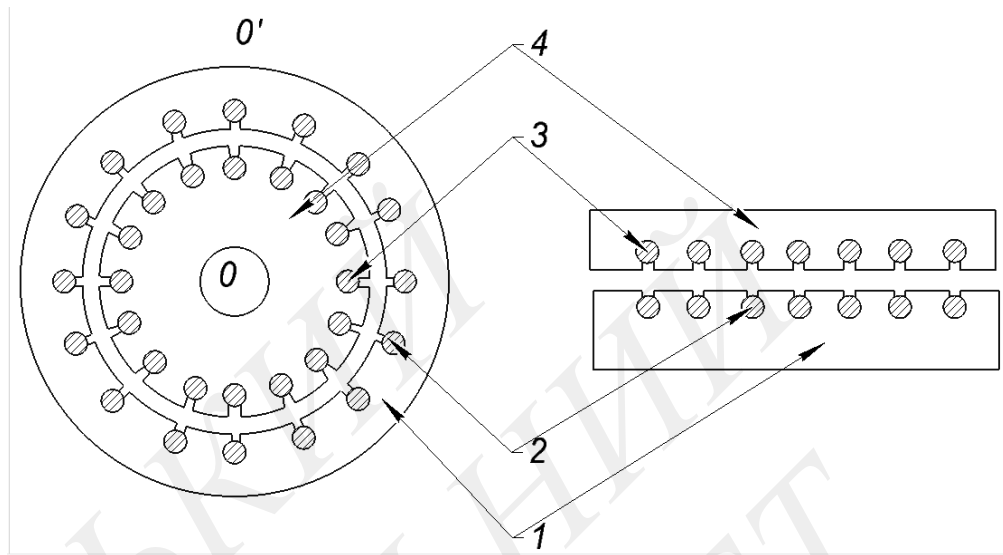


Рис. 2.1 Конструкція лінійного асинхронного двигуна

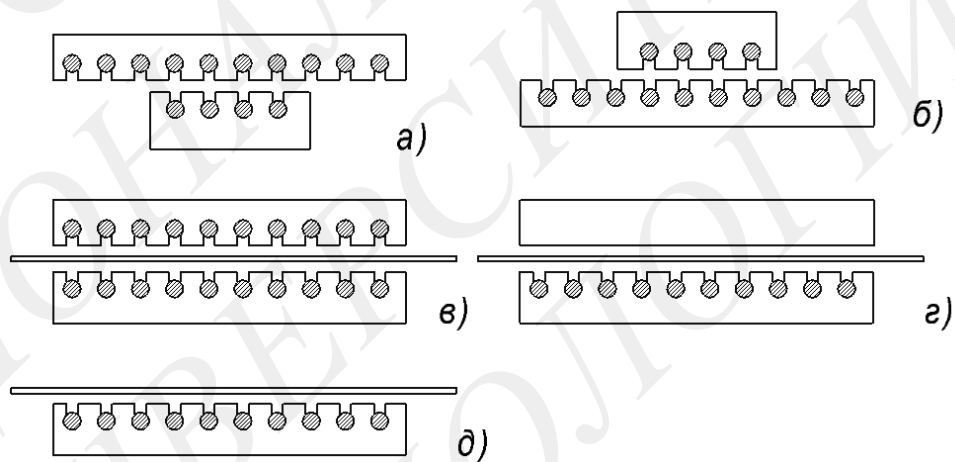


Рис. 2.2 Лінійні асинхронні машини з різними відносними розмірами статора і вторинного елемента

Представлена на рис. 2.2 конструкція являє собою лінійний двигун з однаковими розмірами статора і вторинного елемента. Крім такої конструкції, в залежності від призначення лінійного двигуна вторинний елемент може бути довшим статора (рис. 2.2, а) або коротше його (рис. 2.2, б). Такі двигуни отримали відповідно назва двигунів з коротким статором і коротким вторинним елементом. Вторинний елемент лінійного двигуна не завжди забезпечується обмоткою. Часто - і в цьому одна з переваг лінійного асинхронного двигуна - як вторинної елемента використовується металевий лист (смуга), як показано на рис. 2.2, д. Вторинний елемент при цьому може

розташовуватися також між двома статорами (рис. 2.2, в) або між статором і феромагнітним сердечником (рис. 2.2, г). Двигун з конструктивною схемою, наведеної на рис. 2.2, д, отримав назву двигуна з одностороннім статором, зі схемою по рис. 2.2, в - з двостороннім статором і зі схемою по рис. 2.2, г - з одностороннім статором і сердечником. Вторинний елемент виконується з міді, алюмінію або сталі, причому використання не магнітного вторинного елемента передбачає застосування конструктивних схем з замиканням магнітного потоку через феромагнітні елементи, як, наприклад, на рис. 2.2, в. Деяке поширення отримали складні складові вторинні елементи з прилеглими один до одного смугами з немагнітного і феромагнітного матеріалу, при цьому феромагнітна смуга виконує роль частини муздраттеатру. Принцип дії лінійних двигунів з вторинним елементом у вигляді смуги повторює роботу звичайного асинхронного двигуна з масивним феромагнітним або порожнистим немагнітним ротором. Обмотки статора лінійних двигунів мають ті ж схеми з'єднання, що і звичайні асинхронні двигуни, і підключаються зазвичай до мережі трифазного змінного струму. Відзначимо, що лінійні двигуни дуже часто працюють в так званому зверненому режимі руху, коли вторинний елемент нерухомий, а переміщується статор. Такий лінійний двигун, який отримав назву двигуна з рухомим статором, знаходить, зокрема, широке застосування на електричному транспорті.

Сфера застосування лінійного приводу в промисловості

Широке застосування лінійні двигуни знайшли в електричному транспорті, чому сприяв цілий ряд переваг цих двигунів. Одне з них, вже відзначене вище, визначається прямолінійністю руху вторинного елемента (або статора), що природно поєднується з характером руху транспортних засобів.

Інше, не менш важлива обставина пов'язано з незалежністю сили тяги від сили зчеплення коліс з рейковим шляхом, що недосяжно для звичайних систем електричної тяги. Тому прискорення і швидкості руху транспортних засобів при використанні лінійних двигунів можуть бути як завгодно

високими і обмежуватися тільки комфортабельністю руху, допустимою швидкістю кочення коліс по рейковому шляху і дорозі, динамічної стійкістю ходової частини транспорту та шляхи. Виключається при використанні лінійних двигунів і буксування коліс електричного транспорту.

Одна з можливих конструктивних схем з'єднання лінійного двигуна з рейковим транспортним засобом представлена на рис. 2.3.

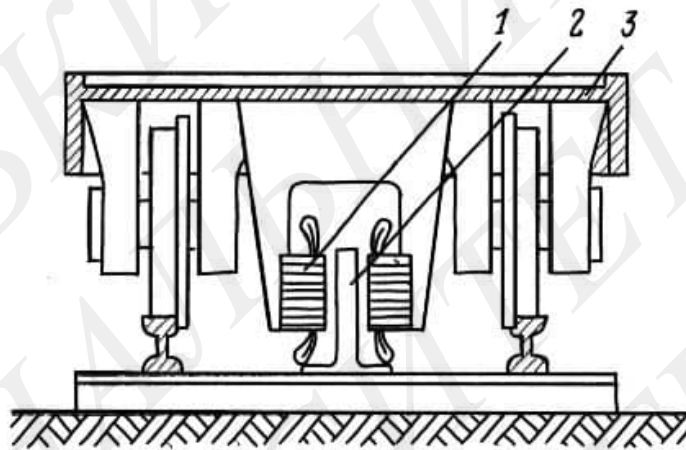


Рис. 2.3 Конструктивна схема з'єднання лінійного двигуна

Лінійний двигун (рис. 2.3), закріплений на візку 3 рухомого складу, має конструкцію з двостороннім статором 1. Вторинним елементом є укріплена між рейками смуга 2. Напруга на статор двигуна подається за допомогою ковзних контактів. Відомі також конструкції лінійних двигунів, де вторинним елементом є рейок і елементи несучої конструкції. Такі схеми характерні, зокрема, для монорейкових пасажирських і вантажних доріг і механізмів переміщення кранів.

На рис. 2.4 представлено вітчизняний лінійний двигун, сконструйований для монорельсової дороги. Цей двигун має двосторонній статор 1 з обмоткою 2, всередині якого знаходиться вторинний елемент у вигляді смуги 3. Статор двигуна переміщається по смугі за допомогою несучих роликів 5. Ролики 4 служать для взаємної фіксації статора і вторинного елемента в горизонтальному напрямку.

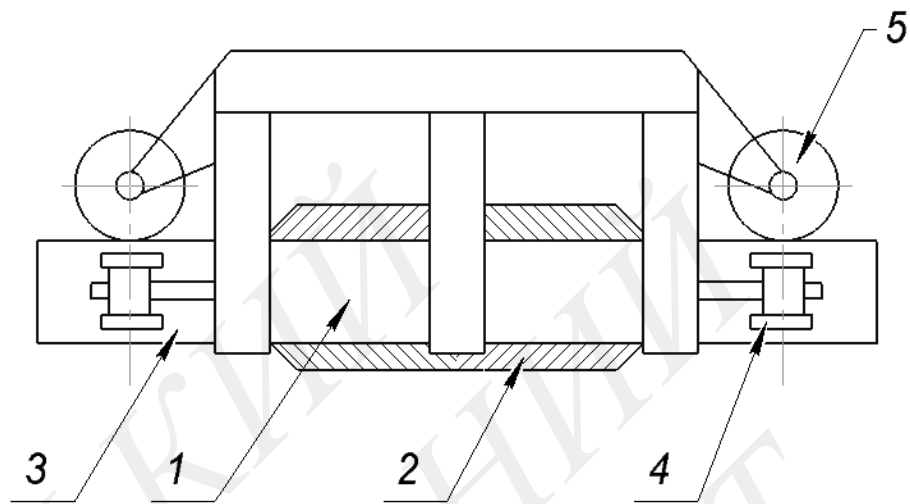


Рис. 2.4 Вітчизняний лінійний двигун для монорельсової дороги

На рис. 2.5 представлено приклад використання лінійних асинхронних двигунів для механізмів транспортування вантажів різних виробів. Конвеєр, призначений для переміщення сипучих матеріалів 1 з бункера 2, має металеву стрічку 3, укріплену на барабанах 4. Металева стрічка проходить всередині статорів 5-го лінійного двигуна, будучи вторинним елементом. Застосування лінійного двигуна в цьому випадку дозволяє знизити попередній натяг стрічки і усунути її прослизання, підвищити швидкість і надійність роботи конвеєра.

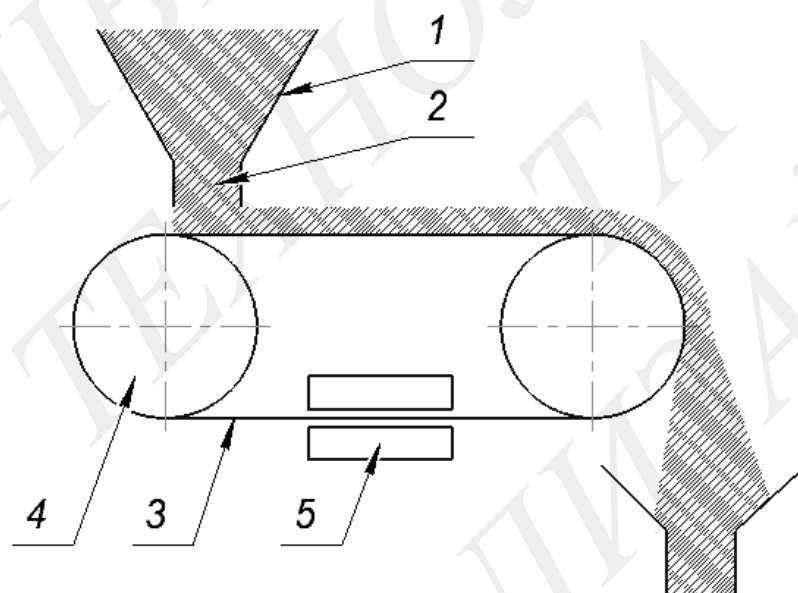


Рис. 2.5 Приклад використання лінійних асинхронних двигунів

Великий інтерес представляє використання лінійного двигуна для машин ударної дії, наприклад молотів для забивання паль, що застосовуються

при дорожніх роботах і будівництві. Конструктивна схема такого молота, показана рис. 2.6. Статор лінійного двигуна 1 розташовується на стрілі молота 2 і може переміщатися по напрямних стріли в вертикальному напрямку за допомогою лебідки 3. Ударна частина молота 4 є одночасно вторинним елементом двигуна.

