

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Деталей машин і ПТМ

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту (роботи)

Магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Порівняльні дослідження функціональності прямих та шарнірно-зчленованих стрілових систем порталних кранів

Виконав: студент 6 курсу, групи М-311м

Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Гришко В.Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник Мартовицький Л.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Деталей машин і ПТМ
 Ступінь вищої освіти Магістр
 Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« 13 » листопада 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Гришко Володимир Дмитрович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Порівняльні дослідження функціональності прямих та шарнірно-зчленованих стрілових систем порталних кранів

керівник проекту (роботи) Мартовицький Л.М., к.т.н., доцент кафедри ДМ і ПТМ
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 14 » листопада 2022 року № 341

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) аналіз функціональності прямих та шарнірно-зчленованих стрілових систем порталних кранів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Розглянуто основні типи порталних кранів. 2. Устрій порталних кранів. 3. Порівняння параметрів порталних кранів. 4. Урівноваження власної ваги укосин. 5. Мобільні крани.

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

1. Плакат «Порівняння прямої та шарнірно-зчленованої стрілових систем».

2. Плакат «Портальний кран з прямою стрілою».

3. Плакат «Портальний кран з шарнірно-зчленованою стрілою».

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

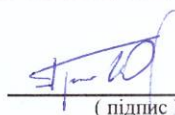
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	Мартовицький Л.М. к.т.н., доцент кафедри ДМ і ПТМ		
2	Мартовицький Л.М. к.т.н., доцент кафедри ДМ і ПТМ		
3	Мартовицький Л.М. к.т.н., доцент кафедри ДМ і ПТМ		
4	Мартовицький Л.М. к.т.н., доцент кафедри ДМ і ПТМ		
5	Мартовицький Л.М. к.т.н., доцент кафедри ДМ і ПТМ		
6	Мартовицький Л.М. к.т.н., доцент кафедри ДМ і ПТМ		
7	Мартовицький Л.М. к.т.н., доцент кафедри ДМ і ПТМ		

7. Дата видачі завдання « 05 » вересня 2022 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Ознайомлення з завданням	05.09.22	
2	Пошук літератури про стрілові системи	10.09.22	
3	Пошук відомостей про порталні крани	17.09.22	
4	Ознайомлення з сучасними кранами з-за кордоном	22.10.22	
5	Порівняння прямих та шарнірно-зчленованих систем	05.11.22	
6	Розрахунок урівноваження власної ваги укосин	10.11.22	
7	Виготовлення графічної частини	18.11.22	
8	Оформлення дипломної роботи	26.11.22	

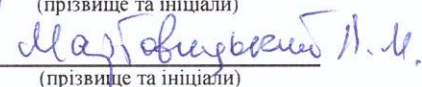
Студент(ка)


(підпис)


(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)


(прізвище та ініціали)

Зміст

Реферат	3
Вступ	4
1. Портальні крани	5
1.1 Врівноваження стрілових систем.....	5
1.2 Забезпечення горизонтальності траєкторії руху вантажу	7
2. Основні типи портальних кранів	8
3. Устрій портальних кранів	16
3.1 Конструкція портальних кранів	22
4. Порівняння параметрів портових кранів	30
4.1 Недоліки портальних кранів із шарнірно-зчленованою стріловою системою	34
4.2 Додаткові переваги портальних кранів «Gottwald»	34
4.3 Крани Готтвальд для швидкої і якісної обробки суден.....	36
4.4 Технічні характеристики кранів Готтвальд	36
4.5 Перевалка контейнерів.....	40
4.6 Перевалка насипного вантажу	42
4.7 Робота з негабаритними вантажами та важковаговиками	43
4.8 Генеральні вантажі	44
5. Технічна характеристика портального повнообертового електричного спеціального крана	49
6. Урівноважування власної ваги укосин	50
6.1. Визначення врівноважувального моменту стрілової системи....	58
7. Мобільні пневмоколісні портові крани з прямою стрілою	68
8. Портальні крани з жорстким підвісом вантажу. Сучасна тенденція	72
8.1 Крани-маніпулятори з дволанковою (екскаваторною) стрілою ..	74
8.2 Крани-маніпулятори балансірні.....	76

8.3 Нова концепція керування мобільністю за рахунок блочно-модульної конструкції крана	78
8.4 Інноваційні рішення у рейковому виконанні	82
8.5 Склад одного з кращих мобільних портових кранів фірми Liebherr	86
8.6 Башта та стріла.....	91
Висновки.....	93
Джерела.....	94

РЕФЕРАТ

Магістерська робота «Порівняльні дослідження функціональності прямих та шарнірно-зчленованих стрілових систем порталних кранів».

ПЗ: 94 с., 1 таблиця, 56 рис., 8 джерел.

Мета роботи – Порівняльні дослідження функціональності прямих та шарнірно-зчленованих стрілових систем порталних кранів, покращення строку служби та ваги крана.

Метод дослідження – з використанням стандартних пакетів: Word, КОМПАС – 3DV17.1.

У роботі вирішені наступні завдання: збільшення довговічності порталів, полегшення ваги кранів за рахунок зміни типа стріли крана.

Новизна роботи: полягає в тому, що ми модернізували головний робочий механізм крана – стрілу. Завдяки цьому ми зменшили навантаження на опору крана й, відповідно, збільшили її довговічність.

Робота виконана на кафедрі ДМ і ПТМ Національного університету «Запорізька політехніка».

Ключові слова: опора, навантаження на портал, стріла, вага укосин, виробництво, охорона праці, модернізація.

ВСТУП

Портальні крани являються одним із найбільш поширених засобів механізації вантажно-розвантажувальних робіт у морських і річкових портах, а також монтажно-складальних робіт при будівництві і ремонті суден. Крім того, портальні крани широко застосовуються для механізації робіт на великих гідротехнічних будівництвах та підприємствах, зв'язаних з великим об'ємом переміщуємих сипких матеріалів та контейнерних перевезень.

До портальних кранів висуваються наступні вимоги:

1. Висока продуктивність і надійність;
2. Сумісна робота декількох механізмів;
3. Велика зона обслуговування і можливість проходу залізничного транспорту;
4. Можливість роботи зі змінними вантажозахоплювальними органами;
5. Забезпечення горизонтального переміщення вантажу при зміні вильоту.

В підвищенні продуктивності портального крану важливе значення має стрілова система крана.

Забезпечення максимального вильоту дозволяє підвищити зону обслуговування одним краном.

Максимальна вантажопідіймальність крана при підвищених швидкостях переміщення вантажу дозволяє одержати максимум продуктивності

З метою зниження навантажень на механізми необхідно зберігати горизонтальність переміщень вантажів в площині.

1. ПОРТАЛЬНІ КРАНИ

Портальні крани являються одним із найбільш поширених засобів механізації вантажно-розвантажувальних робіт у морських і річкових портах, а також монтажно-складальних робіт при будівництві і ремонті суден. Крім того, портальні крани широко застосовуються для механізації робіт на великих гідротехнічних будівлях та підприємствах, зв'язаних з великим об'ємом контейнерних перевезень. В умовах ринкової економіки головну роль у вантажно-розвантажувальних роботах відіграє оперативність і ефективність. У зв'язку з цим до портальних кранів висуваються наступні вимоги:

- Висока продуктивність і надійність;
- Сполучена робота декількох механізмів;
- Велика зона обслуговування і можливість проходу залізничного транспорту;
- Можливість роботи зі змінними вантажозахоплюючими органами;
- Горизонтальне переміщення вантажу при зміні вильоту.

У річкових портах, що мають укисні набережні, іноді застосовується напівпортальні крани (рис. 1.1) спеціальної конструкції, що переміщуються по рейках, розміщених на різних рівнях. Це дозволяє наблизити вісь обертання крана до розвантажуючого судна, не вдаючись до зведення дорогих масивних стінок набережних. При великих коливаннях рівня води в річці під час паводків ходові візки, що йдуть по нижній рейці, і частина металевої конструкції напівпортала часто працюють під водою.

1.1 Врівноваження стрілових систем

Стрілова система повинна бути урівноважена відносно вісі хитання при будь-якому вильоті.

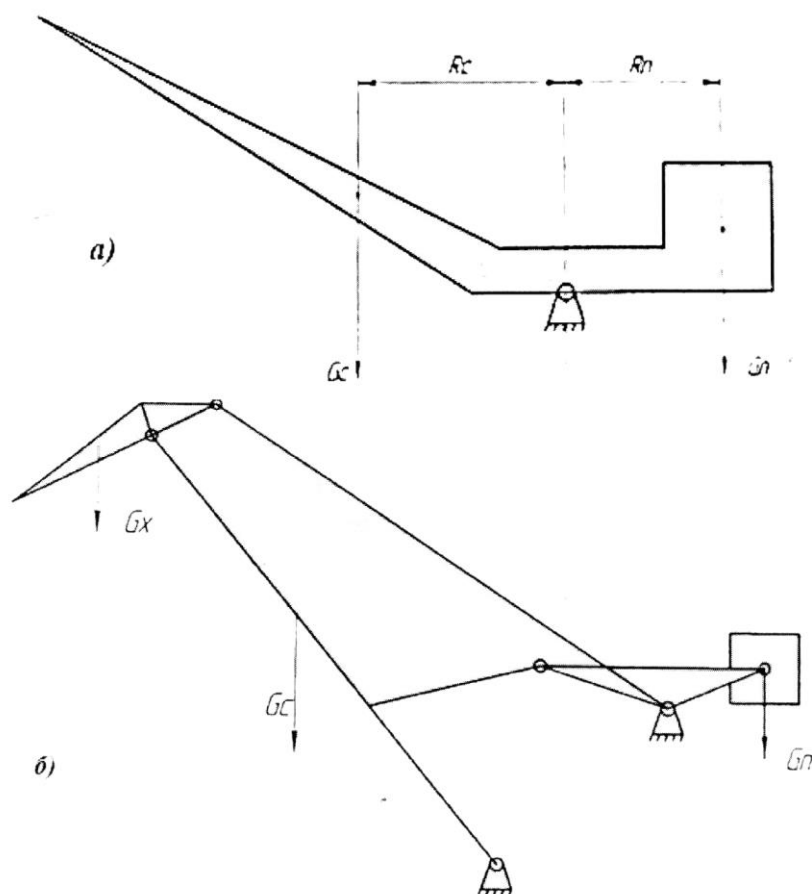
Урівноваження дозволяє зменшити навантаження на опорно-поворотний пристрій, підвищити стійкість крана, зменшити потужність привода зміни вильоту, підвищити безпечність роботи.

Згідно до врівноважуючих пристроїв висуваються вимоги:

- Врівноваженість стрілового пристрою на всьому діапазоні вильотів, відхилення від врівноваженості не більш 15% моменту ваги стрілового пристрою на найбільшому вильоті;
- На найбільшому вильоті неврівноважений момент повинен діяти в бік зменшення вильоту, а на найменшому в бік збільшення для попередження аварії при відмові механізму зміни вильоту.
- Відповідати умовам компоновки та вимогам безпеки.

Можна зазначити наступні схеми врівноважуючих пристроїв.