Для підйому ударної частини молота двигун включається таким чином, щоб рух магнітного поля був направлений вгору. При підході ударної частини до крайнього верхнього положення двигун відключається і ударна частина опускається вниз на палю під дією сили тяжіння. У деяких випадках двигун не відключається, а реверсується, що дозволяє збільшити енергію удару. У міру заглиблення палі статор двигуна переміщається вниз за допомогою лебідки [27].

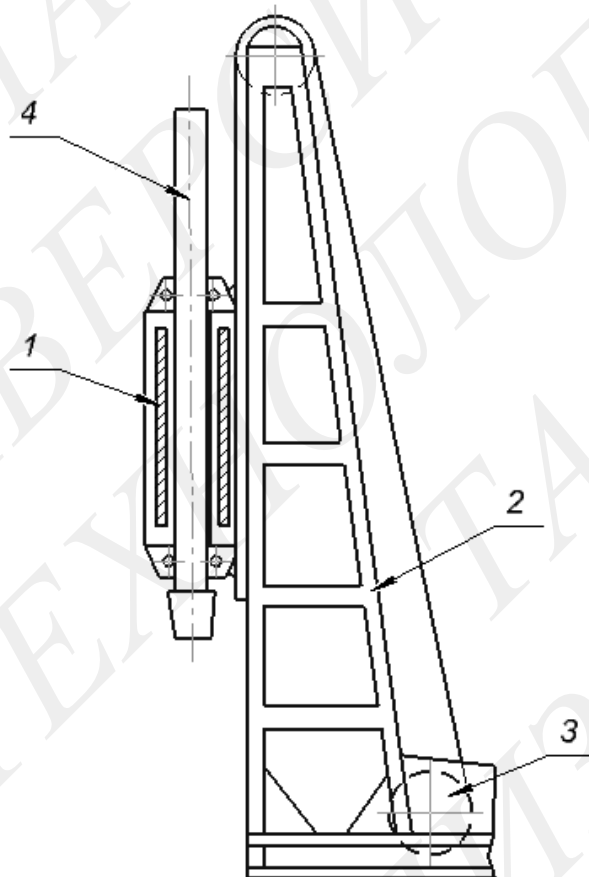


Рис. 2.6. Конструктивна схема молота

Висновки до розділу 2

1. Проведено аналіз комплексних систем управління складськими та логістичними процесами підприємств галузі.

2. Встановлено, що обраний предмет досліджень може бути впроваджений в системи управління складськими та логістичними процесами та модернізований згідно сучасних вимог, що висуваються до подібних систем.

3. Аналіз існуючих конструкцій вантажопідйомних систем показав доцільність модернізації крану-штабелеру за допомогою лінійних асинхронних двигунів.

4. Представлено основні відомості про лінійні асинхронні двигуни, сфери їх застосування в промисловості. Проведено порівняльний аналіз приводів на базі класичних асинхронних двигунів та лінійних асинхронних двигунів.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ КРАНА-ШТАБЕЛЕРА

3.1. Попередні розрахунки крана-штабелера

Крани-штабелери стелажні автоматичні вантажопідйомністю 2 т призначені для механізації процесів укладання в стелажі і видачі з стелажів на завантажувальні пристрої вантажів, покладених в стандартну ящиків тару по ДСТУ 14861-74 або на спеціальні піддони і тару з розмірами в плані 1200·800 мм для кранів -штабелеров вантажопідйомністю 2 т [35].

Крани-штабелери призначені для застосування в автоматизованих транспортно-складських системах, що функціонують як самостійно, так і в складі автоматизованих технологічних комплексів, а також для використання в цехових складах машинобудівних заводів. Кліматичне використання кранів-штабелерів по ДСТУ 15150-69 [36].

Крани-штабелери не призначені для застосування у вибухо- і пожежо-небезпечних приміщеннях, в приміщеннях з парами кислот і лугів, концентрації яких викликають руйнування електричної ізоляції і металевих конструкцій, а також в приміщеннях, в яких можливе виділення шкідливих речовин в повітря робочої середовища [10].

Кран-штабелер транспортується і надходить споживачеві упакованим в дерев'яні ящики, крім колони, наступними частинами:

- візок в зборі з приводом переміщення, напрямними роликками, підхватами і кінцевими вимикачами;
- колона;
- привід підйому;
- оголовок;
- вантажопідйомник в зборі з електрообладнанням;
- направляючі для установки шунтів і напрямні кабельного блоку;
- зчитувачі, кінцеві вимикачі, шунти, лінійки;

- кабельні вироби, деталі та вузли кріплень кабелів, кабельний блок, клемні коробки, кабельні візки та інші вузли;
- електрошафа з реакторами;
- пристрій керування рухом в зборі з кронштейном для його установки на крані-штабелері;
- командне пристрій керування;
- запасні частини.

Технічний опис

Технічні характеристики кранів-штабелерів стелажних автоматичних вантажопідйомністю 2 т представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Технічні характеристики кранів-штабелерів

Вантажопідйомність, т	2,0
Режим роботи крана-штабелера	ДСТУ 25546-82
Режим роботи механізмів по ДСТУ 25835-83:	
привід переміщення	5М (А5;В2)
привід підйому	5М (А4;В3)
привід висунення вантажозахоплювального органа	5М (А4;В3)
Максимальна відстань від головки рейки до підвісного шляху, Нр, м	0,9
Максимальна висота підйому вантажозахоплювального органа, Нп, м	11
Габарити вантажів, що переробляються:	
довжина, м	1,2
ширина, м	1,0
висота, м	1,06
Мінімальна висота опор ящикової тари, хв, м	1
Швидкість підйому вантажозахоплювального органа, м/с	0,2
Швидкість переміщення крана-штабелера, м/с	0,4

Технічні характеристики кранів-штабелерів

Швидкість висування вантажозахоплювального органа, м/с	2,0
Тип вантажозахоплювального органа	Телескопічний
Величина висунення вантажозахоплювального органа	920
Висота висунутих елементів вантажозахоплювального органа, м	0,086
Ширина крана-штабелера, В, м	0,9
Довжина крана-штабелера (уздовж шляху), м	1,7
Ширина проходу для штабелювання, А, м	5,6
Керування	1,2
Тип верхньої рейки	Автоматичне
Тип нижньої рейки	Автоматичне
Сумарна потужність встановлених електродвигунів, кВт	0,15
Коефіцієнт встановленої потужності	3,0
Напруга, В	8,5
Максимальна маса крана-штабелера, т	380
Підведення електроживлення	Гнучким кабелем

Зміст виробу

До складу виробу входять:

- кран-штабелер;
- комплект монтажних частин;
- запасні частини;
- експлуатаційна документація.

Кран-штабелер складається з наступних складових частин: привід підйому; вантажопідйомник; візок; колона; оголовок; електрообладнання.

У комплект монтажних частин поставляються з краном-штабелером, входять:

- установка інформаційних каналів зв'язку;
- пристрій командне;
- буфери гідравлічні;
- візки кабельні;
- деталі для кріплення рейкового і підвісного шляхів;
- кабель підвісний для електроживлення крана-штабелера;
- лінійки, кронштейни тощо

Принцип роботи виробу

Привід переміщення встановлений на візку, що має два колеса: одне приводне і одне неодружене діаметром 200 мм. На торцях візки встановлено по парі ковзанонок, що утримують кран-штабелер від бокового зміщення. Катки встановлені на прокладках, службовців для регулювання зазорів між катками і бічною поверхнею рейки [37].

До візку за допомогою болтів кріпиться колона. По напрямних на колоні переміщається вантажопідійомник. На вантажопідійомник встановлений вантажозахватний орган, а також фотоелементи для контролю положення вантажу, датчики контролю зайнятості осередків стелажів і зчитувач адреси по вертикалі.

Підведення електроживлення до вантажопідійомника здійснюється за допомогою гнучких кабелів. Натяг кабелів здійснюється блоком, що переміщається по напрямних, закріплених на колоні на половині її висоти.

Привід підйому розташований на нижній частині колони. Натяг вантажного каната контролюється обмежувачем вантажопідійомності.

У верхній частині колони встановлений оголовок, на якому є 4 відвідних блоку і пара направляючих катків, службовців для утримання крана-штабелера в вертикальному положенні [1].

Кран-штабелер переміщається між стелажими по рейці, покладеному уздовж поздовжньої осі міжстелажного проходу. У верхній частині

міжстелажного проходу покладений підвісний шлях з двутавра №12, за яким обкатуються катки, встановлені на оголовку крана-штабелера.

Підведення електроживлення крана-штабелера здійснюється за допомогою гнучких кабелів, підвішених на спеціальних візках, які прямують по підвісному шляху [38].

Керування краном-штабелером:

- автоматичне - від командного пристрою;
- ручне - з налагоджувального пульта.

Система автоматичного керування передбачає можливість безпосереднього керування від ЕОМ верхнього рівня.

Кран-штабелер виконує наступні роботи:

- бере вантаж з завантажувального пристрою і встановлює його в осередок стелажа;
- бере вантаж з осередку стелажа і встановлює його на завантажувальний пристрій;
- бере вантаж з будь-якої комірки стелажа або будь-якого завантажувального пристрою, що працює на завантаження стелажів і встановлює його в іншу клітинку стелажа або на інше завантажувальний пристрій, що працює на вивантаження [39].

Будь-яка із зазначених вище робіт виконується краном-штабелером по команді від ЕОМ або з командного пристрою, що включає адресу осередки, з якої кран-штабелер повинен взяти вантаж і адреса комірки, в яку кран-штабелер повинен встановити вантаж [40].

Після отримання команди кран-штабелер виконує роботу в наступній послідовності:

- включається привід підйому і переміщення, кран-штабелер підходить і зупиняється у осередку, звідки треба взяти вантаж;
- включається привід висування вантажозахоплювального органа, захоплення висуваються і встановлюються під вантажем в осередку стелажа;

- включається привід підйому, вантаж підіймається, привід підйому вимикається;
- включається привід вантажозахоплювального органа, захвати з вантажем повертаються в середнє положення;
- включається привід підйому і переміщення, кран-штабелер підходить і зупиняється у осередку, в яку треба встановити вантаж;
- шляхом послідовного включення приводу вантажозахоплювального органа та приводу підйому вантаж встановлюється в задану клітинку;
- після повернення вантажозахоплювального органа в середнє положення, кран-штабелер залишається на місці до отримання наступної команди.

3.2. Розрахунок механізму переміщення візка

Розрахунок опору переміщенню візка крана-штабелера з вантажем.

Наведена нижче методика і норми розрахунку застосовуються для механізмів переміщення кранів і вантажних візків, що переміщаються по рейковому шляху [41].

Опір переміщенню крана:

$$W_{\text{пер}} = k_p + W_{\text{тр}}^P + W_{\text{ук}} + W_{\text{в}}$$

k_p - коефіцієнт, що враховує опір тертя реборд ходових коліс крана об голівку рейок (при підшипниках ковзання - тертя торців маточин колеса) при русі крана (табл.6.1), тому що колесо безребордне, то $k_p = 1$ [42].

$W_{\text{тр}}^P$ - опір тертя при русі крана з урахуванням тертя роликів;

$W_{\text{ук}}$ - опір від ухилу підкранових колій;

$W_{\text{в}}$ - опір від дії вітрового навантаження

Опір тертя визначається за формулою:

$$W_{\text{тр}} = \frac{Q + G}{D_{\text{х.к.}}} \cdot (2\mu + f \cdot d)$$

Коефіцієнт опору тертя реборд ходових коліс крана

Механізми	Привод механізму	Ходові колеса		Значення k_p
		обод	подшипники	
Переміщення моста	Центральний	Конічний	Кочення і ковзання	1,2
	Роздільний		Кочення	1,5
	Центральний	Циліндричний	Кочення і ковзання	1,5
Переміщення візка	Центральний	>>	кочення	2,5

Сила тертя ролика:

$$W_p = 0,08(Q + G) \cdot \frac{(2\mu + f \cdot d)}{d_p}$$

$Q = 2000$ - вага номінального вантажу, кг;

$G = 8500$ - власна вага крана, кг;

$D_{х.к.} = 200$ - діаметр ходового колеса, мм;

$\mu = 0,03$ - коефіцієнт тертя кочення (табл. 3.3) [43].

$d = 45$ - діаметр цапфи вала ходового колеса, мм;

$d_p = 150$ - діаметр ролика, мм

$f = 0,015$ – коефіцієнт тертя в підшипникових опорах ходових коліс;

значення f приймають:

Для підшипників ковзання відкритого типу - 0,10;

Для букс з рідким мастилом - 0,08;

Для кулькових і роликових підшипників - 0,015;

Для конічних підшипників кочення - 0,02.

Визначимо опір тертя:

$$W_{тр} = \frac{2000 + 8500}{20} \cdot (2 \cdot 0,03 + 0,015 \cdot 4,5) = 66,94 \text{ кг}$$

Коефіцієнт μ діаметру ходових коліс крана

Тип рейки	Діаметр ходового колеса, мм				
	200 и 300	400 и 500	600 и 700	800	900 и 1000
Плоский з опуклою головкою	μ для сталевих коліс, см				
	0,03	0,05	0,06	0,06	0,07
	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12
Плоский з опуклою головкою	μ для чавунних коліс, см				
	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12
	0,05	0,07	0,09	0,12	0,14

Визначимо силу тертя ролика:

$$W_p = 0,08(2000 + 8500) \cdot \frac{(2 \cdot 0,03 + 0,015 \cdot 4,5)}{15} = 7,14 \text{ кг}$$

$$W_{тр}^p = W_{тр} + W_p = 66,94 + 7,14 = 74 \text{ кг}$$

Опір від ухилу підкранових колій:

$$W_{ук} = \alpha \cdot (Q + G)$$

Розрахункові ухили підкранових колій α приймають:

Для шляхів з залізобетонним фундаментом на металевих балках - 0,001;

Для шляхів з щебеним підставою і дерев'яними шпалами - 0,002;

Для підвізкових шляхів на мосту крана - 0,002.

$$W_{ук} = 0,001 \cdot (2000 + 8500) = 10,5 \text{ кг}$$

Оскільки наш кран-штабелер працює в приміщенні, то $W_b = 0$

Знайдемо повний опір переміщенню крана:

$$W_{пер} = 1 \cdot 74 + 10,5 = 84,5 \text{ кг} = 845 \text{ Н}$$

Розрахунок опорів переміщення візка крана-штабелера без вантажу.

Опір тертя визначається за такою формулою:

$$W_{тp0} = \frac{G}{D_{х.к.}} \cdot (2\mu + f \cdot d) = \frac{8500}{20} \cdot (2 \cdot 0,03 + 0,015 \cdot 4,5) = 54,2 \text{ кг}$$

$$W_{p0} = \frac{0,08G}{d_p} \cdot (2\mu + f \cdot d) = \frac{0,08 \cdot 8500}{15} \cdot (2 \cdot 0,03 + 0,015 \cdot 4,5) = 5,78 \text{ кг}$$

$$W_{тp0}^P = W_{тp0} + W_{p0} = 54,2 + 5,78 = 60 \text{ кг}$$

Опір від ухилу підкранових колій:

$$W_{ук0} = \alpha \cdot G = 0,001 \cdot 8500 = 8,5 \text{ кг}$$

Оскільки кран-штабелер працює в приміщенні, то $W_b = 0$

Опір переміщенню крана без вантажу:

$$W_{пер0} = 1 \cdot 60 + 8,5 = 68,5 \text{ кг} = 680 \text{ Н}$$

Вибираємо двигун за опором із стандартного каталогу фірми w2htechnologies марки: LMAC160.

Основні характеристики обраного електродвигуна:

Тип: MLP070B-0100

Номінальна сила: 820 [Н]

Максимальна сила: 2600 [Н]

Номінальна швидкість: 200 [м/хв]

Максимальна швидкість при максимальному навантаженні: 100 [м/хв]

Номінальний струм: 5.5 [А]

Максимальний струм: 28 [А]

Основні параметри електродвигуна

Висота (A) = 61,4 мм

Ширина (B) = 130 мм

Довжина (C) = 360 мм

Маса = 10,4 кг

3.3. Розрахунок механізму підйому

Для розрахунку механізму підйому, крім його основних параметрів (вантажопідйомності Q , швидкості v підйому вантажу, висоти підйому вантажу), повинні бути задані режим роботи механізму і його кінематична і конструктивна схеми.

Визначення зусиль в канаті [44]:

Принципова схема поліспада механізму підйому наведена на рис. 3.1.

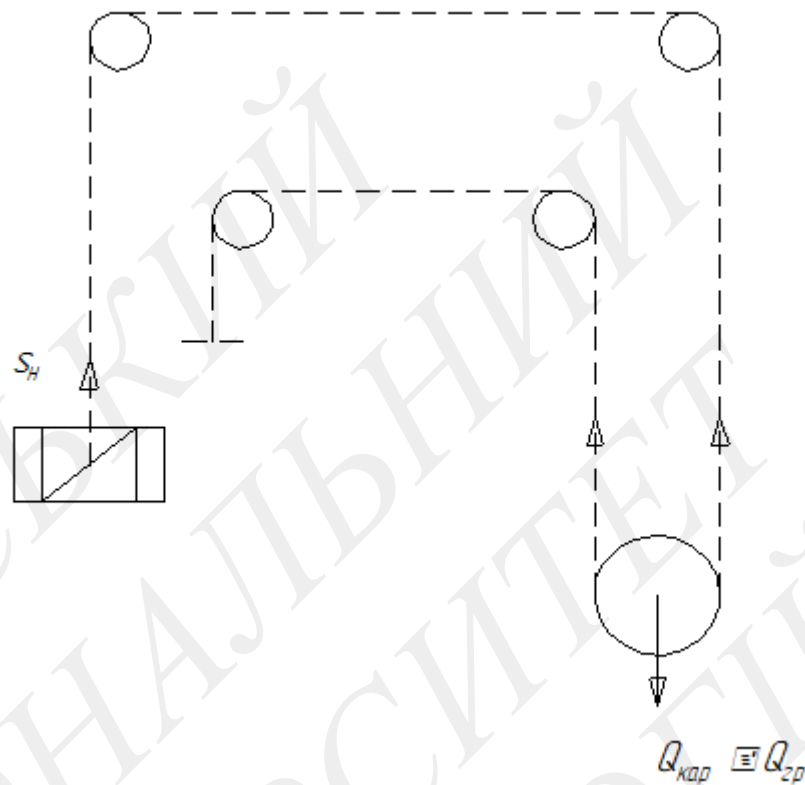


Рис. 3.1. Схема поліспада

Натяг каната при підйомі каретки з вантажем:

$$S_H = \frac{Q_{\text{кар}} + Q_{\text{гр}}}{m \cdot \eta_{\text{бл}}^z \cdot \eta_{\text{кар}}}$$

$Q_{\text{кар}} = 558$ – вага каретки, кг;

$Q_{\text{гр}} = 2000$ – вага вантажу, кг;

$m = 1$ – кількість поліспастів;

$\eta_{\text{бл}}$ – К.К.Д. блоку поліспада, що враховує втрати в опорах блоку, а

також втрати, викликані жорсткістю каната.

$$\eta_{\text{бл}} = 0,98$$

$\eta_{\text{кар}} = 0,9$ – К.П.Д. каретки;

$Z = 2$ – кількість направляючих блоків.

Натяг каната при підйомі каретки без вантажу

$$S_H = \frac{Q_{\text{кар}}}{m \cdot \eta_{\text{бл}}^z \cdot \eta_{\text{кар}}} = \frac{558}{1 \cdot 0,98^2 \cdot 0,9} = 658,7 \text{ кг}$$

Розрахунок каната

Розрахунок каната проводимо за формулою:

$$P_{\text{раз}} = k \cdot S_{\text{н}}$$

k – запас міцності, який приймається залежно від призначення каната і режиму роботи механізму; для вантажних канатів при важкому режимі роботи $k = 6$;

$P_{\text{раз}}$ – розривне зусилля каната в цілому, що приймається за таблицями ДСТУ.

$$P_{\text{раз}} = 6 \cdot 1840 = 11040 \text{ кг}$$

При виборі каната потрібно дотримуватися умова:

$$P_{\text{ст}} \geq P_{\text{раз}}$$

$P_{\text{ст}}$ – розривне зусилля по стандарту За таблицями на канати ДСТУ 2688-69 вибираємо канат типу ЛК-Р 6×19 = 114 діаметром 15 мм, що має при розрахунковому межі міцності дроту при розтягуванні, рівному 160 кг/мм², розривне зусилля $P_{\text{ст}} = 11700$ кг. Після вибору каната перевіряють фактичний запас його міцності [39, 45].

$$k_{\text{ф}} = \frac{P_{\text{ст}}}{S_{\text{max}}} \geq k$$

Фактичний запас міцності:

$$k_{\text{ф}} = \frac{11040}{1840} = 6$$

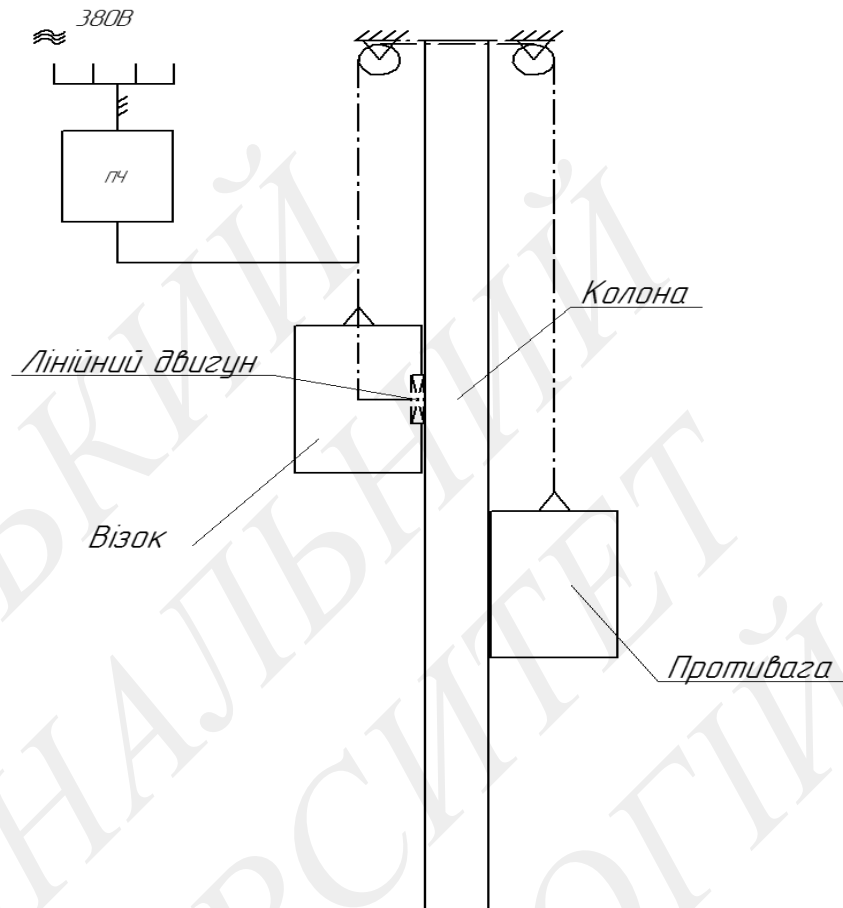


Рис. 3.2 Кінематична схема механізму підйому

Розраховуємо потужність лінійного приводу підйому вантажу [46, 47]:

$$F = G(1 - \psi_{зр}) + G_K + W$$

G – вага вантажу;

$\psi_{зр}$ – коефіцієнт зрівноважування ваги вантажу: беремо $\psi_{зр} = 0,4$;

G_K – вага каретки;

W – додатковий опір рухові візка.

$$W = K_1 G = 0,07 \cdot 2000 = 140 \text{ Н}$$

K_1 - коефіцієнт, який враховує опір рухові візка в напрямних.

$$F = G(1 - \psi_{зр}) + G_K + W = 2000 \cdot (1 - 0,4) + 20,8 + 85,5 = 841,5 \text{ Н}$$

3.4. Розрахунок механізму переміщення вил.