Стріла з жорсткою закріпленою противагою на консолі (рис. 1.2, а)

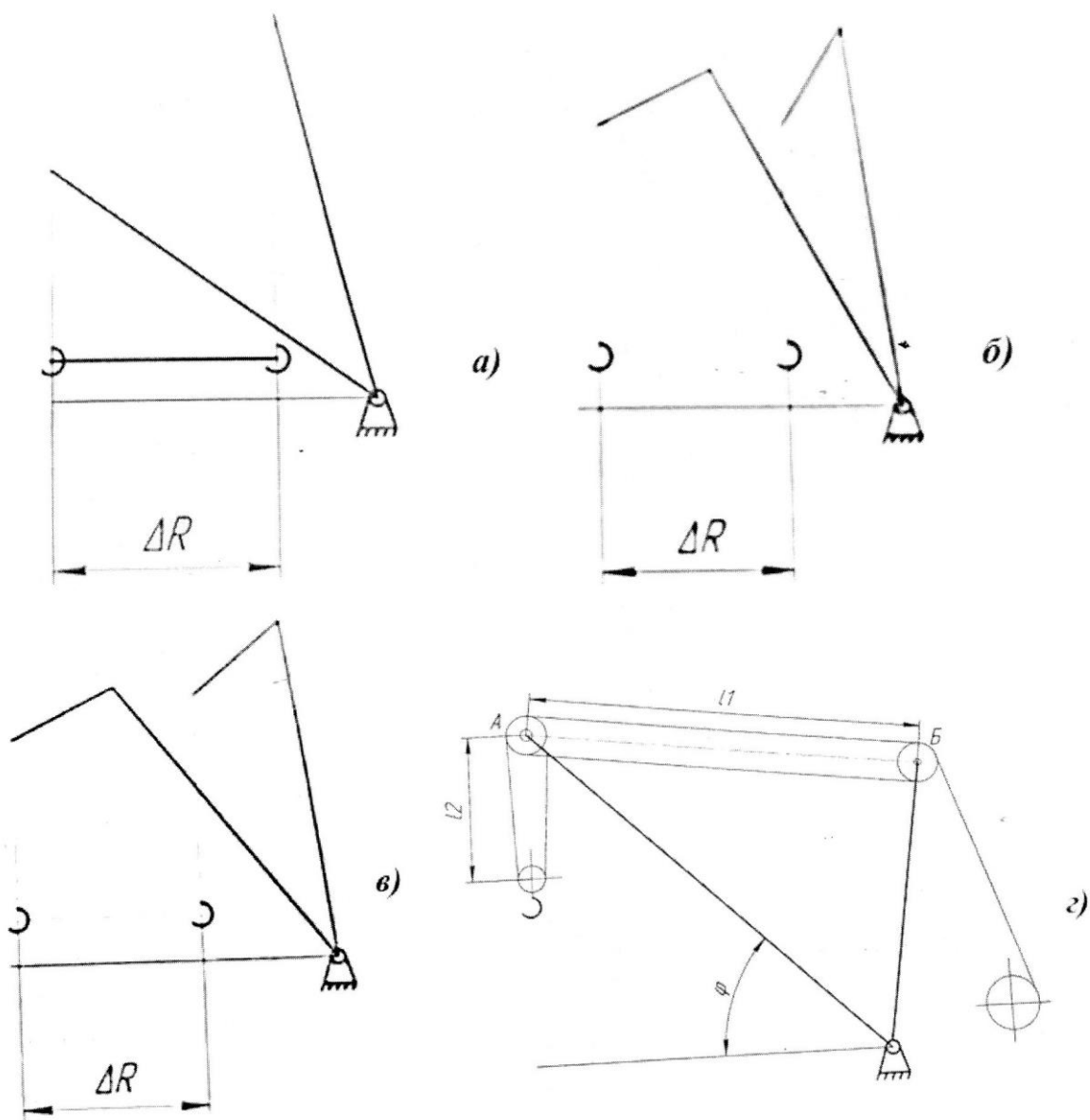


а) з жорстко фіксованою противагою; б) з противагою на хитному важелі

Рисунок 1.2 – Схеми врівноваження стріл

1.2 Забезпечення горизонтальності траєкторії руху вантажу

На практиці забезпечити абсолютно горизонтальне переміщення вантажу дуже важко. Існують способи забезпечення горизонтальної траєкторії вантажу при зміні вильоту (рис. 1.3)



а) пряма стріла; б) шарнірно-зчленована стріла з постійною висотою підвісу; в) шарнірно-зчленована стріла зі змінною висотою підвісу; г) пряма стріла з врівноважуючим поліспастом

Рисунок 1.3 - Пристрої, що забезпечують горизонтальне переміщення вантажу

2. ОСНОВНІ ТИПИ ПОРТАЛЬНИХ КРАНІВ



Рисунок 2.1 – Портальні крани

У річкових портах, що мають укісні набережні, іноді застосовуються полупортالي спеціальної конструкції, що переміщаються по рейках, покладених на різних рівнях (рис. 2.2). Це дозволяє наблизити вісь обертання крана до судна, що розвантажуються, не вдаючись до зведення дорогих масивних стінок набережних. При великих коливаннях рівня води в річці під час паводків ходові візки, що йдуть по нижній рейці, і частина металевої конструкції полупортала часто працюють під водою.

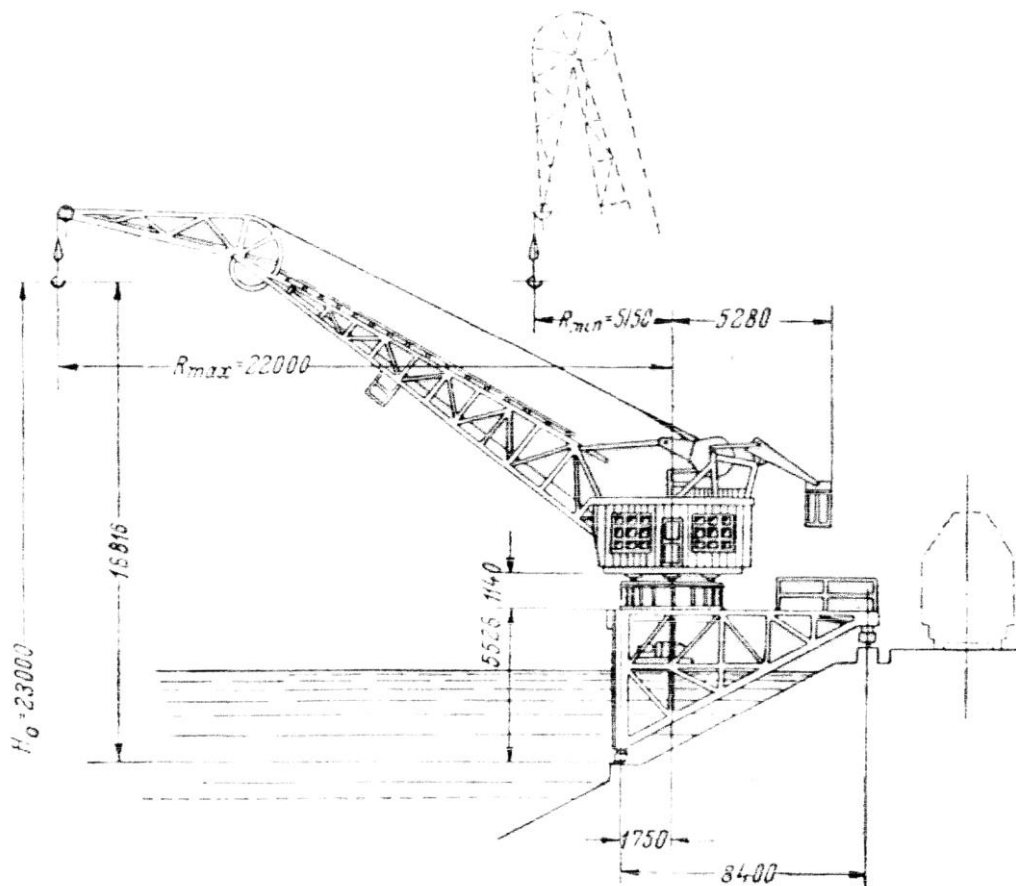


Рисунок 2.2 – Перевантажувальний кран на напівпорталі спеціальної конструкції

При розгляді різних типів порталних кранів зручніше всього розрізняти їх по кінематичним схемам укосин, що визначають як конструкцію крана і цілому, так і його експлуатаційні якості.

Для порталних кранів застосовуються цілком або частково урівноважені укосини, що забезпечують переміщення вантажу по траєкторії, близької до горизонталі. Потужність двигунів механізмів зміни вильоту таких укосин витрачається тільки на подолання вітрових і інерційних опорів. Звичайно, незначна частина потужності витрачається на невеликий підйом і опускання вантажу внаслідок відхилення його траєкторії від точної горизонтальної лінії і на подолання не врівноваженої частини моменту від ваги укосини.

За останні роки було запропонована і виконана велика кількість схем укосин з горизонтальним переміщенням вантажу при зміні вильоту. Нижче розглянуті чотири схеми, що одержали найбільше поширення.

Перша схема – шарнірно-зчленовані укосини з профілірованим хоботом і гнучкою відтяжкою (рис 2.3 б і в). Укосина складається з стріли 3, хобота 1 і канатної відтяжки 2. Криволінійна частина хобота профілюється так, щоб забезпечувалося переміщення по горизонталі. Траєкторія руху кінця хобота залежить від положення вантажного каната. Якщо канат паралельний осі стріли (рис 2.3 в), то кінець хобота переміщається по горизонталі. За допомогою такої укосини можливо одержати найбільше наближення траєкторії переміщення вантажу, до горизонталі при зміні вильоту. Недоліками її є кручення стріли від моменту поперечних сил інерції, що виникають на кінці хобота, і можливість перекидання хобота при обриві вантажу.

Друга схема – шарнірно-зчленовані укосини з прямолінійним хоботом і з жорсткою (рис 2.3 г) або гнучкою (рис 2.3 д) відтяжкою. Укосина являє собою чотирьохланковий шарнірний механізм Чебишева, у якого кінець продовженого шатуна – хобот описує криву лемніскату, окремі ділянки якої близькі до горизонтальних прямих. Якщо вантажний канат спрямований паралельно стрілі або відтяжці (рис. 2.3 г), то траєкторія руху вантажу при зміні вильоту паралельна вищезгаданій лемніскаці. Якщо вантажний канат спрямований між стрілою і відтяжкою (рис. 2.3 д), то для руху кінця хобота вибирається похила ділянка кривої, а рух вантажу здійснюється близько до горизонталі і досягається за рахунок перекошування вантажних канатів по блоках.

Жорстка відтяжка хобота, що має достатню ширину в нижній частині, значно зменшує скручування стріли під дією сил інерції, прикладених до кінця хобота, і утримує хобот від перекидання у випадку обриву вантажу. Завдяки цим властивостям жорстка відтяжка широко застосовується у швидкохідних порталних кранах і в кранах із великою вантажопідіймальністю (75-100 т). Вантажопідіймальність плавучих кранів, обладнаних укосинами такого типу, досягає 350 т.

При гнучкій відтяжці хобота зменшується вага укосини, але зростає небезпека скручування стріли і перекидання хобота.

До недоліків укосин із прямолінійним хоботом варто віднести велику довжину хобота, велику вагу і велику парусність при наявності жорсткої відтяжки.

Третя схема – стріли зі зрівняльними поліспадами. Такі стріли забезпечують переміщення вантажу по лінії, близької до горизонталі. Поліспасти (рис 2.3 е) створено вантажним канатом.

Для зменшення довжини вантажного каната іноді застосовуються укорочені зрівняльні поліспасти (рис. 2.3 ж, з).

Стріли зі зрівняльними поліспадами легкі, прості у виготовленні, зручні в монтажі і дозволяють без утруднень здійснювати укладку їх у похідне положення.

До недоліків цих стріл відносяться велика довжина вантажних канатів при малих вильотах і, як слідство, велике розгойдування вантажу, а також підвищена витрата вантажних канатів за рахунок їхньої великої довжини і додаткового зносу від перекочування по блоках при зміні вильоту.

Четверта схема – стріли зі зрівняльними блоками, розташованими на хитному важелі й відтягуючими вантажний канат при зміні вильоту (рис 2.2 и). Траєкторія руху вантажу таких стріл значно відхиляється від горизонталі. Поліпшення цієї траєкторії звичайно викликає значне ускладнення стрілового пристрою.