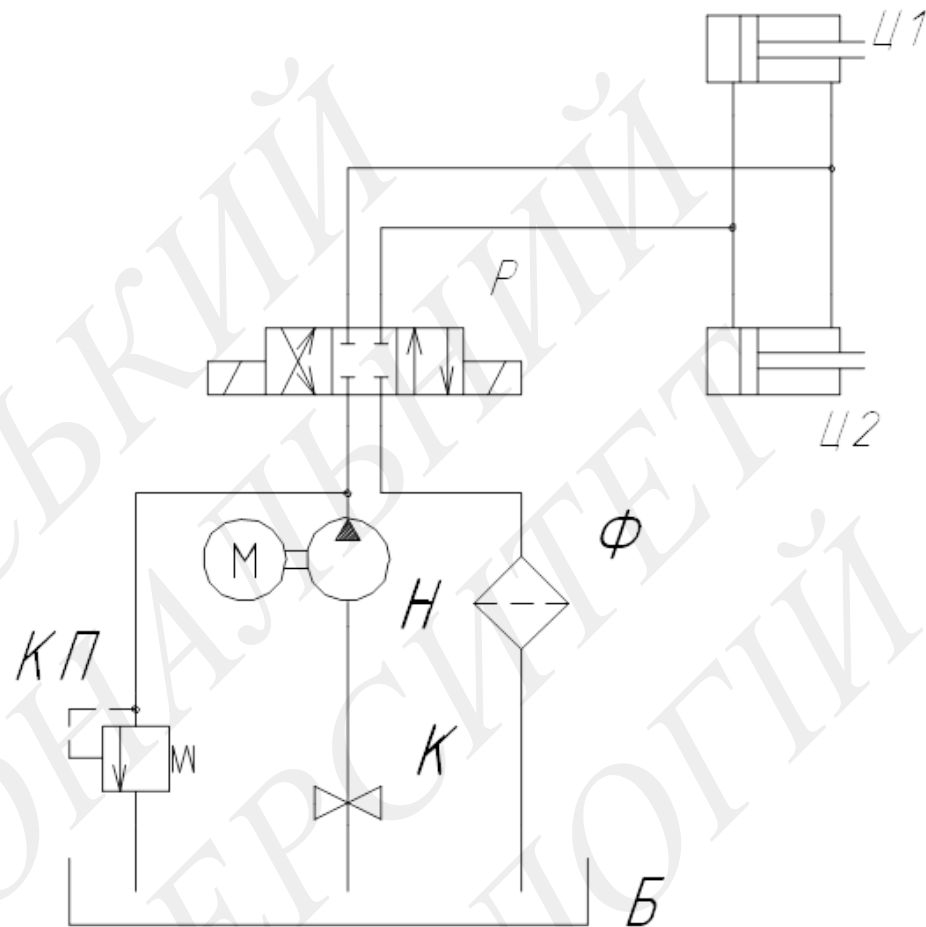


Рис. 3.3. Схема приводу переміщення вил

Оптимізація енерговитрат при гідроприводі повинна проводитися за двома параметрами: робочому тиску і витраті робочого тіла, окремо. Привід телескопічного захоплення крана-штабелера здійснюється від нерегульованого насоса (1), який має постійну частоту обертання робочого валу. В результаті оптимізації показника необхідно домогтися виконання умови найбільш повного завантаження електродвигуна насосної станції за потужністю. Тут необхідно зробити наступні передумови:

1. Установча потужність приводної станції мінімальна при мінімумі робочого тиску і витрати робочого тіла, тобто $p \rightarrow \min$ і $Q \rightarrow \min$;
2. Енерговитрати мінімальні при сталості мінімальних значень тиску і витрати протягом циклу, тобто при $p_{\min} = \text{const}$, $Q_{\min} = \text{const}$ [48].

Вибір гідроциліндра

Встановлено, що стійкість руху горизонтально розташованих гідроциліндрів може бути забезпечена лише при співвідношенні:

$$D_{\text{ц}} = (0,05 \dots 0,5) \cdot S$$

$D_{\text{ц}}$ – діаметр циліндра;

S – хід штока циліндра.

$$S = \frac{L}{U}$$

L – переміщення вил;

$U = 2$ – передавальне число.

Переміщення вил складається з довжини піддону і зазору між кінцем вил і стелажем.

$$L = 1,2 + 0,1 = 1,3 \text{ м}$$

$$S = \frac{1,3}{2} = 0,65 \text{ м}$$

$$D_{\text{ц}} = (0,05 \dots 0,5) \cdot 0,65 = (0,0325 \dots 0,325) \text{ м}$$

$$D_{\text{ц}} = 32 \div 325 \text{ мм}$$

Рекомендована швидкість поршня повинна бути не більше 0,5 м/с, тому час виконання операції має обмеження:

$$T = \frac{S}{0,5} = \frac{0,65}{0,5} = 1,3 \text{ с}$$

Приймаємо $D_{\text{ц}} = 32$ мм. При цьому захопленні зазор між кінцем вил і стелажем 0,06 м.

Опір при висуненні вил і нагнітанні в штокову порожнину без прогину:

$$W_1 = \left[\frac{(Q + G_3)}{d_p} \right] \cdot 6\mu$$

$Q = 1000$ – вага номінального вантажу, кг;

$G_3 = 25$ – власна вага захоплювача, кг;

$d_p = 4$ – діаметр роликів, см;

$\mu = 0,03$ – коефіцієнт тертя кочення.

$$W_1 = \left[\frac{(1000 + 25)}{4} \right] \cdot 6 \cdot 0,03 = 461,2 \text{ Н}$$

Опір при поверненні вил з урахуванням ухилу і з нагнітанням в поршневу порожнину:

$$W_2 = \left[\frac{(Q + G_3)}{d_p} \cdot \cos \alpha \right] \cdot 6 \mu$$

$\alpha = 3^\circ$ – ухил вил.

$$W_2 = \left[\frac{(1000 + 25)}{4} \cdot \cos 3^\circ \right] \cdot 6 \cdot 0,03 = 460,6 \text{ Н}$$

Тиск зрушення і холостого ходу при максимальному опорі переміщенню вил:

$$P = \frac{4W_2}{\pi D_{ц}^2} = \frac{4 \cdot 460,6}{0,032^2 \cdot \pi} = 0,6 \text{ МПа}$$

Площа поршня:

$$S_p = \frac{\pi \cdot D_{ц}^2}{4} = 8 \text{ см}^2$$

Площа поршня з боку штокової порожнини:

$$f_1 = \frac{S_p}{\varphi}$$

$\varphi = 1,65$ – коефіцієнт відношення площ з боку поршневої і штокової площини.

$$f_1 = \frac{8}{1,65} = 4,85 \text{ см}^2$$

Діаметр штока:

$$d_{ш} = \frac{\sqrt{4 \cdot f_1}}{\pi} = \frac{\sqrt{4 \cdot 4,85}}{3,14} = 2,8 \text{ см}$$

Площа штока:

$$S_{ш} = S_p - f_1 = 8 - 4,85 = 3,15 \text{ см}^2$$

Витрата робочого тіла при паралельній роботі циліндрів:

$$Q = \frac{V}{T}$$

V – об'єм робочого тіла, споживаний протягом часу T , знаходимо як добуток площі поршня на хід поршня:

$$V = \frac{S \cdot \pi \cdot D_{\text{ц}}^2}{4} = \frac{65 \cdot 3,14 \cdot 3,2^2}{4} = 522 \text{ см}^3$$

$$Q = \frac{522}{1,3} = 401,5 \text{ см}^3/\text{с} = 24 \text{ л/мин}$$

Робочий об'єм штокової порожнини:

$$V_1 = f_1 \cdot S = 4,85 \cdot 65 = 315,25 \text{ см}^3$$

Максимальні витрати штока:

$$Q_{\text{ш}} = \frac{V_1}{T} = \frac{315,25}{1,3} = 14,5 \text{ л/мин}$$

Тиск в штоковій порожнині:

$$P_{\text{ш}} = \frac{W_1}{f_1} = \frac{461,2}{4,85} = 0,95 \text{ МПа}$$

Тиск в поршневій порожнині:

$$P_{\text{ц}} = \frac{W_2}{S_{\text{ш}}} = \frac{460,6}{3,15} = 1,46 \text{ МПа}$$

Відповідно до ДСТУ ГОСТ 26058-85 оберемо гідроциліндр типу ЦРГ32·16·s [49]:

- номінальна тиском 16 МПа;
- максимальний тиск 20 МПа;
- тиск страгивання 1 МПа;
- хід поршня 630 мм [50].

Вибір насоса

Номінальна потужність на валу насоса:

$$N = \frac{2P \cdot Q_{\text{ш}}}{60\eta} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 14,5}{60 \cdot 0,9} = 0,54 \text{ кВт}$$

З каталогу виробника УкрСпецПроект по номінальній подачі і потужності виберемо насос типу НПЛ 40/6,3:

- робочий об'єм 40 см³;
- номінальна подача 35,7 л/хв;

- номінальний тиск на виході 6,3 МПа;
- номінальна частота обертання 950 об/хв;
- максимальна частота обертання 1500 об/хв;
- мінімальна частота обертання 600 об/хв;
- номінальна потужність 4,3 кВт;
- повний К.К.Д. 0,85 [50].

Вибір електродвигуна.

Потужність електродвигуна залежно від подачі насоса визначається за формулою:

$$N = \frac{PQ}{60\eta_n} = \frac{1,46 \cdot 35,7}{60 \cdot 0,85} = 1,02 \text{ кВт}$$

Q – подача насоса, л/хв;

P – тиск в напірній лінії, МПа;

η_n – повний ККД насоса.

За каталогом на електродвигуни виберемо електродвигун типу 4A80A4 з номінальною потужністю 1,1 кВт.

Вибір гідророзподільника

З каталогу виберемо (P1) гідророзподільник В6:

- діаметр умовного проходу 6 мм;
- номінальний тиск 6 МПа;
- максимальне зусилля керування на рукоятці 45 Н [50].

Вибір трубопроводу

Оскільки система переміщення вил - це система низького тиску (до 2,5 МПа), то використовуємо алюмінієві труби по ДСТУ 18475-82, довжиною 3м [51].

Вибір бака.

Виходячи з витрат гідроциліндрів і робочого об'єму насоса виберемо бак місткістю 200 л.

3.5. Розрахунок гідравлічного буфера

Буферний пристрій призначений для обмеження переміщення крана-штабелера уздовж стелажів, шляхом поглинання кінетичної енергії крана-штабелера.

Завданням розрахунку є визначення необхідної кількості отворів, їх діаметра і координат по довжині циліндра, що забезпечують постійне задане значення середнього сповільнення 4 м/с^2 в процесі гальмування при амплітуді пульсацій гальмівного зусилля не більше 20%.

Розглянемо найбільш несприятливий випадок: кран-штабелер з номінальним вантажем рухається на повній швидкості, двигун приводу переміщення при заїзді крана-штабелера на кінцевий упор продовжує працювати.

Визначення розрахункової кількості отворів уздовж твірної циліндра

$$n = v \sqrt{\frac{\alpha}{\beta}}$$

з урахуванням позначень

$$\alpha = \frac{\pi \rho}{8 \mu^2} \cdot \frac{D^6}{d^4}$$

$$\beta = \frac{m \omega + P - R}{z} c \lambda$$

$v = 2,5 \text{ м/с}$ – розрахункова швидкість руху крана-штабелера;

$m = 4250 \text{ кг}$ – номінальна маса крана-штабелера з номінальним вантажем;

$\omega = 4 \text{ м/с}^2$ – розрахункове сповільнення;

$R = 342 \text{ Н}$ – опір переміщення крана-штабелера;

$z = 2 \text{ Н/м}$ – жорсткість поворотної пружини;

$\lambda = 0,012 \text{ м}$ – попереднє стиснуті пружини;

$\rho = 0,85 \text{ кг/м}^3$ – щільність робочої рідини;

$\mu = 0,6$ – коефіцієнт витрати; для конічноподібного дифузора з кутом при вершині 90° ;

$D = 0,08$ м – діаметр поршня;

$d = 0,004$ м – діаметр отвору;

$z = 1$ – кількість одночасно працюючих буферів;

$P = 325$ Н – зусилля приводу переміщення;

$$P = \frac{G \cdot k}{2} = \frac{3250 \cdot 0,2}{2} = 325 \text{ Н}$$

k – коефіцієнт зчеплення

$$\alpha = \frac{3,14 \cdot 0,85}{8 \cdot 0,6^2} \cdot \frac{0,08^6}{0,004^4} = 952$$

$$\beta = \frac{4250 \cdot 4 + 325 - 342}{1} \cdot 2 \cdot 0,012 = 407,6$$

$$n = 2,5 \sqrt{\frac{952}{407,6}} = 3,82 \sim 4$$

Дрібна частина n_1 числа n реалізується як отвір діаметром:

$$d_1 = d \cdot \sqrt{n_1} = 0,004 \cdot \sqrt{0,82} = 0,004 \text{ м}$$

яке розташовується поблизу днища циліндра.