Урівноважування власної ваги укосин у всіх чотирьох схемах досягається за рахунок рухливої противаги, що розташовується на хитному важелі-коромислі (рис 2.2 б, у, р, д, ж, и), з'єднаному жорсткою тягою зі стрілою, або на канатному підвісі, з'єднаним зі стрілою. У останньому випадку противага рухається у вертикальних або похилих напрямляючих (рис. 2.2 з). Такі схеми не забезпечують повного урівноважування укосини при усіх вильотах. Повне урівноважування досягається рухливою противагою, укріпленою на продовженій нижній частині стріли (рис. 2.2 е), у тому випадку,

якщо загальний центр ваги стріли і противаги збігається з віссю обертання стріли.

Урівноважування власної ваги укосини можна також одержати за допомогою рухливої противаги, якщо загальний центр ваги стріли і противаги при зміні вильоту буде переміщатися по горизонталі.

По своєму призначенню порталні крани можуть бути розділені на наступні основні групи:

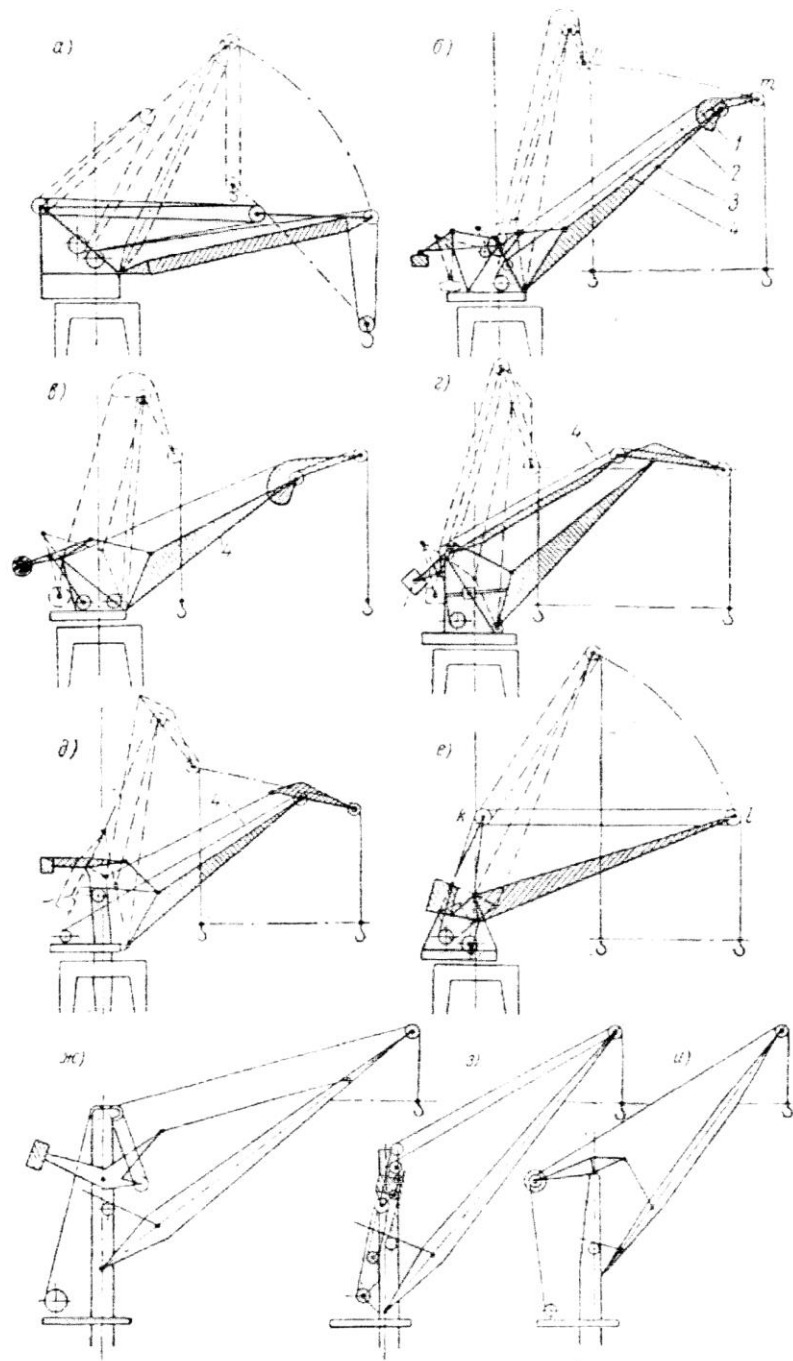
- 1) портові – для вантажно-розвантажувальних робіт в портах;
- 2) монтажні – для суднобудування і судноремонту;
- 3) будівельні – для механізації будівельних робіт.

Портові крани. Вантажопідіймальність кранів, які використовуються у портах при навантаженні масових вантажів, коливається в межах 1,5 – 40 т. При вантажопідіймальності понад 3 т вони, звичайно, оснащуються змінним устаткуванням – грейферами для роботи з насипними вантажами і гаками для роботи зі штучними вантажами.

Для кранів вантажопідіймальністю до 3 т включно застосування грейферів обмежено, в основному вони використовуються для завантаження вугіллям каботажних і річкових суден. Тому для спрощення підіймального механізму такі крани виготовляються тільки з гаками. Для спеціалізованих морських причалів при великих кількостях насипних вантажів доцільно застосовування грейферних кранів вантажопідіймальністю до 25 т.

Портові крани, звичайно, мають максимальний виліт від 15 до 45 м.

Ширина колії порталу (відстань між осями підкранових рейок) залежить від кількості залізничних колій, що перекриваються порталом. Звичайно, портали виконуються одноколійні, двоколійні і трьохколійні.



а – проста підйомна стріла; б, в – шарнірно-зчленовані укосини з криволінійним хоботом; г – шарнірно-зчленовані укосини з прямолінійним хоботом та жорсткою відтяжкою; д – шарнірно-зчленовані укосини з прямолінійним хоботом і гнбкою відтяжкою; е – стріла з врівноваженим поліспастом; ж, з – стріли з укороченими врівноваженими поліспастами; и – стріла з врівноваженим блоком;

Рисунок 2.2 – Схеми стрілових пристроїв

Поворотна частина крана на одноколійному порталі встановлюється на середині його прольоту, на двоколійному вона іноді зміщується до однієї з підкранових рейок в залежності від умов роботи крана. Поворотна частина крана на триколійному порталі іноді виконується пересувною, що збільшує площу обслуговування, але ускладнює конструкцію крана.

Монтажні крани (суднобудівні і судноремонтні). Монтажні порталні крани, що встановлено на набережних судноверфів для добудування суден на плаву, називаються добудовчими кранами. Вони застосовуються також при ремонті суден у ремонтних набережних і в сухих доках.

Портальні крани, застосовувані для складання суднових корпусів на стапелях, називаються стапельними кранами. Сучасна технологія будівництва судів передбачає складання корпусу корабля великими вузлами, тому вантажопідіймальність стапельних і добудовчих кранів досягає 80 т і більше.

Висота підйому гака над головою підкранових рейок монтажних кранів досягає 50 м. Звичайно, вони встановлюються на спеціальних високих порталах і, починаючи з вантажопідіймальності 20 т і більше, оснащуються двома гаками – головним і допоміжним.

Будівельні крани. Застосування порталних кранів на будівництві внаслідок їхньої високої вартості доцільно тільки при перевантаженні великих кількостей матеріалів, коли кран працює тривалий час на одному місці.

В даний час порталні крани широко застосовуються на будівництвах гребель, шлюзів і силових споруд великих гідроелектростанцій для укладки бетону, який подається в баддях по бетоновозній естакаді. Кран розвантажує бадді, що підвозяться по естакаді під порталом крана, і подає їх у блоки, де бадді спорожняються й назад завантажуються на транспортні засоби. За допомогою порталних кранів подають і встановлюють опалубку (у вигляді щитів), арматурні ферми, плити-оболонки, встановлюють заставні частини затворів і турбін і т.д. Наприкінці будівництва ці крани використовуються для монтажу основного обладнання.

Будівельні порталні крани, звичайно, мають вантажопідіймальність 10 – 20 т. В залежності від вильоту стріли вона може бути перемінною. Величина

максимального вильоту цих кранів залежить від ширини гребель і досягає 50 м, висота підйому гака над головою підкранових рейок – 36 м. Глибина опускання гака нижче головки підкранової рейки залежить від висоти естакади і досягає 70 м і більше.

Для забезпечення високої продуктивності при таких великих висотах підйому будівельні крани мають такі ж високі швидкості підйому, як і перевантажувальні крани. Однак, швидкості повороту і зміни вильоту в будівельних кранів дещо менші, ніж у перевантажувальних, внаслідок необхідності зменшення розгойдування вантажу, що висить на довгих канатах.

Будівельні крани роблять тільки гаковими. Портالي їх мають велику висоту, тому що під ними можуть перевозитися по естакаді арматурні ферми й обічайки трубопроводів до турбін.

3. УСТРІЙ ПОРТАЛЬНИХ КРАНІВ

Розглянемо устрій класичних порталних кранів (рис 3.1).

Портальні - це повно-поворотні стріловидні крани, встановлені на жорсткому, що може переміщуватися по рейкам, спеціальному помості-порталі.

Портальні крани є одним з найбільш розповсюджених засобів механізації навантажувально-розвантажувальних робіт в морських і річкових портах, а також монтажно-складальних робіт при будові і ремонті суден.

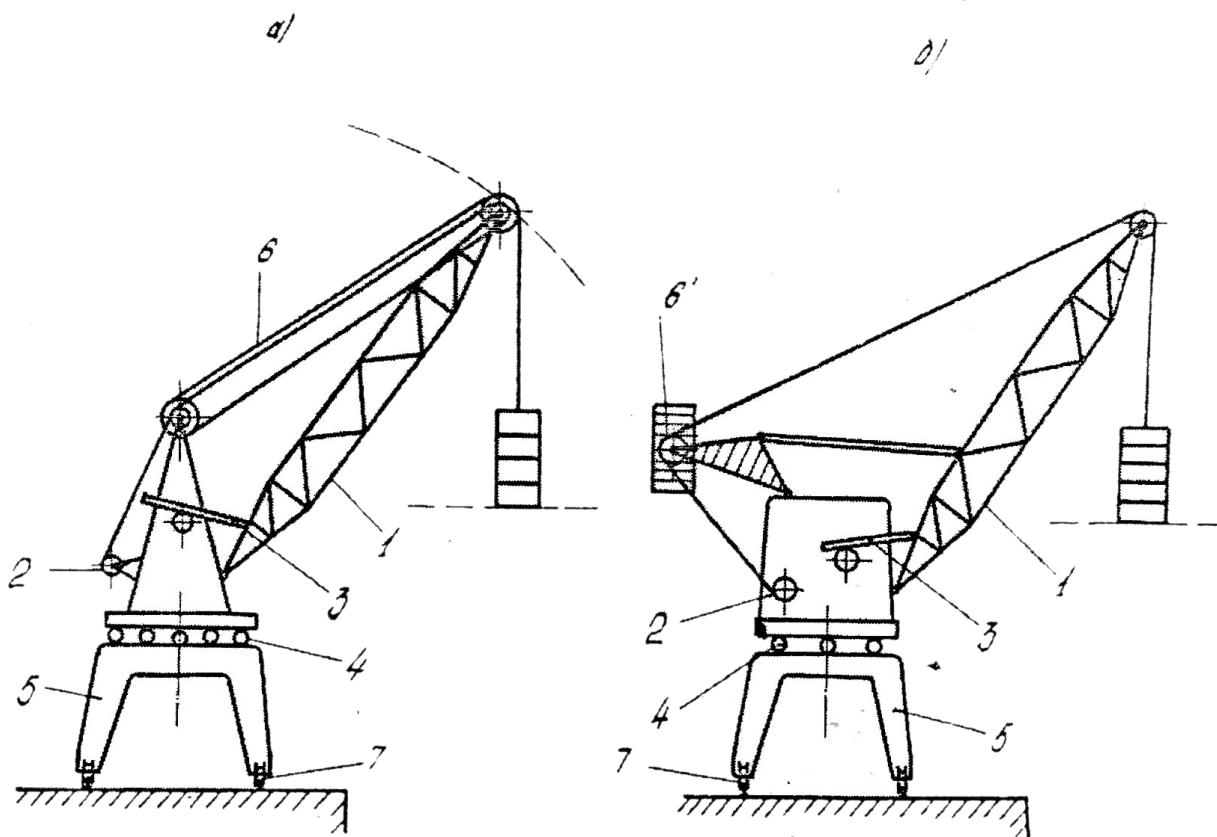


Рисунок 3.1 - Портальні крани з одноланковою стріловою системою

Розрізняються одноланкові стрілові порталні крани із зрівняльним поліспастом і крани з вирівнюючими блоками.

На рис. 3.1, *a* зображена схема крана із зрівняльним поліспастом.

Основні вузли крана:

- 1 - стріла;
- 2 - механізм підйому;
- 3 - механізм зміни вильоту стріли;
- 4 - опорно-поворотний пристрій з механізмом повороту;
- 5 - портал;
- 6 - зрівняльний поліспаст;
- 7 - механізм пересування крана

На рис. 3.1, б - схема крана з вирівнюючим блоком 6'. Інші вузли - як у крана із зрівняльним поліспастом.

Портальні крани одноланкові стрілові простіші, ніж крани з багатоланковими стріловими пристроями.

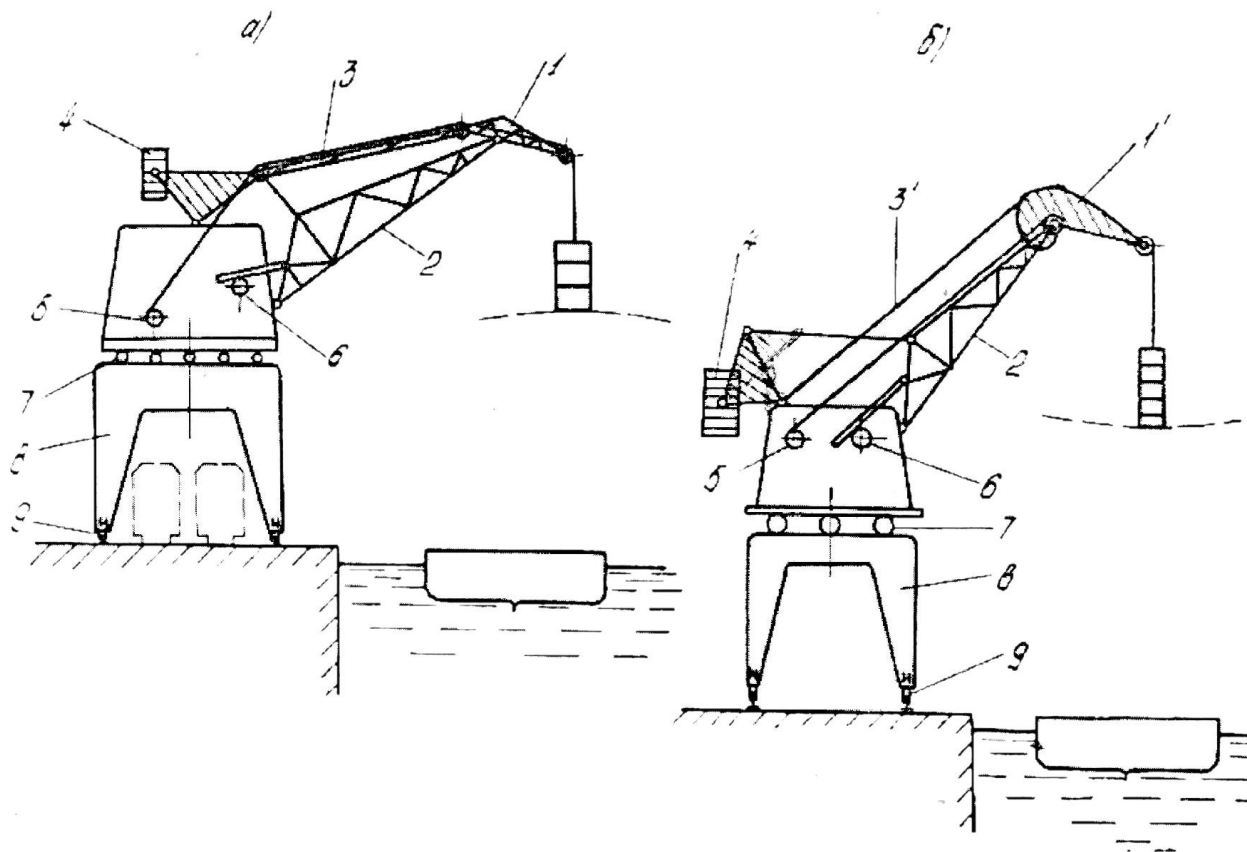


Рисунок 3.2 – Портальні крани з багатоланковою стріловою системою

Розрізняють крани з шарнірно-зчленованою укосиною, прямолінійним хоботом і жорсткою відтяжкою складається із наступних основних вузлів (рис. 3.2, а):

- 1 - хобіт;
- 2 - стріла;
- 3 - жорстка відтяжка;
- 4 - противага;
- 5 - механізм підйому;
- 6 - механізм зміни вильоту стріли;
- 7 - опорно-поворотних пристрій з механізмом повороту;
- 8 - портал;
- 9 - механізм пересування крана.

На рис. 3.2, б зображено схему крана з шарнірно-зчленованою укосиною, профільованим хоботом і гнучкою відтяжкою.

- 1' - профільований хобіт;
- 3' - гнучка відтяжка.

Горизонтальне переміщення вантажу забезпечується за рахунок різної кривизни хобота.

Механізми зміни вильоту бувають:

- Штангового типу (найпоширеніші), у яких можуть бути використані зубчасті рейки, або гвинтові тяги;
- Гідравлічні;
- Поліспасти, де зміна вильоту відбувається за допомогою стягування рухомої та нерухомої обойми;

- Секторні, застосовувалися в ранніх конструкціях кранів, де противага знаходилася на нижньому кінці стріли;
- Кривошипно-шатунні.

Класифікація портальних кранів за призначенням:

Перевантажувальний кран (рис. 3.3, 3.4) (найбільш масовий тип крана). Вантажопідйомність варіюється в межах 5 – 30 т. Може оснащуватися грейфером для сипких вантажів, магнітною шайбою для металобрухту, або своєю підвіскою гака для штучних вантажів.

Перевантажувальні крани зазвичай мають дві однакові лебідки для роботи з грейфером.



Рисунок 3.3 – Перевантажувальний кран із підйомною стрілою КППГ-5



Рисунок 3.4 – Перевантажувальні крани з шарнірно-зчленованою стрілою типу КПП

Монтажний кран (рис. 3.5). Широко використовують у портах, на суднобудівних підприємствах, судноремонтних заводах. Конструктивно ідентичний перевантажувальному крану і відрізняється наявністю гусака на хоботі та малої швидкості переміщення гака. Лебідка або одна, або дві різні – для головного та допоміжного підйомів. Вантажопідйомність в інтервалі 12,5 – 160 т.



Рисунок 3.5 – Монтажний кран із шарнірно-зчленованою стрілою КПМ-32/16-17/30-10,5К

Стапельний кран (рис. 3.6). Один із вузьковикористовуваних кранів. По суті, це монтажний кран і використовується виключно на суднобудівних підприємствах. Він призначений для монтажу суден. Конструктивними особливостями є високий портал і тролейний струмопідвід. Особливістю режиму роботи слід відзначити досить часте утримання піднятих вантажів, близьких до максимальних, на чітко визначеній висоті тривалий час (зазвичай, монтаж секції судна займає кілька діб). Має велику вантажопідйомність і малі посадкові швидкості.



Рисунок 3.6 – Стапельний кран із шарнірно-зчленованою стрілою в/п 75 т

Доковий порталний кран в силу специфіки виконуваних робіт має відносно невелику вантажопідйомність. Конструктивними особливостями є вузький портал (оскільки ширина стіни доку обмежена), наявність протиугінних захватів та захисту від перекидання. Він має обмеження щодо можливості роботи при хвилюванні морської акваторії.

3.1 Конструкція порталних кранів

Портал. Основне призначення – мінімізація ваги противаг (і, відповідно, ваги крана) за рахунок збільшення площі опирання, що однозначно забезпечує стійкість крана. Друге призначення – пропуск між ніг автомобільного чи залізничного транспорту, проїзд над механізмами чи спорудами. Слід зазначити, що далеко не всі порталні крани допускають (немає необхідності) проїзд транспорту, а проїзд над механізмами та спорудами вкрай рідкісний, оскільки неможливий на робочій ділянці та допускається лише при пересуванні з робочої ділянки на ремонт. Портал складається з ніг та оголовка. Ноги можуть розташовуватись симетрично, але зазвичай портал у плані не є квадратом, а – вигнутий по одній з координат. Найбільш поширені крани із симетричним порталом – «Кіровці» з шириною проїзду 10,5 м (дві залізничні колії). Між ногами, розташованими вздовж рейки, розташовуються стяжки, сходи та інше обладнання.

Нога – елемент порталу (зазвичай чотири, але в старих конструкціях зустрічаються портали з трьома ногами), який внизу закінчується одним або кількома візками. Візки бувають моторними чи непривідними. На холостому візку відсутній двигун. Зазвичай порталний кран має чотири двигуни пересування, тобто по одному на кожній нозі. У цьому випадку нога закінчується візком із двома колесами, одне з яких є привідним. Бувають крани, на яких привідні лише дві ноги, але це легкі крани і зустрічається такий варіант рідко.

Також зустрічаються порталні крани з 8 або 16 (дуже рідко) двигунами пересування. Це важкі крани. У них буває до 4 візків на ногу, причому іноді внутрішні крайні візки сусідніх ніг мають додатковий зв'язок у вигляді балансиру. Комбінація моторних і нехолостих візків на одній нозі в цьому випадку може бути найхимернішою.

Крайні візки обов'язково мають закінчуватися буферами. На візках обов'язково є протиігунний захоплювач. Мінімальна їх кількість – по одному на нозі, можливо і більша кількість, якщо маса крана так, що одного на нозі може не вистачити для утримання крана при неробочому вітровому навантаженні. На докових порталних кранах, крім протиігунних захоплювачів, передбачаються пристрої утримання при крені, що також

встановлюються на візку. Нутрощі ноги використовуються для прокладання кабелів. Сходи для машиніста всередині ноги не розміщуються, лише – зовні.

Оголовок portalу – верх «табуретки», служить для з'єднання ніг. Основне призначення – прийом навантажень від поворотної частини на опорний підшипник. В оголовку розташоване електроустаткування, що забезпечує пересування крана. Буває різної форми. Наприклад, на старих «Кіровцях» була квадратна у плані форма, на пізніших – кругла.

Величина проїзду вважається стандартною у 1, 2, або 3 залізничні колії. Найбільш поширені – на 2 колії (10,5 метрів). Портальні крани, які не працюють із транспортом усередині portalу, можуть мати іншу ширину. Так, будівельні крани мають зменшену ширину проїзду.