Координату центру i -го отвору, відлічувану від торця поршня в його початковому положенні, обчислюють за формулою:

$$S_i = \frac{v^2 \alpha - \beta(n-i)^2}{2\omega\alpha - c(n-i)^2}$$

i – порядковий номер отвору.

$$S_1 = \frac{2,5^2 \cdot 952 - 407,6(4-1)^2}{2 \cdot 4 \cdot 952 - 2(4-1)^2} = 0,3 \text{ м}$$

$$S_2 = \frac{2,5^2 \cdot 952 - 407,6(4-2)^2}{2 \cdot 4 \cdot 952 - 2(4-2)^2} = 0,56 \text{ м}$$

$$S_3 = \frac{2,5^2 \cdot 952 - 407,6(4-3)^2}{2 \cdot 4 \cdot 952 - 2(4-3)^2} = 0,73 \text{ м}$$

$$S_4 = \frac{2,5^2 \cdot 952 - 407,6(4-4)^2}{2 \cdot 4 \cdot 952 - 2(4-4)^2} = 0,78 \text{ м}$$

Визначення швидкості поршня при проходженні i -го отвору

$$v_i = \sqrt{\left((v_{i-1})^2 + \frac{z}{m\gamma_i} (c(\lambda + S_{i-1}) - 1/(2\gamma_i)) - (P - R)/z \right) \cdot 1/e^{(2\gamma_i l_i)} - \frac{z}{m\gamma_i} (c(\lambda + S_i - 1/(2\gamma_i)) - (P - R)/z)}$$

v_{i-1} – швидкість поршня при проходженні попереднього отвору;

S_i – координата центру i -го отвору,

S_{i-1} – координата центру попереднього отвору ($S_0 = 0$);

$l_i = S_i - S_{i-1}$ – відстань між сусідніми отворами;

$$l_1 = S_1 - S_{1-1} = 0,3 - 0 = 0,3 \text{ м}$$

$$l_2 = S_2 - S_{2-1} = 0,56 - 0,3 = 0,26 \text{ м}$$

$$l_3 = S_3 - S_{3-1} = 0,73 - 0,56 = 0,17 \text{ м}$$

$$l_4 = S_4 - S_{4-1} = 0,78 - 0,73 = 0,05 \text{ м}$$

$$Y_i = \frac{\alpha z}{m(n+1-i)^2}$$

$$Y_1 = \frac{952 \cdot 1}{4250(4+1-1)^2} = 0,014$$

$$Y_2 = \frac{952 \cdot 1}{4250(4+1-2)^2} = 0,02$$

$$Y_3 = \frac{952 \cdot 1}{4250(4+1-3)^2} = 0,056$$

$$Y_4 = \frac{952 \cdot 1}{4250(4+1-4)^2} = 0,22$$

$$v_1 = 2,8 \text{ м/с (1,3)}$$

$$v_2 = 3 \text{ м/с (1,84)}$$

$$v_3 = 3,3 \text{ м/с (2,2)}$$

$$v_4 = 3,5 \text{ м/с (2,5)}$$

Визначення зусилля на штоку безпосередньо перед i -м отвором

$$T'_i = \frac{\alpha v_i^2}{(n+1-i)^2} + c(S_i + \lambda)$$

$$T'_1 = \frac{952 \cdot 2,8^2}{(4+1-1)^2} + 2(0,3 + 0,012) = 467,1 \text{ Н}$$

$$T'_2 = \frac{952 \cdot 3^2}{(4 + 1 - 2)^2} + 2(0,56 + 0,012) = 953,14 \text{ Н}$$

$$T'_3 = \frac{952 \cdot 3,3^2}{(4 + 1 - 3)^2} + 2(0,73 + 0,012) = 2593,32 \text{ Н}$$

$$T'_4 = \frac{952 \cdot 3,5^2}{(4 + 1 - 4)^2} + 2(0,78 + 0,012) = 11663,6 \text{ Н}$$

Визначення зусилля на штоку відразу ж після проходження і-го отвору

$$T_i = \frac{\alpha v_i^2}{(n - 1)^2} + c(S_i + \lambda)$$

$$T_1 = \frac{952 \cdot 2,8^2}{(4 - 1)^2} + 2(0,3 + 0,012) = 830 \text{ Н}$$

$$T_2 = \frac{952 \cdot 3^2}{(4 - 1)^2} + 2(0,56 + 0,012) = 953,14 \text{ Н}$$

$$T_3 = \frac{956 \cdot 3,3^2}{(4 - 1)^2} + 2(0,73 + 0,012) = 1158,26 \text{ Н}$$

$$T_4 = \frac{956 \cdot 3,5^2}{(4 - 1)^2} + 2(0,78 + 0,012) = 1302 \text{ Н}$$

Визначення середнього значення зусилля на штоку

$$T_{\text{ср}} = \frac{m\omega + P - R}{z}$$

$$T_{\text{ср}} = \frac{4250 \cdot 4 + 325 - 342}{1} = 16983 \text{ Н}$$

Визначення коефіцієнта пульсації зусилля на і-му отворі

$$K_i = \frac{T_i}{T_{\text{ср}}}$$

$$K_1 = \frac{830}{16983} = 0,05$$

$$K_2 = \frac{953,14}{16983} = 0,056$$

$$K_3 = \frac{1158,26}{16983} = 0,07$$

$$K_4 = \frac{1302}{16983} = 0,08$$

Визначення допустимої зусилля на штоку з умови міцності циліндра

$$T_{\text{доп}} = \frac{\pi(D_1^2 - D^2)D^2\psi\sigma_T}{4\sqrt{3}D_1^2\varphi}$$

$D_1 = 0,093$ м – зовнішній діаметр циліндра;

ψ – коефіцієнт, що враховує концентрацію напруг у отворів;
рекомендоване значення дорівнює 0,8;

$\sigma_T = 360 \cdot 10^6$ Па – межа плинності матеріалу циліндра;

φ – коефіцієнт запасу міцності; рекомендоване значення дорівнює 1,5.

$$T_{\text{доп}} = \frac{\pi(0,093^2 - 0,08^2) \cdot 0,08^2 \cdot 0,8 \cdot 360 \cdot 10^6}{4\sqrt{3} \cdot 0,093^2 \cdot 1,5} = 144820 \text{ Н}$$

Для отворів, віддалених від днища циліндра більш ніж на величину діаметра поршня, повинна виконуватися умова:

$$T_i < T_{\text{доп}}$$

Порівнявши зусилля на штоку відразу ж після проходження отвору (max) і можливе зусилля $1302 < 144820$ ми бачимо, що умова виконується [48, 39].

Висновки до розділу 3

1. Проведено конструктивну розробку основних механізмів та вузлів крана-штабелера по відповідній методиці.
2. Отримані результати підтверджують працездатність та надійність запропонованої конструкції крана-штабелера.
3. Виконані перевірочні розрахунки виконавчих механізмів крану-штабелера задовольняють встановленим вимогам.

Загальні висновки

1. В ході виконання магістерського дипломного проєкту проведено аналіз обладнання, що використовується в логістичних системах складського господарства підприємств легкої промисловості.

2. Здійснено вибір напрямків удосконалення існуючих конструкцій кранів-штабелерів стелажного типу для транспортування виробів легкої промисловості.

3. Виконано перевірку працездатності та надійності конструкції удосконаленого крана-штабелера для транспортування виробів легкої промисловості.

4. Крани-штабелери й надалі лишаються найбільш ефективним видом обладнання для розвантаження-завантаження складів сировини та готової продукції підприємств легкої промисловості.

5. Результати досліджень можуть бути використані при удосконаленні існуючих та розробці нових конструкцій складських кранів-штабелерів для транспортування виробів легкої промисловості.

Список використаних джерел

1. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов / М. П. Александров, М. М. Гохберг, А. А. Ковин и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 559 с.
2. Зерцалов А. И. Крани-штабелери / А. И. Зерцалов, Б. И. Певзнер, И. И. Бененсон. – М. : Машинобудування, 1986. – 320 с.
3. Анурьев В. И. Довідник конструктора-машинобудівника / В. И. Анурьев. – М. : Машинобудування, 1988. – 557 с.
4. Стадник В. А. Деталі машин: Курс лекцій. / В. А. Стадник. – К. : НТУУ «КПІ» 2012. – 650 с
5. Баласанян Р. А. Атлас деталей машин. / Р. А. Баласанян. – Х. : Осноа, 1996. – 256 с.
6. Документація технічна на виробі. Кресленики. Розміри та формати. : ДСТУ ISO 5457:2006. – [Чинний від 2008-01-01] . – К. : Держстандарт України, 2006. — (Національний стандарт України).
7. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунку деталей машин: Підруч. / В. Т. Павлище – 2 вид. перероб. – Л. : Афіша, 2003. – 560 с.
8. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. / В. Т. Павлище. – К. : Вища школа, 1993. – 556 с.
9. Цехнович Л. И. Атлас конструкций редукторов. / Л. И. Цехнович, И. П. Петриченко. – К. : Высшая школа, 1979, - 127с
10. Юдін Є. Я. Охорона праці в машинобудуванні / Я. Є. Юдін. – М. : Машинобудування, 1983. – 423 с.
11. Кран-штабелер [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kievlift.com.ua/ru/kran-shtabeler-457/>
12. Крани-штабелери стелажні. Норми розрахунку : ГОСТ 24.090.68-82 — 1982. – [Чинний від 1982-01-01]. – М. : Министерство тяжелого машиностроения СССР, 1982. — (Національний стандарт України).

13. Крани-штабелери мостові. Норми розрахунку : ГОСТ 24.091.14-85 — 1985. – [Чинний від 1985-01-01]. – М. : Министерство тяжелого машиностроения СССР, 1985. — (Національний стандарт України).
14. Ковальов Ю. А. Розробка завантажувально-розвантажувальних пристроїв / Ю. А. Ковальов, І. М. Князев, О. О. Романюк // Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 22 жовтня 2020 р. / відп. за вип. Г. І. Хімічева, В. М. Дворжак. – Київ : КНУТД, 2020. – С. 94-95.
15. Краны-штабелеры. Типы : ГОСТ 16553-82 — 1988. – [Чинний від 1989-01-01]. – М. : Министерство тяжелого машиностроения СССР, 1988. — (Національний стандарт України).
16. Воробъев Л. Н. Технология машиностроения и ремонт машин / Л. Н. Воробъев. – М. : «Высшая школа», 1981. – 344 с.
17. Орлова П. Н. Краткий справочник металлиста / П. Н. Орлова, Е. А. Скороходова. – 3-е вид. – М. : «Машиностроение», 1986. – 960 с.
18. Аппараты и комплектные устройства управления и защиты кранов, механизмов кранового типа. Общие технические условия : ДСТУ 25835-83 — 1996. – [Чинний від 1999-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1996. — (Національний стандарт України).
19. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные. Расчет на прочность : ДСТУ 21354-75 – 1975. – [Чинний від 1989-01-01]. – Л. : Ленинградский механический институт, 1975. — (Національний стандарт України).
20. Руденко Н. Ф. Курсове проектування вантажопідйомних машин / Н. Ф. Руденко, М. П. Александров, А. Г. Лисяков. – М. : Машинобудування, 1971. – 457 с.
21. Дунаев П. Ф. Конструювання вузлів і деталей машин / П. Ф. Дунаев, О. П. Льолікова. – М. : «Вища школа», 1990. – 399 с.
22. Краны-штабелеры стеллажные. Технические условия : ОСТ 24.090.38-83 — 1983. – [Чинний від 1984-07-01]. – М. : Министерство тяжелого машиностроения СССР, 1983. — (Національний стандарт України).

23. Краны-штабелеры стеллажные. Технические условия : ОСТ 24.090.39-83 — 1983. – [Чинний від 1984-07-01]. – М. : Министерство тяжелого машиностроения СССР, 1983. — (Національний стандарт України).
24. Дунаев П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликова. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 496 с.
25. Технология машиностроения: в 2 ч. Ч. 1. : Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов / В. М. Бурцев, А. С. Васильев, А. М. Дальский и др. – 2 вид., стереотип. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 564 с.
26. Малінов О. Б. Проектування автоматизованих складів штучних вантажів. / О. Б. Малінов. – Л. : Машинобудування, 1981. – 240 с.
27. Проектирование технологических процессов изготовления деталей подъёмно-транспортных, строительных и дорожных машин: в 2 ч. Ч. 2. / В. И. Фомин – М. : МИИТ, 2009. – 40 с.
28. Курмаз Л. В. Основы конструювання машин: Навчальний посібник / Л. В. Курмаз. – Х. : Підручник НТУ «ХП», 2010. – 532 с.
29. Ковальов Ю.А. Механізація складських операцій на підприємствах легкої промисловості / Ю.А. Ковальов, М.М. Рубанка, Т.О. Сорокіна // Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 4 листопада 2021 року. – Київ : КНУТД, 2021. - С. 94-95.
30. Система управління складом. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%81%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BE%D0%BC (дата звернення 05.10.2021).
31. Смехов А.А. Автоматизированные склады / А.А. Смехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1987. – 296 с.

32. Що таке WMS система або як автоматизувати складську логістику? URL: <https://wareteka.com.ua/uk/blog/sho-take-wms-systema/#title8> (дата звернення 05.10.2021).
33. Сорокіна Т. О. Комплексні системи управління складськими та логістичними процесами / Т. О. Сорокіна, Ю. А. Ковальов, М. М. Рубанка // IX Українсько-Польські наукові діалоги = IX Ukrainian-Polish Scientific Dialogues : conference proceeding International Scientific Conference, Khmelnytskyi - Kamianets-Podilskyi, 20-23 October 2021. – Khmelnytskyi : Khmelnytskyi National University, 2021. – P. 89-90.
34. Аверкін В. А. Завдання і методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Економіка виробництва» / В. А. Аверкін. – М. : МІИТ, 2000. – 47 с.
35. Система стандартів безпеки праці. Тара виробнича. Вимоги безпеки при експлуатації : ДСТУ 14861-74 — 1982. – [Чинний від 1983-07-01]. – М. : Державний комітет СРСР зі стандартів, 1982. — (Національний стандарт України).
36. Машина, прилади і інші технічні вироби. Виконання для різних кліматичних районів. Категорії, умови експлуатації, зберігання і транспортування в частині дії кліматичних чинників зовнішнього середовища : ДСТУ 15150-69 — 1969. – [Чинний від 1971-01-01]. – М. : Державний комітет СРСР зі стандартів, 1969. — (Національний стандарт України).
37. Чернавского С. А. Проектирование механических передач. / А. С. Чернавского. – М. : Машиностроение, 1984. – 590 с.
38. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 ч. Ч. 2. / А. М. Дальский. – М. : Машиностроение, 2004. – 944 с.
39. Орлов П. И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие. : в 2 ч. Ч. 2. / П. И. Орлов – М. : Машиностроение, 1988, - 544 с.
40. Белова С. В. Безпека промислових процесів: Довідник. / С. В. Белова. – М. : Машинобудування, 1985. – 448 с.

41. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 ч. Ч. 1. / А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 3 вид. – М. : Машиностроение, 1972. – 656 с.
42. Панов А. А. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / А. А. Панов. – М. : «Машиностроение», 1988.- 736 с.
43. Иванов М. Н. Детали машин. / М. Н. Иванов. – М. : Высшая школа, 2001. – 386 с.
44. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 ч. Ч. 2. / А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4 вид. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.
45. Канати сталеві. Сортамент. Канат подвійного звивання типу ЛК-Р конструкції 6 19(1+6+6/6)+1 о.с : ДСТУ 2688-69 — 1980. – [Чинний від 1982-01-01]. – М. : Державний комітет СРСР зі стандартів, 1980. — (Національний стандарт України).
46. Кінематичні схеми. Графічні умовні позначки. Кінематичні схеми. Графічні умовні позначки. : ДСТУ EN ISO3952-1:2018. – [Чинний від 2019-01-01] . – К. : Держстандарт України, 2018. — (Національний стандарт України).
47. Єдина система конструкторської документації. Правила виконання кінематичних схем. : ДСТУ ГОСТ 2.703— 2014. – [Чинний від 2014-11-01] . – К. : Держстандарт України, 2014. — (Національний стандарт України).
48. Орлов П. И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие. : в 2 ч. Ч. 1. / П. И. Орлов – М. : Машиностроение, 1977. – 625 с.
49. Плити залізобетонні стрічкових фундаментів. Технічні умови : ДСТУ ГОСТ 26058-85 — 1985. – [Чинний від 1987-01-01]. – М. : Держкомітет СРСР у справах будівництва, 1985. — (Національний стандарт України).
50. Свешніков В. К. Верстатні гідроприводи / В. К. Свешніков, А. А. Усов. – М. : Машинобудування, 1988. – 510 с.
51. Трубы холоднодеформированные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия : ГОСТ 18475-82 — 2018. – [Чинний від 2019-01-01]. – К. : Держстандарт України, 2018. — (Національний стандарт України).

Д О Д А Т К И

ДОДАТОК А

V Міжнародна науково-практична конференція
«Мехатронні системи: інновації та інжиніринг»

Інновації та інжиніринг мехатронних,
електротехнічних та електромеханічних систем

УДК 007.52

МЕХАНІЗАЦІЯ СКЛАДСЬКИХ ОПЕРАЦІЙ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Ю.А. Ковальов, кандидат технічних наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну

М.М. Рубанка, кандидат технічних наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну

Т.О. Сорокіна, магістрант
Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: кран-штабелер, вантаж, склад, автоматизація.

На сьогоднішній день автоматизація є одним із перспективних шляхів розвитку більшості галузей матеріального виробництва, в тому числі і підприємств легкої промисловості (взуттєвої, швейної, трикотажної тощо). До основних завдань, що потребують вирішення на шляху автоматизації технологічних процесів виробництв підприємств галузі можна віднести автоматизацію транспортно-складських операцій. В першу чергу, мова йде про повну або часткову автоматизацію процесів завантаження-розвантаження складів сировини та готової продукції, проміжних накопичувальних пунктів виробничих цехів тощо. Зазвичай це призводить до підвищення продуктивності праці, зниження енерговитрат підприємства, збільшення терміну експлуатації виробничого обладнання тощо.

Для обслуговування складських приміщень підприємств легкої промисловості зазвичай використовуються мостові крани-штабелери (рис. 1). Кран-штабелер – це пристрій, який застосовується в складських приміщеннях, де переважають багатоярусні і багаторядні стелажі [1].

Несучою конструкцією крана штабелера є міст, до складу якого входять головні 1 та кінцеві балки 2. Вздовж головних балок мосту 1 переміщується вантажний візок 3, оснащений поворотною платформою 4 та механізмом підйому 5. До поворотної платформи 4 закріплюється жорстка або телескопічна колона 6 вздовж якої переміщується вилкоподібний вантажопідійомник 7. Міст крана-штабелера переміщується вздовж підкранових направляючих 8, які жорстко встановлюються на стелажах 9, або закріплюються на стінах (несучих колонах) складського приміщення.

Для переміщення необхідного вантажу, попередньо укладеному на спеціальному настилі, кран-штабелер підводить під нього вилкоподібний вантажопідійомник. Потім вантаж у вертикальній площині підіймається вздовж колони на необхідну висоту і переміщується по двом координатам в горизонтальній площині до потрібного міжстелажного проходу, де колона повертається таким чином, щоб встановлений на вилкоподібному несучому органу вантаж був повернений в сторону чарунки того стелажа, в яку він має бути завантажений [2].

По складському приміщенню мостовий кран-штабелер переміщується по крановим шляхам (вздовж підкранових направляючих), а колона – вздовж міжстележного проходу [3]. При цьому відбувається вертикальне та горизонтальне переміщення необхідного вантажу. Коли несучий орган штабелера досягне потрібного положення (вантаж переміститься до потрібної чарунки), мостовий кран-штабелер автоматично зупиниться. Потім увімкнеться механізм переміщення вантажного візка і вантаж вводиться у потрібну чарунку. По закінченню завантаження, несучий орган займає вихідне положення. Мостовий кран-штабелер готовий до виконання наступного циклу роботи. Даний процес повністю автоматизований.

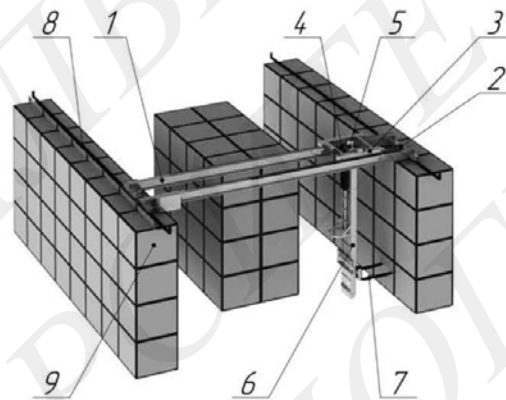


Рисунок 1 – Загальна компоновка мостового крану-штабелера:

- 1 – головні балки мосту; 2 – кінцеві балки мосту; 3 – вантажний візок;
4 – поворотна платформа; 5 – механізм підйому; 6 – колона;
7 – вантажопідіймник; 8 – підкранові направляючі; 9 – стележі

Використання сучасного, автоматизованого, високотехнологічного між операційного обладнання та налагодженої логістичної системи складських приміщень дозволяє підприємству-виробнику знизити необґрунтовані витрати, та надати ряд конкурентних переваг в сучасному бізнес-середовищі.

Список використаних джерел

1. Кран-штабелер [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kievlift.com.ua/ru/kran-shtabeler-457/>
2. Ковальов Ю. А. Розробка завантажувально-розвантажувальних пристроїв / Ю. А. Ковальов, І. М. Князев, О. О. Романюк // Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 22 жовтня 2020 р. / відп. за вип. Г. І. Хімічева, В. М. Дворжак. – Київ : КНУТД, 2020. – С. 94-95.
3. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов / М. П. Александров, М. М. Гохберг, А. А. Ковин и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 559 с.

ДОДАТОК Б

IX Українсько-Польські Наукові Діалоги IX Ukrainian-Polish Scientific Dialogues

СОРОКІНА Т., КОВАЛЬОВ Ю., РУБАНКА М.¹

¹*Київський національний університет технологій та дизайну, Україна*

КОМПЛЕКСНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СКЛАДСЬКИМИ ТА ЛОГІСТИЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Complex warehouse and logistics process management systems

The article is dedicated to the analysis of modern systems of automated management of warehousing and logistics processes. The expediency of using warehouse management systems has been established. The main functionalities of the warehouse management system are described.

Покращення ефективності виконання складських процесів є одним із факторів зниження витрат, що надає компанії ряд конкурентних переваг в сучасному бізнес-середовищі. Система управління складом (абрв. WMS від англ. Warehouse Management System) – це програмно-апаратна система управління складом, яка забезпечує комплексну автоматизацію управління складськими та логістичними процесами [1]. Автоматизація складських приміщень, впровадження сучасної WMS системи дозволить вирішувати ряд ключових завдань [2]:

- оперативно, в режимі реального часу керувати складом;
- отримувати інформацію про стан складу в будь-яких розрізах;
- оптимізувати використання всіх (речових, фінансових, трудових тощо) ресурсів складу за допомогою планування, аналізу завантаженості складського простору і обігу товарів.

Універсальної системи складської автоматизації не існує, і тому при виборі потрібної WMS системи потрібно враховувати наступне:

- стратегічні і тактичні цілі компанії;
- комплекс необхідних компанії складських операцій (логістика складу);
- можливість інтеграції складської системи з корпоративною системою компанії, від якої і залежить ефективність бізнесу в цілому.

Ефективне використання WMS системи можливе лише при умові її правильної інтеграції з різноманітними бізнес-процесами та якісного навчання персоналу, що в повній мірі дозволить використовувати всі можливості продукту [3]. До найбільш поширених систем управління складом, що використовуються провідними компаніями на території України можна віднести [3]: G.O.L.D Stock Manhattan WMS (розробник Manhattan Associates, США), Qguar WMS (розробник Quantum Corporation, США), Oracle WMS (розробник Oracle Corporation, США), RedPrairie (розробник Blue Yonder, США).

Зазвичай, самодостатні, великі компанії з чітко налагодженими бізнес-процесами відмовляються від використання готового рішення і розробляють власну, унікальну WMS систему, що в повній мірі буде враховувати всі особливості підприємницької діяльності [3].

Підготовчим етапом впровадження WMS системи може бути оптимізація і можлива реструктуризація технологічних процесів складу. Лише в такому випадку буде досягнуто максимальний синергетичний ефект від впровадження системи автоматизації складу з адресним зберіганням.

IX Українсько-Польські Наукові Діалоги IX Ukrainian-Polish Scientific Dialogues

У професійному середовищі все більш актуальним є питання розрахунку економічної ефективності інвестицій. Як правило, кожен проект впровадження WMS системи унікальний, оскільки залежить від специфіки складу і оброблюваних матеріальних потоків.

Список використаних джерел:

1. Система управління складом. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%81%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BE%D0%BC (дата звернення 05.10.2021).
2. Смехов А.А. Автоматизированные склады / А.А. Смехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1987. – 296 с.
3. Що таке WMS система або як автоматизувати складську логістику? URL: <https://wareteka.com.ua/uk/blog/sho-take-wms-systema/#title8> (дата звернення 05.10.2021).