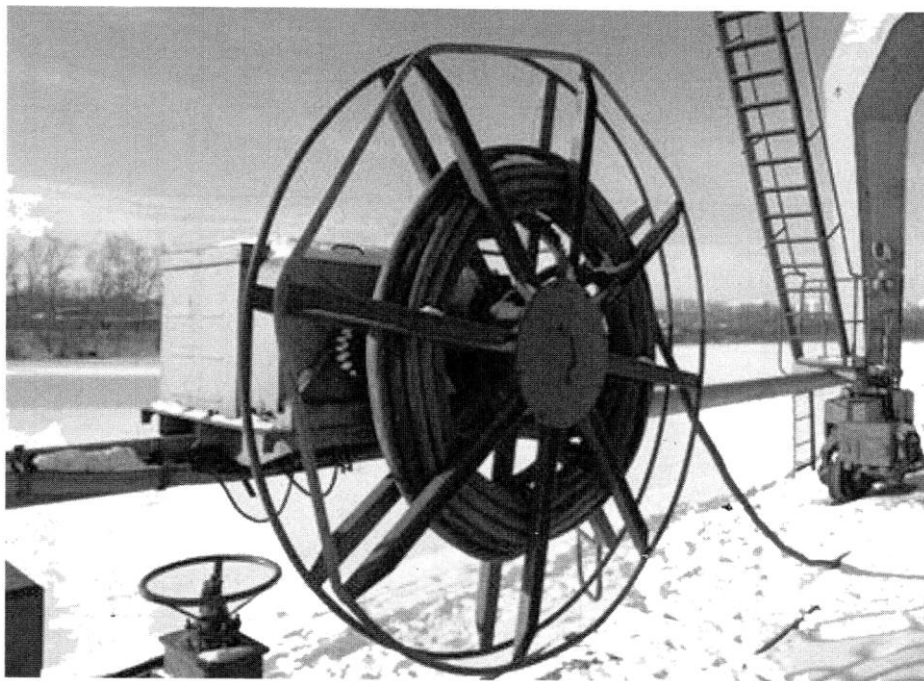


Рисунок 3.7 – Кабельний барабан

Струмopідведення до крана буває двох виконань. Найпоширеніше – кабельний барабан (рис. 3.7) і гнучкий кабель, що змотується або розмотується в міру пересування крана. Кабельний барабан розташовується на одній з ніг, або разом із протиутінними захоплювачами на ригелі, що з'єднує дві ноги. Спосіб потребує мінімальних капітальних витрат, є досить надійним та застосовується переважно у портах. Рідкісним варіантом є тролейний

струмопідвід, що представляє собою довге приміщення нижче рівня колії, в якому протягнуті тролєї, а у крана є спеціальна штанга із струмознімачами. Застосовується на суднобудівних заводах, де є ризик пошкодження гнучкого кабелю, та є можливість переїзду колії транспортом у будь-якому місці.

Верхня поворотна будова складається з поворотної частини, пов'язаної з порталом за допомогою опорно-поворотного крузі. При такій конструкції поворотна частина спирається на ролики, які контактують із двома горизонтальними рейками розміщеними на порталі та на поворотній частині.

Хорошим прикладом опорно-поворотного пристрою на колоні може бути кран КППГ-5. Дана конструкція складається з двох вузлів: верхнього та нижнього. Верхній вузол є системою горизонтальних котків (залежно від навантажень – одинарних, або подвійних на балансірі), закріплених на колоні, які передають на портал навантаження за будь-якого напрямку від вантажного моменту М. Нижній вузол сприймає вертикальний тиск від ваги поворотної частини з вантажем і горизонтальне навантаження від моменту.



Рисунок 3.8 – Опорно-поворотний пристрій (ОПП) на прикладі стапельного крана

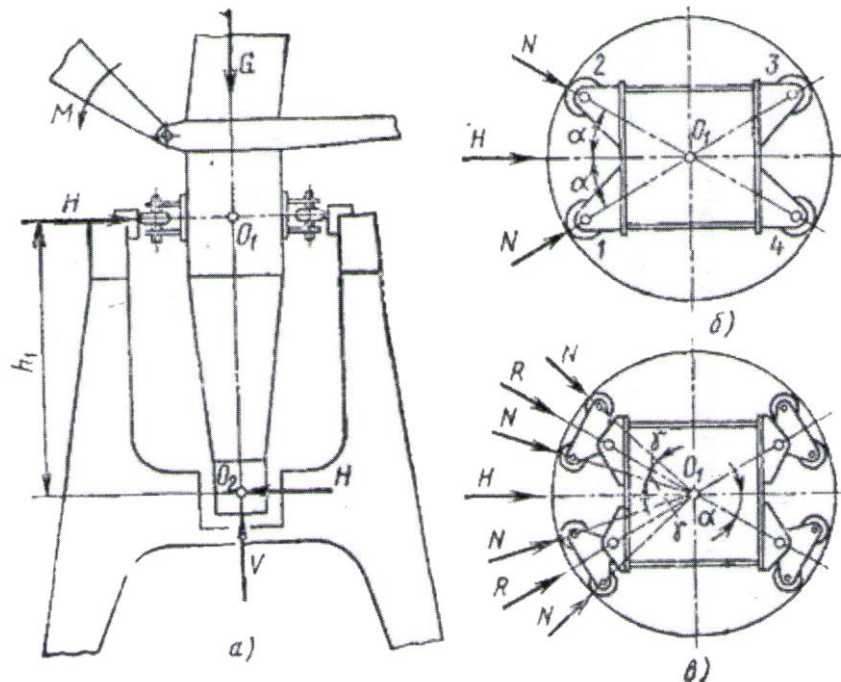


Рисунок 3.9 – Опорно-поворотний пристрій на колоні (кран КППГ-5)

Стрілові пристрої. В порталних кранах зміна вильоту є робочим рухом, тобто виконується з вантажем за високих швидкостей його горизонтального переміщення. Робочий характер зміни вильоту визначає дві найважливіші вимоги до стрілових пристроїв:

Стріловий пристрій повинен бути повністю врівноважений щодо осі гойдання стріли, що досягається за допомогою рухливих противаг;

Вантаж при зміні вильоту повинен рухатися траєкторією, що мало відрізняється від горизонтальної.

Основними типами стріл є:

- Прямі стріли, як з пристроями, що дозволяють вантажу рухатися горизонтально, так і без них. Приклад доковий кран та кран КППГ-5 (рис. 3.3).
- Шарнірно-зчленовані стріли з канатною відтяжкою гусака, застосовувалися у період 1930-1990-х років (рис. 3.10);

- Шарнірно-зчленовані стріли з жорсткою відтяжкою гуска, мають перевагу – частково розвантажені від кручення при поперечному розгойдуванні вантажу (рис. 3.11).

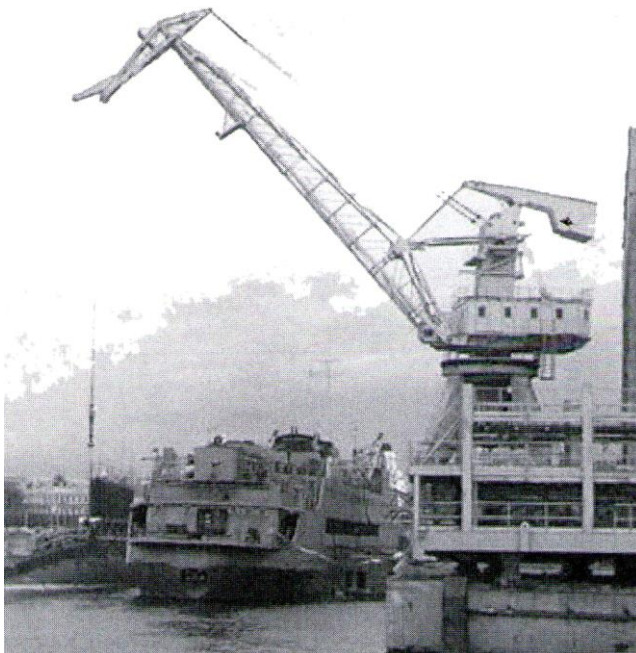


Рисунок 3.10 – Кран із шарнірно-зчленованою стрілою з тросовою відтяжкою



Рисунок 3.11 – Приклад шарнірно-зчленованої стріли з жорсткою відтяжкою

Основні причини «низьких показників продуктивності» класичних порталних кранів:

- більшість кранів в українських портах складають крани типу «Сокіл», «Кондор» з вантажопідйомністю на гаку 30-40 т, тої як закордонні аналоги порталних кранів у гаковому режимі досягають вантажопідйомності 200 т, що визначає у наших кранів продуктивність вантажопереробки нижче в 5 разів;

- порталні крани з шарнірно-зчленованою стріловою системою типу «Альбатрос», «Сокіл», «Кондор», «Марк-25», «Марк-40», «Марк-45» мають грейферний режим з максимальною вантажопідйомністю всього до 18 т, а порталні крани з прямою стрілою типу LPS-180, LPS-400, LPS-350 мають грейферний режим з вантажопідйомністю від 35 до 75 т;

- одним із показників ефективності конструкції крана є «щільність потужності», тобто питома маса крана, якою забезпечується одна тонна вантажопідйомності. У крана «Сокіл» вона становить 15,9 т/т, а у мобільно-портового крана LPS-280 – вона лише 4,1 т/т;

- середньостатична продуктивність порталних кранів по галузі становить 110-137 т за годину, за окремими портами коливається від 50 до 200 т за годину. Продуктивність крана LHM-600 фірми «Liebherr» досягає 1300 т за годину;

- виготовлення кранів в Україні (Новокраматорський завод, «Конекрейнс Україна», «Азовмаш» та ін.) йде шляхом створення порталних кранів старих зразків, з шарнірно-зчленованою стріловою системою, за своїм рівнем вони відповідають новинкам 60-х років минулого століття.



Рисунок 3.12 – Кран «Кондор»



Рисунок 3.13 – Портальный кран NKMZ



Рисунок 3.14 – «Тукан» кран-кенгуру

4. ПОРІВНЯННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОРТОВИХ КРАНІВ

Розглянемо порівняльні дослідження основних параметрів портових кранів, що випускаються в Україні і за кордоном. Визначено критерії вибору портових кранів стосовно особливостей причальних споруд морських портів України.

Поряд з інтенсивним розвитком контейнерних перевезень, впровадженням перевантажувальних комплексів безперервного транспорту, до 70% вантажних робіт у морських та річкових портах виконуються портальними кранами. У загальному парку портальних кранів до 90% складають портальні крани із шарнірно-зчленованою стріловою системою.

Знос парку портальних кранів перевищує 96%. Термін служби окремих кранів сягає 40-50 років, що у кілька разів перевищує нормативний, граничний експлуатаційний ресурс.

Середній коефіцієнт використання парку кранів у галузі становить $K_{вик}=0,29$. Близько 40% кранів працюють з $K_{вик} = 0,0 - 0,15$.

Темпи старіння парку кранів галузі значно випереджають темпи поновлення.

У ситуації, що склалася, вирішення проблеми оновлення парку портових кранів може здійснюватися тільки через впровадження великих інвестиційних проектів, як у існуючі порти, так і в нові порти, що будуються, і причали через впровадження сучасних зразків портових кранів з урахуванням передового закордонного досвіду.

На жаль, у багатьох портах, що навіть будуються, часто за традицією впроваджуються старі технології з використанням обладнання "секондхенд", морально застарілих фізично зношених портальних кранів, що вживалися з залишковим ресурсом близьким до списання.

Архітектура причальних споруд у наших портах у своїй більшості не завжди дозволяє застосовувати сучасні технології з мобільними кранами які інтенсивно впроваджуються останні 15-20 років у зарубіжних портах.

Наведені типи порталних кранів є серійними, перевіреними в експлуатації, мають параметри, які були задані свого часу в технічних вимогах на їх виготовлення, але вони по-різному відповідають як експлуатаційним вимогам, так сучасним тенденціям в кранобудуванні, таким як зниження металоємності, енергоспоживання, застосування сучасних матеріалів та технологій, вбудованих систем тестування та діагностування, зниження планових простоїв на ремонтах та при технічному обслуговуванні.

Розглянемо деякі переваги та недоліки порталних кранів, які випускаються в Україні та за кордоном. Критеріями ефективності крана є вантажопідйомність, виліт стріли, маса крана, швидкісні режими, режим роботи, вартість крана. Одним із критеріїв ефективності конструкцій крана є показник «щільність потужності»: відношення маси крана до його вантажопідйомності, тобто маса крана, що забезпечує одну тону вантажопідйомності, показник, яким визначається рівень застосування сучасних технологій, закладених під час створення крана. Загальний аналіз показує, що характеристики порталних кранів із прямою стрілою за всіма показниками значно кращі, ніж у порталних кранів із шарнірно-зчленованою стріловою системою:

- Вантажопідйомності кранів у гаковому режимі – вищі в 2 рази;
- Вантажопідйомності кранів у грейферному режимі вище – в 1,5-4 рази;
- Показник «щільність потужності» – вищий в 2-5 разів;
- Навантаження на ходове колесо знижуються від 26-39 т до 18-22 т.

На рис. 9.18 видно характер зміни технічних характеристик порталних кранів різних фірм за такими параметрами, як маса крана, вантажопідйомність у гаковому та грейферному режимах, виліт стріли крана. Наведені залежності, побудовані на параметрах серійних кранів. Вони дозволяють визначити тенденцію зниження або збільшення маси крана від зміни таких параметрів, як вантажопідйомність та виліт стріли. Аналіз показує (рис.9.19. криві I, II), що серійні зразки кранів з шарнірно-зчленованою стріловою системою досягли своїх граничних значень за параметрами: максимальна вантажопідйомність,

маса крана та виліт стріли. Тобто подальше підвищення вантажопідйомності кранів такого класу буде пов'язане із значним збільшенням маси крана.

Наприклад, порталний кран «Марк-45» («Конекрейнс Україна») з максимальним вильотом стріли - 45 м, при вантажопідйомності - 40 т, має масу крана 464 т. При цьому, порталний кран АНС-2000 («Kranbau Eberswalde») з максимальною вантажопідйомністю - 63 т при максимальному вильоті - 30 м, для зазначеної вантажопідйомності, має масу крана більше 700 т. Вказані вище максимальні параметри порталних кранів із шарнірно-зчленованою стріловою системою з великим запасом перекриваються порталними кранами з прямою стрілою, при зниженні маси крана від 707 т АНС-2000 (Kranbau Eberswalde) до 520 т LPS-530 (Liebherr). Причому, максимальна вантажопідйомність крана LPS-530 більше в 1,5-2,5 рази і становить 104 т. Слід зазначити, що порталні крани з шарнірно-зчленованою стріловою системою типу "Альбатрос", "Сокіл", "Кондор", "Марк-25", "Марк-40", "Марк-45" з грейферним режимом мають максимальну вантажопідйомність до 18 т, а порталні крани з прямою стрілою типу LPS-180, LPS-400, LPS-530 мають грейферний режим з вантажопідйомністю від 35 до 75 т.

На рис.4.1 поряд з характеристиками порталних кранів наведено порівняльні характеристики порталних та мобільних кранів (крива IV). Для порівняння наведено технічні характеристики мобільних кранів для гакового та грейферного режимів. Порівняльні характеристики порталних та мобільних кранів відрізняються на порядок. Наприклад, якщо в наших портах грейферний режим порталних кранів характеризується максимальною вантажопідйомністю 18 т, то в мобільних кранах він досягає 75-90 т. Якщо гаковий режим наших серійних кранів характеризується вантажопідйомністю максимум 40 т, то в мобільних кранах вона досягає 140-208 т. Крім того, мобільні крани дозволяють створювати принципово нові технології вантажних робіт з високим коефіцієнтом використання кранів завдяки своїй мобільності.

Наприклад, у Новоросійському порту, де застосовуються мобільні крани, коефіцієнт їх використання досягає $K_B = 0,8$, у той же час у наших портах середній коефіцієнт використання по галузі не перевищує $K_B = 0,29$. Одеський порт має $K_B = 0,22 - 0,23$.

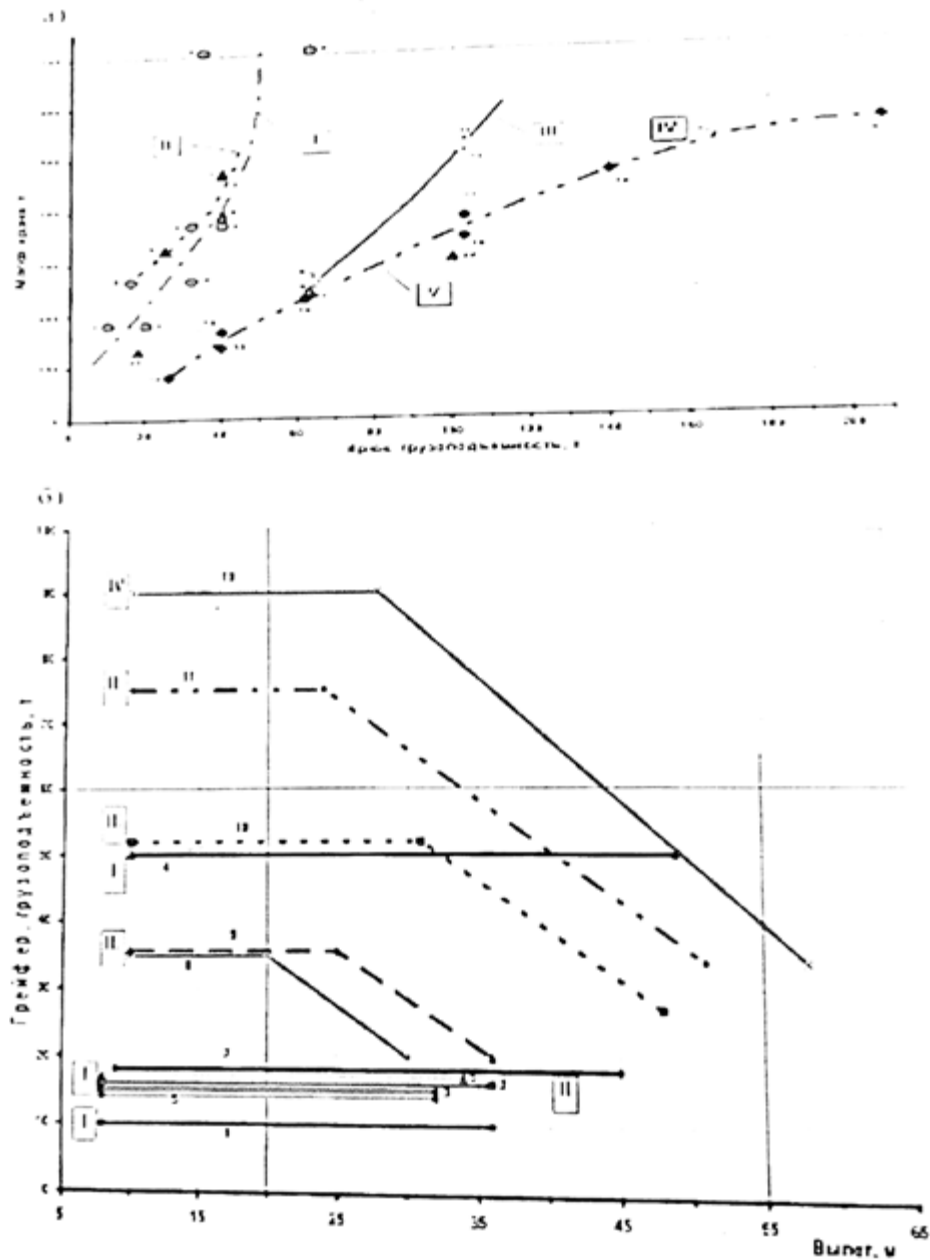


Рисунок 4.1 – Порівняльна характеристика портових кранів за параметрами:
 маса крана; вантажопідйомність у гаковому режимі; вантажопідйомність у
 грейферному режимі; виліт стріли крана

4.1 Недоліки порталних кранів із шарнірно-зчленованою стріловою системою

Результати аналізу показують, що шарнірно-зчленована стрілова система в порталних кранах скоріше традиція, ніж економічна доцільність. Винайдено та впроваджено в конструкцію кранів вона була в середині минулого століття. Основним призначенням її було забезпечення горизонтального переміщення гакової підвіски системою важелів із врівноваженням стрілової системи рухомою противагою. Причому маса зазначених важелів (хобот, відтяжка, тяга, коромисло з рухомою противагою) перевищує масу самої стріли в кілька разів і досягає 60% металоємності від загальної маси стрілової системи крана. У сучасних кранах електронними методами забезпечується будь-яка траєкторія переміщення вантажу, зокрема, з урахуванням суміщення всіх операцій на максимальних швидкостях. З цієї причини на сьогоднішній день шарнірно-зчленована стрілова система є морально застарілою конструкцією, яка значно збільшує масу крана. Для порталних кранів невеликої вантажопідйомності збільшення маси крана за рахунок шарнірно-зчленованої системи не є критичним, а для кранів великої вантажопідйомності маса стає проблемою, у зв'язку з катастрофічним збільшенням металоємності крана.

4.2 Додаткові переваги порталних кранів «Gottwald»

Поряд із перевагами за технічними параметрами крани фірми «Gottwald» оснащені додатковими пристроями та мають ряд інших переваг:

- живлення крана може здійснюватися як від зовнішнього берегового джерела за допомогою кабелю (електроживлення), так і від автономної дизельної установки крана;
- крани обладнані електронною системою "LITRONIC" з вбудованою системою діагностування всіх систем та пошуку несправностей;
- керування краном може здійснюватися з двох кабін, верхньої (вежевої) та нижньої (на порталі);
- забезпечуються телевізійними системами спостереження верхньої кабіни, де встановлено кольоровий монітор контролю за вантажем;

- крани оснащуються автоматичною системою контролю параметрів роботи крана, контролю технічного стану всіх систем, централізованою системою змащування всіх механізмів;
- вантажозахоплюючий пристрій крана (гак, автоматичний спредер, канатний грейфер) оснащений механізмом обертання вантажу;
- система керування крана "LITRONIC" забезпечує контроль роботи всіх систем тестування, діагностування, швидкий пошук дефектів, а також контроль залишкового ресурсу компонентів крана;
- переміщення вантажу краном контролюється системою погашення коливань на базі "LITRONIC";
- крани оснащуються модемом для передачі інформації про роботу крана та його технічний стан, що дозволяє проводити моніторинг вантажопереробки та результатів внутрішньої діагностики систем крана в режимі "on-line", не залишаючи офісу;
- за рахунок планової заміни компонентів крана при планових технічних обслуговуваннях виключається необхідність планових поточних та капітальних ремонтів, чим досягається високий коефіцієнт використання крана на вантажних роботах;
- енерговитрати на вантажопереробку знижуються до 30% порівняно з традиційними конструкціями порталних кранів.

В Україні портові крани "Liebherr" працюють у портах Одеський, Південний, порт "Авліта", оснащений трьома унікальними порталними кранами "LPS-530" з вантажопідйомністю до 104 тон.

Модель LHM 500 стала найпопулярнішим краном Лібхерр для обробки контейнерів. Помітна тенденція, яка спостерігається не лише в Латинській Америці, - це прагнення використовувати усе більш потужні машини як для потенційного залучення нових судноплавних ліній, так і для обробки суден все більшого тону. Очевидно, нікого не здивує тим, що в Латиноамериканські порти вже заходять деякі з найбільших суден в світі. Що стосується типів оброблюваних вантажів, то просліджується постійна тенденція працювати з

контейнерними вантажами, а також постійно зростає важливість вантаження двох контейнерів одночасно.

При роботі з контейнеровозами класу Панамакс кран LHM 500 має вантажопідйомність 50 т під спредером і виліт 40 м, що ідеально личить для вантаження контейнерів до 13 ярусів, по 2 штуки одночасно. Навіть при роботі з контейнерними лайнерами класу Пост Панамакс LHM 500 здатний вантажити 12,2 метрових контейнерів в 17 рядів (51 м).

4.3 Крани Готтвальд для швидкої і якісної обробки суден

Пропонуються українським портам порталні крани Готтвальд, які гарантують швидку ефективну обробку вантажів. Портал виготовляється за бажанням замовника під конкретні умови порту або терміналу. Перевагу такого індивідуального підходу дає можливість розміщувати конвеєрні лінії або залізничі безпосередньо під краном. Всі моделі кранів Готтвальд оснащені дизельним мотором, а також можуть підключатись до джерела зовнішнього живлення.