FORKUN I., GORDEEVA T.¹

¹*Khmelnytskyi National University, Ukraine*

BUDGET MANAGEMENT IN UKRAINE: CURRENT STATE AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Бюджетний менеджмент в Україні: сучасний стан та перспективи розвитку

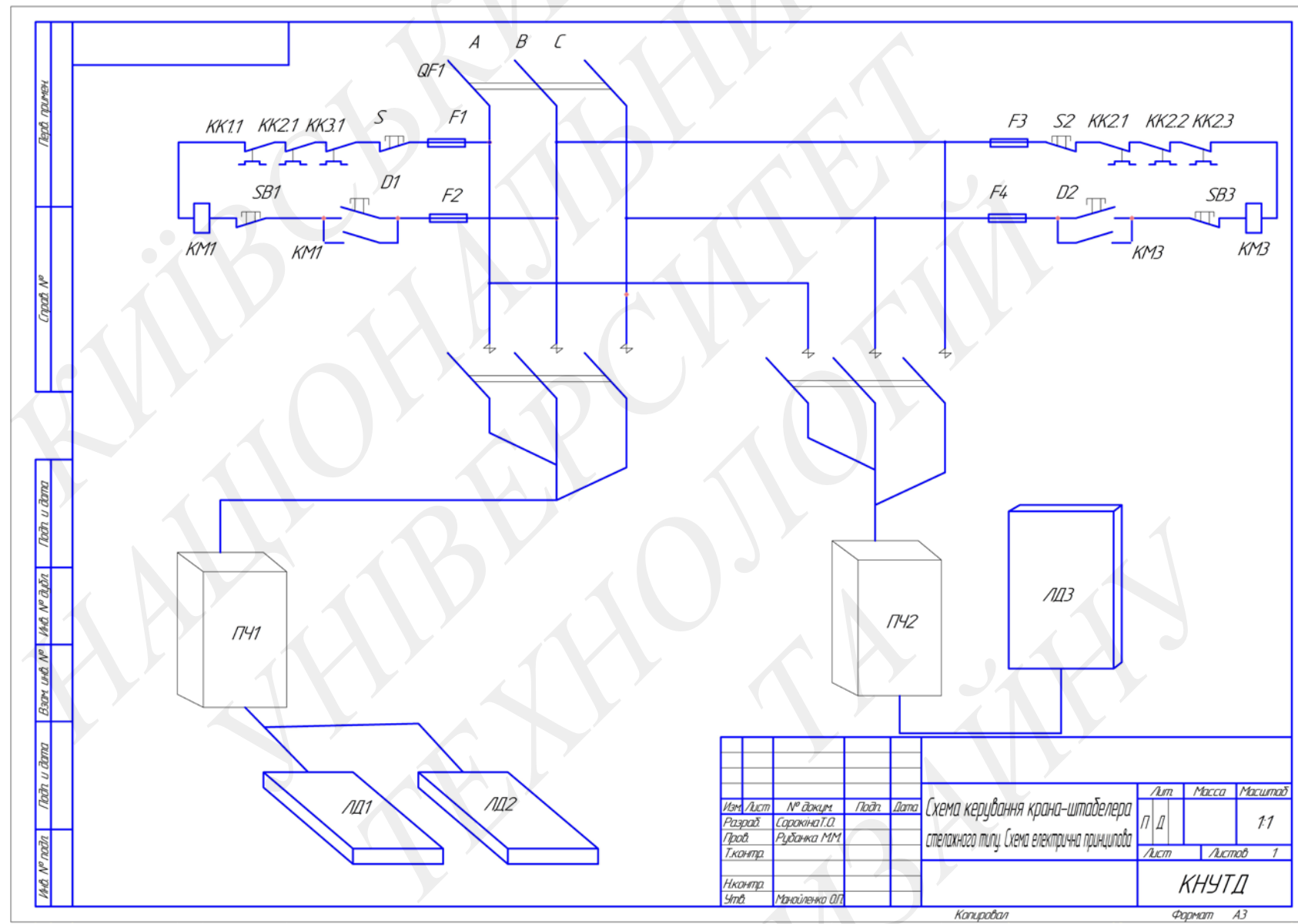
This paper presents the analysis of scientific approaches to the essence of the concept of “budget management”, a review of its current state in the country, existing problems and achievements in their solution, as well as development prospects in Ukraine.

Nowadays, Ukraine apparently has not formed an effective system of budget management, because there is a budget deficit, imperfect budget control, sometimes even late budget adoption, constant violations of budget legislation, inefficient use of budget funds, and so on. Therefore, solving these problems and developing measures to improve budget management is a highly relevant topic. Public finance is managed through a financial mechanism, which is a system of interconnected elements through which a systematic impact on economic and financial activities is provided. Budget management plays a significant role in the financial mechanism. Defining the essence of the components of budget management is essential in order to predict and prevent the development of negative trends in the economy and their impact on the budget system.

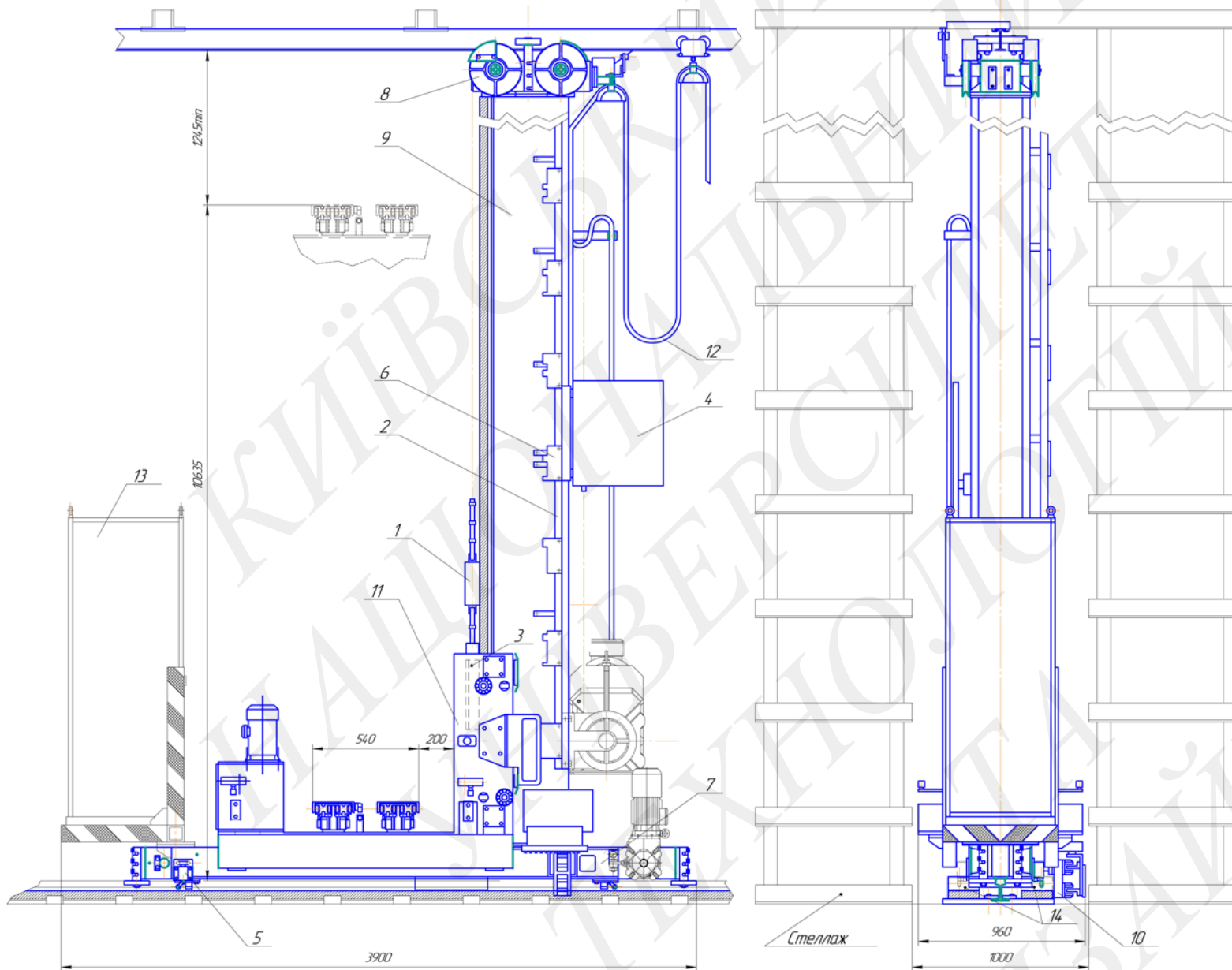
Analyzing the approaches of scientists to understanding the essence of the concept of “budget management”, we should take into account the fact that budget management as a branch of the domestic economy is in its infancy, and therefore the definition of “budget management” in domestic scientific sources is rare.

The opinion of Frolov S.M. is noteworthy; he supposes that budget management contains a set of interrelated actions (management functions), techniques and methods aimed at managing budget resources and relationships that arise in the process of budget flows. At the same time Demyanishin V.G. and Pogrishchuk G.B. note that budget management is a set of interrelated actions

ДОДАТОК В



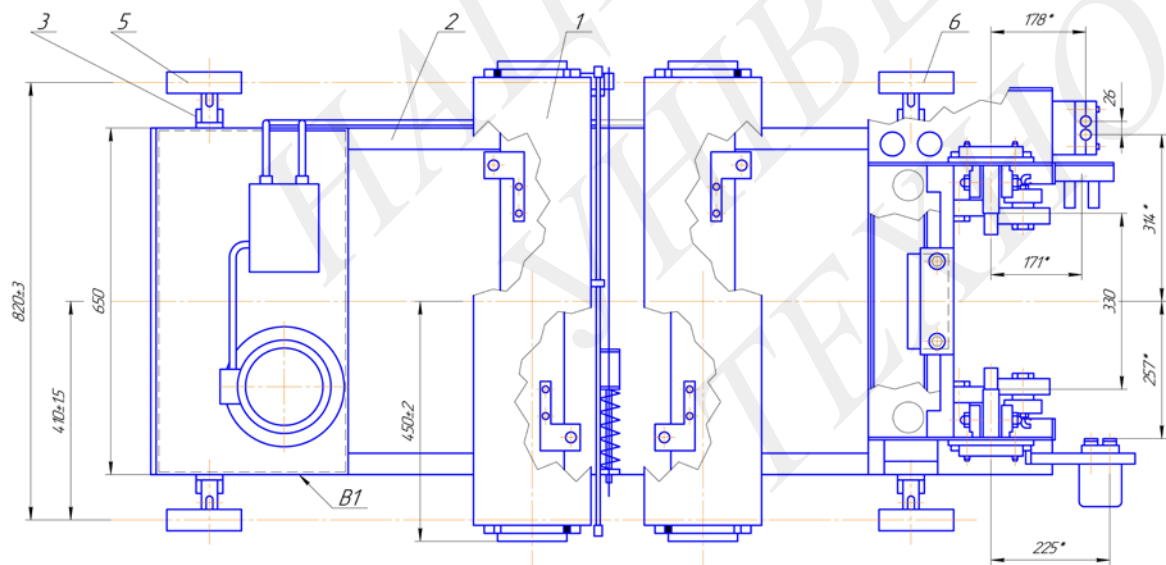
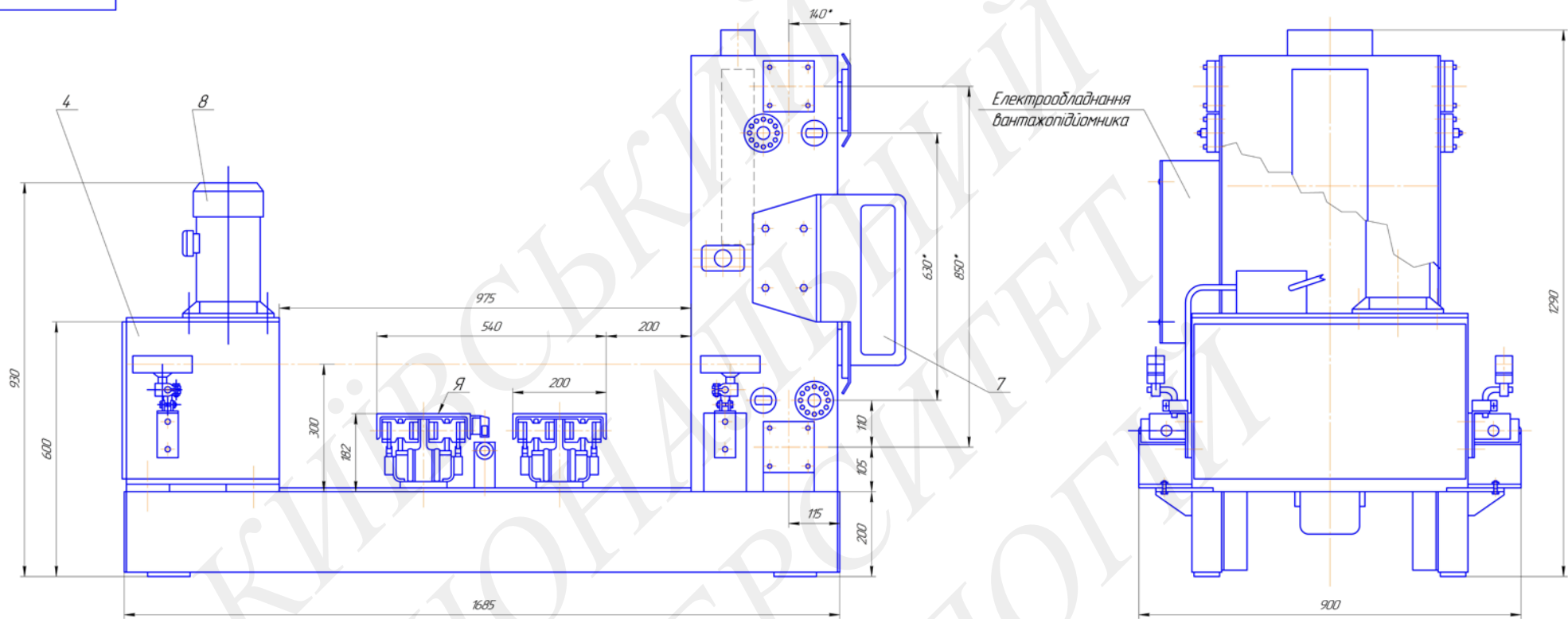
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема керування крана-штабелера стелажного типу. Схема електрична принципова	Лист	Масштаб
						Лист	Листов 1
Разроб.		Сорокіна Г.О.			КНУТД		
Проб.		Рубанка М.М.					
Т.контр.					Формат А3		
Н.контр.					Копіював		
Зміт.		Манойленко О.П.					