4.4 Технічні характеристики кранів Готтвальд

Крани Готтвальд з двох або з чотирьох канатними запасовками грейфера призначені для високопродуктивної перевалки вантажу і володіють високою продуктивністю навіть після тривалого періоду роботи. Жорстка металоконструкція кранів забезпечує тривалий термін служби. Все більше кранів Готтвальд мають дизель-електричний привід, що забезпечує низькі витрати при роботі техобслуговуванні. Крім того, можлива подача енергії на ці крани від зовнішньої мережі, що дозволяє йому перемикатися на електричний привід. Також всі крани можуть бути оснащені всілякими вантажозахоплюючими схемами, вантажозахоплюючими пристроями і адаптовані до спеціальної вимоги терміналів.

У зв'язку з цим виникає потреба в інноваційних рішеннях із застосуванням надійної і ефективної навантажувально-розвантажувальної техніки. Їх розробляє «Готтвальд порт Технолоджі», дочірня компанія фірми Demag Cranes AG, світовий лідер по виробництву портових мобільних кранів і провідний постачальник взаємозв'язаних транспортних систем з комп'ютерним керуванням.

Портові крани фірми Готтвальд випускаються у вигляді мобільних портових, порталних і плавучих кранів. Електродизельні мобільні портові крани фірми Готтвальд придатні для самих різних робіт. Поряд з високою продуктивністю їх відрізняють:

- висока мобільність;
- широкі можливості вживання (перевалка контейнерів, штучних і насипних вантажів);
- максимальна вантажопідйомність - 200 т;
- вантажопідйомність в режимі грейфера - до 63 т;
- радіус дії до 56 м.

Портові крани поставляються як на колісній ходовій базі, так і на рейковому порталі або на плавучому понтоні. У приводах всіх портових кранів використовується електроенергія – вид енергії, найширше вживаний в портових господарствах. Електроенергія може вироблятися прямо на борту або подаватися з портової мережі. Це сприятливо позначається на ККД крану, до того ж це дозволяє повністю уникнути викиду вихлопних газів в портах і істотно понизити рівень шуму – з відповідним позитивним ефектом для загального екологічного балансу портів.

Портові крани на рейковому ході фірми Готтвальд застосовуються, як правило, саме там, де необхідні індивідуальні рішення, зважаючи на високу міру спеціалізації. Цей тип кранів, розроблений для експлуатації на вузьких і спеціальних причалах, ідеальний для перевалки будь-яких вантажів. Дані крани випускаються з порталами, що мають індивідуальну габаритну висоту і ширину колії. Цим забезпечується рух автомобільного і залізничного транспорту під порталами і з боку від них. Також портові крани на рейковому ході прекрасно справляються з перевалкою насипних вантажів будь-якого роду.

Фірма Готтвальд випускає мобільні портові, порталні, плавучі крани п'ятого покоління моделей 6, 7, 8, вантажопідйомністю до 200 т і вильотом до 56 м для роботи в терміналах обробки суден всіх розмірів, для всіляких

вживань. Крани спроектовані з використанням великої кількості ідентичних частин.

Відомо, що абсолютна більшість порталних кранів, встановлених у всіх морських портах України, відпрацювали свій нормативний термін, тому вибір напрямку по зміні і модернізації порталного крана досить актуальний.

У портах більшість морських держав на зміну традиційним порталним кранам приходять портові мобільні (ПМК) мобільні порталні (МПК) крани.

Завдяки своїм характеристикам рухливості, крани ПМК серії НМК можуть використовуватися майже у всіх портах як альтернатива традиційним порталним кранам і судновим кранам-перевантажувачам. Істотна кількість цих кранів була оснащена канатними грейферами, що використовуються при обробці навалювальних вантажів.

До переваги МПК фірми Готтвальд з дизель-електричними приводами, зокрема відносяться:

- зниження витрати палива до 30% в порівнянні з краном, що має гідропривід (при підключенні крану до зовнішньої мережі витрата енергії до 30-40% нижче в порівнянні з гідроприводом);

- до 20% зниження витрат на техобслуговування електричних вузлів і деталей, в порівнянні з витратами на техобслуговування гідравлічних вузлів і деталей за рахунок частішої перевірки гідроприводу (наприклад заміна мастила);

- істотне зниження часу простою при техобслуговуванні електричних вузлів деталей, порівняно з гідравлічними;

- більший термін служби електродвигунів і генераторів (у 2-3 рази), порівняно з гідравлічними;

- раціональний розподіл терміну служби дизельного двигуна і всього крану за рахунок можливості підключення крану до зовнішньої мережі (термін служби дизельного двигуна – 15-18 тис. годин, а крану – 20-25 тис. годин);

- відсутність шуму при роботі крану від мережі, відсутність забруднення довкілля.

Висока мобільність портових кранів робить їх універсальним засобом та ключовим інструментом для роботи з різними типами вантажів, від контейнерів до насипних вантажів, генеральних вантажів та навіть великовагових вантажів масою до 208 т. Короткі терміни постачання, порівняно низькі ціни на транспортування та монтаж, а також низькі експлуатаційні витрати свідчать про користь кранів LHM. Кран може використовуватись у всіх зонах порту, де потрібні послуги крана. Основне комплексне оснащення та легке транспортування гарантують високу передпродажну вартість та підкреслюють його гнучкість як об'єкта інвестицій.

У мобільних портових кранах Liebherr використовуються найпередовіші проектні, інженерні та виробничі технології. Кран складається з наступних основних вузлів (рис.4.2):

- 1 - оптимізована довжина стріли (для практичного застосування);
- 2 - закрита конструкція вежі (із захищеним від зовнішніх умов доступом до кабіни);
- 3-стріловий циліндр (знаходиться над стрілою);
- 4 - збільшення висоти вежі 4,8 м (для більш високої точки опори стріли та висоти кабіни, опція);
- 5 - PACTRONICS® (гібридний привід);
- 6 - лебідки (різні зміни);
- 7 - шасі (з вбудованим дизельним баком та додатковим доступом у середньому відсіку);
- 8 - силова установка (дизельні двигуни різної потужності, залежно від завдань);
- 9 - поворотна платформа (GFRP - армований склопластик).

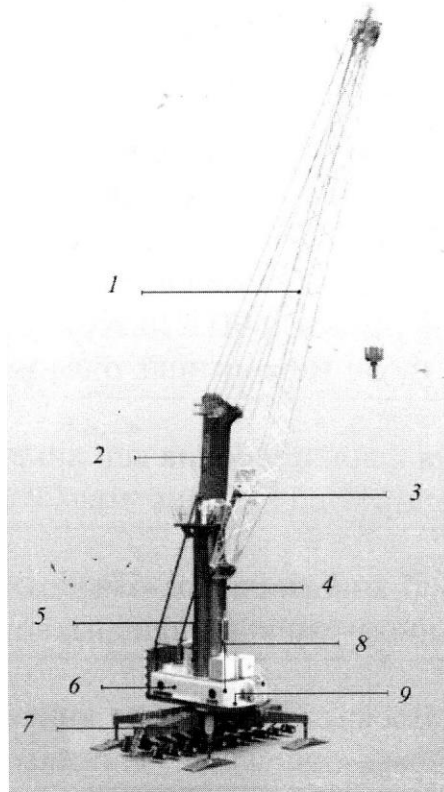


Рисунок 4.2 - Типовий мобільний портовий кран фірми Liebherr

Концепція мобільного портового крана Liebherr (рис. 4.2) загалом характеризується винятковою модульністю щодо вимог портів та клієнтів.

Модельний ряд мобільних портових кранів Liebherr повністю відповідає вимогам суднової, портової та транспортної галузей промисловості. Компанія Liebherr пропонує оптимальне рішення для кожного типу судна, кожного вантажу і кожного порту.

4.5 Перевалка контейнерів

Завдяки високим прискоренням при виконанні всіх робочих рухів крана, які з високою точністю керуються системою Litronic®, компанія Liebherr підкреслює своє лідируюче положення в перевалці контейнерів. Виліт стріли та вантажопідйомність крана підходять для обробки різних суден, від фідерних до суден класу super post-panamax. Кран може бути оснащений різними типами спредерів (фіксованим або телескопічним). Можлива робота з ручними, напівавтоматичними або повністю автоматичними телескопічними спредерами для перевалки всіх стандартних контейнерів (від 10" і до 48").

Гідростатичний привід Liebherr є найнадійнішою та найефективнішою системою приводу для мобільних портових кранів. У незалежних замкнених гідросистемах використовується мінімальна кількість компонентів, що гарантує високу керованість, гладку та точну роботу за максимальної експлуатаційної безпеки.

За допомогою запатентованої системи Liebherr Cycloptonic® (електронна система керування краном з оптимізацією циклу) досягається точне позиціонування вантажу, що допомагає кранівнику виконати завдання з високою точністю. Завдяки роботі системи Cycloptonic® підвищується безпека та впевненість оператора.

Для підвищення безпеки стріловий циліндр розміщено над стрілою, що унеможливорює будь-яке пошкодження циліндра, що може статися внаслідок розгойдування вантажів або високо встановлених рядів контейнерів на борту судна.



Рисунок 4.3 - LHM 550 мобільні портові крани

4.6 Перевалка насипного вантажу

Оптимізована взаємодія потужної гідростатичної трансмісії та вдосконаленої електроніки Liebherr гарантує ефективну перевалку насипного вантажу завдяки коротким робочим циклам. Незалежно від використання моторного або чотирикранового грейфера всі параметри перевалки, такі як кількість вантажу під час захоплення грейфером, швидкість відкриття/закриття грейфера та його підйому, одночасні функції, синхронізація лебідок тощо, оптимізовані за допомогою спеціально розробленої електроніки Liebherr, яка забезпечує переваги:

- під час роботи грейфера поворот та зміна вильоту стріли керуються одночасно на максимальній швидкості для досягнення максимально можливої продуктивності;
- під час завантаження грейфера такі функції, як автоматичне опускання та підйом гарантують оптимальний рівень завантаження грейфера;
- система контролю за натягом канатів гарантує збільшення терміну служби канатів та підвищує експлуатаційну безпеку;
- рекуперована енергія повертається до двигуна через замкнуту систему, що сприяє меншому споживанню палива;
- система проти розгойдування Cusoptronic® автоматично зупиняє розгойдування вантажу, поперечне та поздовжнє, на максимальних швидкостях;
- для забезпечення безпечної та ненапруженої роботи оператора компанія Liebherr пропонує напівавтоматичну систему Cusoptronic® із програмою Teach-In®, яка спрямовує кран від трюму судна до штабеля на причалі без будь-якого розгойдування. Особливо при перевалюванні насипних вантажів у бункери програма Teach-In® може суттєво збільшити темп перевалки та забезпечити постійну продуктивність протягом усього розвантаження судна.



Рисунок 4.4 - LHM 180 робота грейфером

4.7 Робота з негабаритними вантажами та важковаговиками

Безпека та точність є найважливішими критеріями при роботі з важкими вантажами. Гідростатична концепція двигуна разом з замкнутими гідроприводами гарантують негайну реакцію системи, що знижує швидкі та безпечні робочі цикли. Залежно від моделі, мобільні портові крани Liebherr (рис. 4.5) можуть піднімати до 208 тонн, Витривалість та стабільність, особливо необхідні для цього виду робіт, вони вважаються фундаментальними поняттями. Унікальна хрестоподібна опорна система Liebherr забезпечує стійкість. Навантаження, що виникають, передаються на причал через найкоротше плече. Все це дає:

- поглинання всіх статичних та динамічних навантажень в результаті руху та роботи крана;
- зведення напруги на всіх несучих елементах ходової частини до мінімуму;

- висока безпека покращує комфорт оператора, а, отже, покращує продуктивність роботи.