Техническая характеристика	
Вантажопідйомність, т	2
Режим роботи по ДСТУ 25546-82	7Ж
Висота будівлі, м	16,6
Габарити переробляемого вантажу, м	
- довжина	12
- ширина	0,8
- висота	12
Висота висунутих елементів вантажозахоплювального пристрою, мм	70
Величина висунення вантажозахоплювального пристрою, мм	920
Швидкість пересування крана, м/с	2,5
Швидкість підйому вантажозахоплювального пристрою, м/с	2
Швидкість висунення вантажозахоплювального пристрою, м/с	0,25
Сумарна потужність двигунів, кВт	24,3
Тип нижнього шляхи	P24 ГОСТ 6368-82
Тип верхнього шляхи	двухтар 12 ГОСТ 8239-72
Підведення електрики	кабельний
Управління	автоматичне
Напруга, В	380
Кліматичне виконання	УХ/14 ГОСТ 15150-69
Клас пожежобезпеки	П-2а

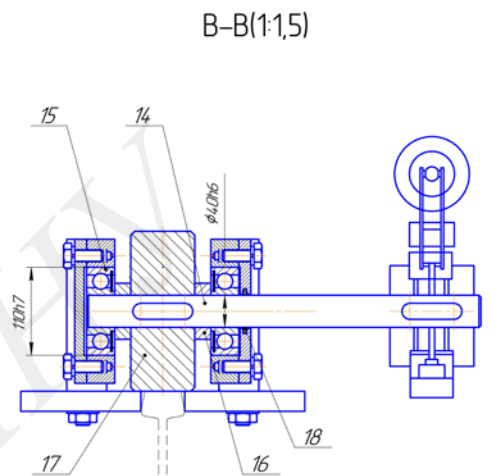
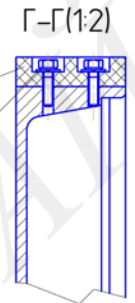
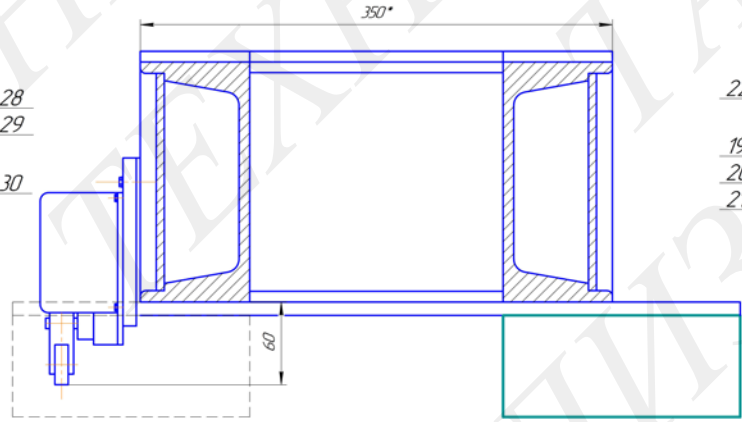
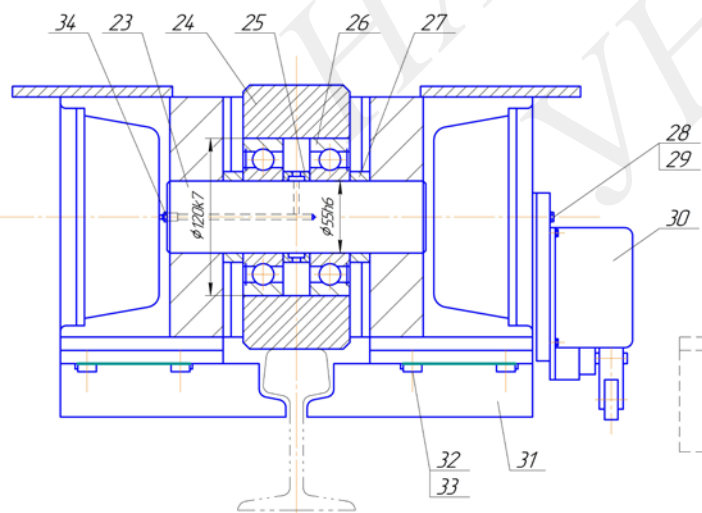
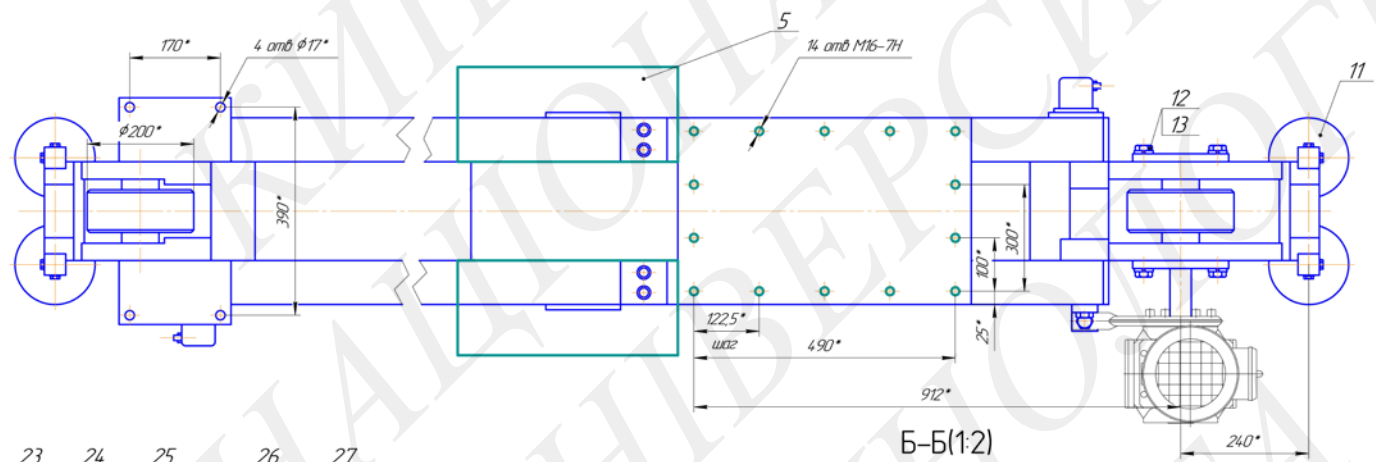
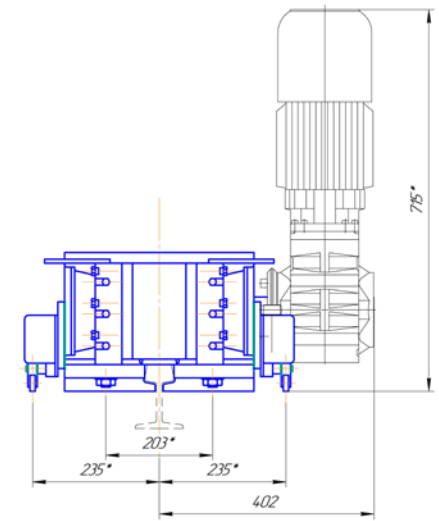
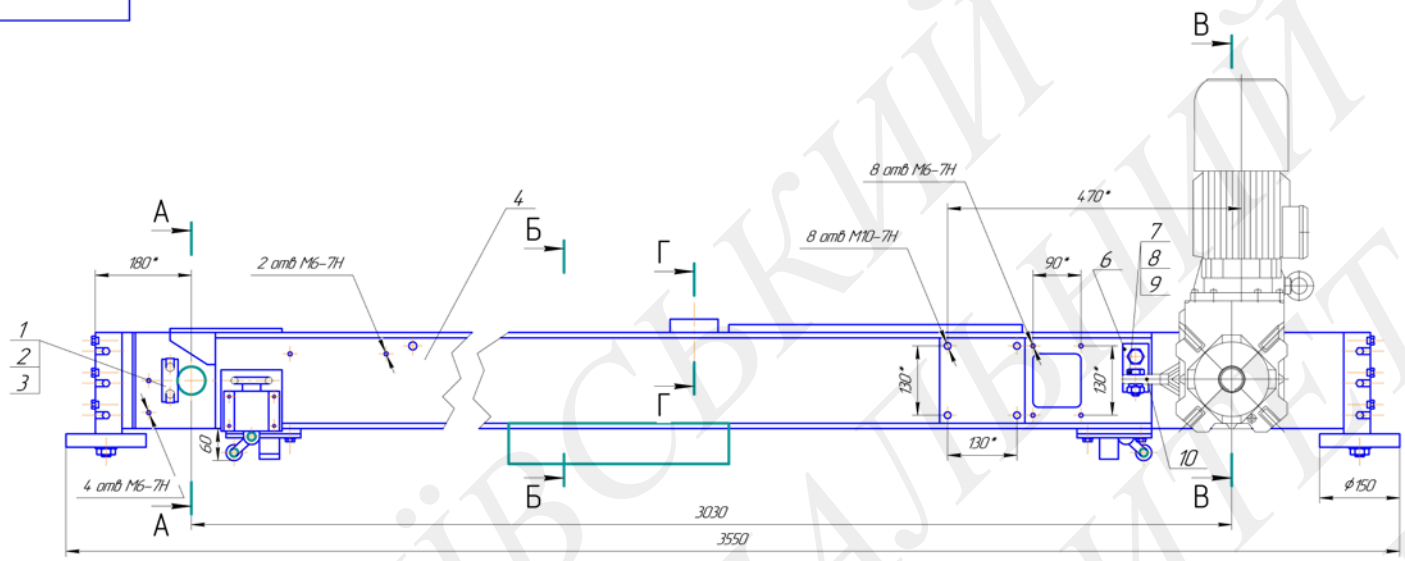
1. Розміри, не обмежені допусками для довідок
2. Відхилення колони крана штабелера від вертикалі (по напрямку для переміщення вантажопідйомника) не більше 5 мм
3. Негоризонтальність опорних поверхонь телескопічних захоплень не більше 2/1000
4. Неперпендикулярність осей телескопічних захоплень до поздовжньої осі містельажного проходу не більше 2/1000
5. Сумарні зазори між напрямними і контактами (аглобок візок, вантажопідйомника) - $\leq 0,5$ мм
6. Зазори відрегулювати за допомогою прокладок (аглобок візок, башні катки вантажопідйомника) відповідно до вказівок керівництва по експлуатації
7. Смазку механізмів проводити відповідно до вказівок керівництва по експлуатації
8. Все інше за технічними вимоги по ТУ 24 09 636-86

Модернізація крана-штабелера сталевого типу вантажопідйомністю 2т						Лист	Маса	Місця
Кран-штабелер.						Лист		1/2
Кресленник виду загального						Лист	1	Листов
						КНУТД		
Ім'я	Лист	№ докум.	Лист	Дата				
Розроб.	Саргаченко Т.О.							
Проєкт.	Рудкович М.М.							
Технікер								
Намалював								
Чек.	Михайленко О.П.							



- 1 * Розміри для вивідок
2. Допуск перпендикулярності поверхні Я при повністю висунутої платформи захоплення щодо вертикальної осі і вантажопідіймника не більше 5 мм
3. Допуск симетричності розташування напружених кабелів щодо вертикальної осі вантажопідіймника не більше 5 мм
4. Телескопічні захоплення випробувати при роботі від приводу з номінальним вантажем протягом 30 хв з реверсуванням напрямку руху платформи
5. Допустимий рівень збуксового тиску 60 дБ
6. Неточність зчепки платформи телескопічного захоплення від роботи кінцевих вимикачів в нейтральному і крайньому положеннях 5 мм
7. Спрацювання пристрою зайнятої яєйки повинна відбуватися при установленні переключи на шляху переміщення платформи захоплення на відстані не менше 150 мм від вихідного положення
8. На поверхні B1 і B2 нанести стигли емаль НЦ-ВЗТ чорна ДСТУ 6631-74
9. Смазку механізмів провадити відповідно до вказівок в керівництві по експлуатації

Модернізація крано-штабелера						Лист		
стележного типу Q=2т						Масса		
Вантажопідіймник.						Місця		
Креслення складальний						15		
Лист 3						Листов 1		
КНУТД								
Формат А1								



Изм.	Лист	№ докум.	Лист	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разработ.	Сорокина Т.О.				15		
Проб.	Рудякина М.М.						
Техникр.							
Наименов.	Кресленник складальный				Лист	Листов	1
Чит.	КНУТД						
Чит.	Формат А1						