4.8 Генеральні вантажі

Мобільні портові крани LHM демонструють свою унікальну багатосторонність і пристосованість, особливо при перевалюванні генеральних вантажів при постійній зміні експлуатаційного обладнання та способів перевалки.

Заміна одного вантажопідйомного пристрою на інше займає всього кілька хвилин.

При спеціальних засобах керування та індивідуальних заздалегідь обраних методах перевалки вантажів затримки на модифікацію не виникають.

Автоматичне розпізнавання та попередній вибір вантажопідйомного засобу відбувається за допомогою системи керування Liebherr Litronic.



Рисунок 4.5 - LHM 600 RHB при перевантаженні важких крупногабаритів

Вибір кранового обладнання базується на оцінці таких основних чисельних значень техніко-економічних показників (ТЕП) та якісних характеристик (ЯХ)(рис. 4.6):

- вартість;
- продуктивність; вантажопідйомність;
- виліт стрели;
- навантаження на основу;
- споживана потужність;
- експлуатаційні витрати та ін.

Крім ТЕП, вибір крана, наприклад, для портового терміналу універсального призначення можна виконувати з урахуванням основних якісних характеристик (ЯХ) – додаткових критеріїв оцінки конкурентоспроможності кранів:

- універсальність, або здатність працювати з різними видами вантажу;
- технологічна функціональність, або швидкість та амплітуда робочих рухів з номінальним вантажем, що забезпечує обробку з необхідною продуктивністю як трюмів розрахункового судна, так залізничних подач автомобілів або складських майданчиків;
- мобільність, або здатність кранів оперативно переміщуватися в межах порту між вантажними фронтами (причальним, залізничним, автомобільним) та складськими робочими зонами.

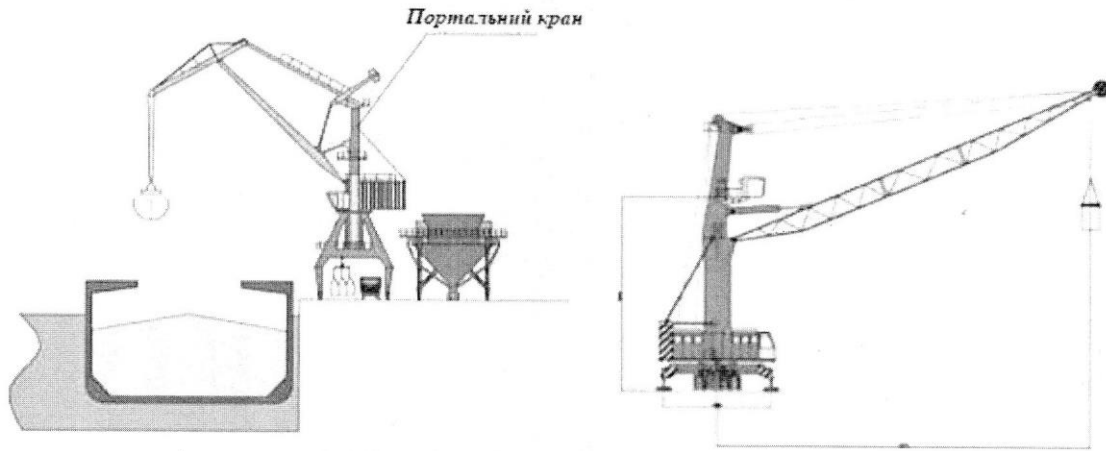


Рисунок 4.6 - Концептуально різні портові крани

На схемі (рис.4.7) представлено класифікацію основних типів повноповоротних стрілових самохідних кранів, конструктивні особливості яких можуть впливати на вибір обладнання за наведеними вище критеріями.

Всі ці крани забезпечують обертання поворотної частини, підйом вантажу, зміну вильоту стріли та пересування крана, для чого призначені відповідні механізми та пристрої.

Конкретні поєднання їх характеристик визначають переваги та недоліки конструктивних схем з погляду відповідності зазначеним вище критеріям.



Рисунок 4.7 - Класифікація основних типів повноповоротних стрілових самохідних кранів

Як показує історія розвитку кранових технологій перевалки вантажів у портах, прагнення виробників крана до збільшення його мобільності за умови дотримання інших якостей (універсальності, технологічності) призводить до збільшення його вартості.

Оптимальна мобільність, як правило, є тонким балансом між надмірністю і недостатністю.

Мобільність крана на колісному шасі, є якість приваблива, але в більшості випадків надмірна для власне портового крана. У той же час широко поширені портові крани на рейковому ході мають недостатню мобільність.

Аналіз експлуатаційних портових умов показує, що близькою до оптимальної можна назвати мобільність, що забезпечує можливість кранів оперативно переміщатися у межах операційної території порту не тільки вздовж окремого вантажного фронту, а й між різними вантажними фронтами (причальним, залізничним, автомобільним) та складськими робочими зонами.

Згідно з останніми тенденціями розвитку кранобудування, саме цим шляхом йде більшість виробників портових кранів.

5. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРТАЛЬНОГО ПОВНООБЕРТОВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО СПЕЦІАЛЬНОГО КРАНА

Вантажопідіймальність:

- у грейферному режимі (включаючи вагу грейфера) - 16 т;
- у гаковому режимі на вильоті 10...45 м - 30 т;
- у гаковому режимі на вильоті 10...32 м - 40 т;
- у магнітному режимі на вильоті 10...45 м - 25 т;
- у магнітному режимі на вильоті 10...32 м - 32 т;

Швидкості:

- підйому на гаку в.п. до 32 т - 1 ... 50 м/хв;
- підйому на гаку в.п. до 40 т - 1 ... 32 м/хв;
- підйому на гаку в.п. до 20 т - 1 ... 63 м/хв;
- підйому на гаку або з грейфером в.п. 0 ... 16 т - 1 ... 63 м/хв;
- підйому на магніті в.п. до 25 т - 1 ... 50 м/хв;
- підйому на магніті в.п. до 32 т - 1 ... 32 м/хв;
- замикання грейфера - 2 ... 90 м/хв;
- повороту - 0,1 ... 1,6 м/хв;
- зміни вильоту - 1 ... 63 м/хв;
- пересування крана - 1 ... 20 м/хв;

Сейсмостійкість – 8 балів по ГОСТ.

Режим роботи:

- механізму підйому і замикання грейфера - М7;
- механізму підйому в гаковому режимі - М6;
- механізму підйому в магнітному режимі - М7;
- механізму повороту - М6;
- механізму зміни вильоту - М6;
- механізму пересування крана - М5.

Максимальний хід крана від колонки живлення - 50 м.

Тип підкранової рейки – Р65 ГОСТ 7174

Максимальний тиск колеса на підкранову рейку - 270 кН

Орієнтовна маса крана з противагами - 400 т

6. УРІВНОВАЖУВАННЯ ВЛАСНОЇ ВАГИ УКОСИН

Урівноважування укосин відбувається за допомогою рухомої противаги, що розташовується на хитному важелі – коромислі, зв'язаному зі стрілою за допомогою тяги.

Розмір і положення противаги повинні бути обрані так, щоб вага стрілового пристрою у всіх положеннях можливо повніше урівноважувалась противагою. При цьому для зміни вильоту необхідно мінімум роботи.

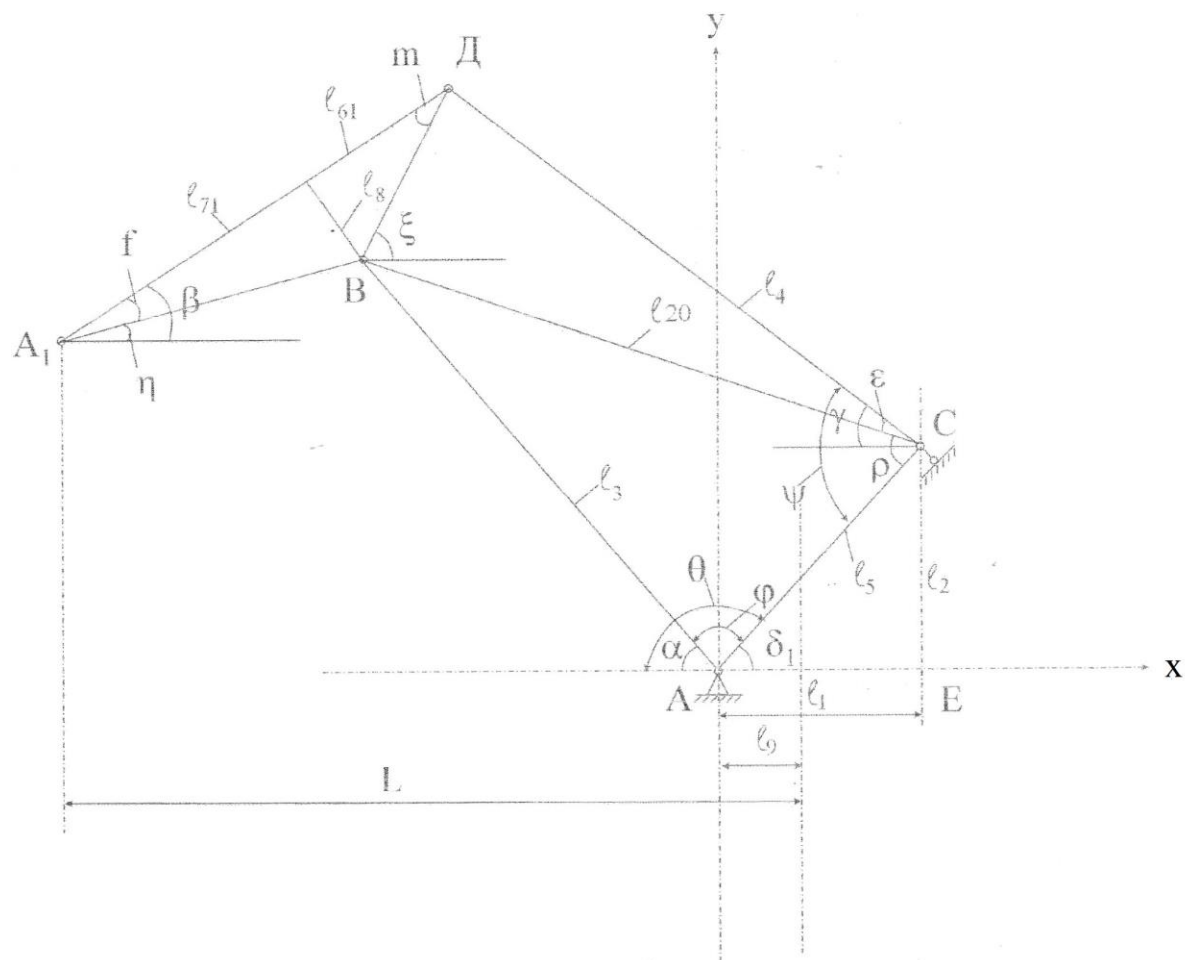


Рисунок 6.1 – Геометрія стрілової системи

Розглянемо прямокутний трикутник ACE:

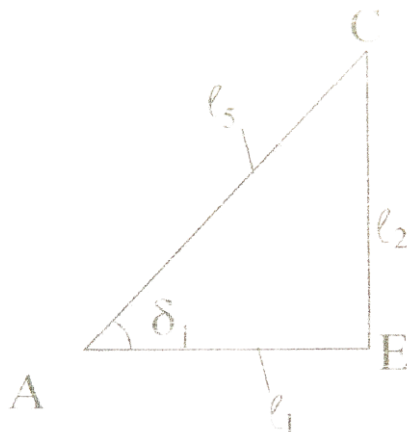


Рисунок 6.2 – Прямокутний трикутник ACE

Відомо. Що $AC = l_5$, $CE = l_2$, $AE = l_1$. CE відноситься до AC , як $\text{tg}(\delta)$, звідси $\delta = \arctg \frac{l_2}{l_1}$.

Знаючи кут δ і кут α , знайдемо кут ϕ :

$$\varphi = \pi - \alpha - \delta \quad (6.1)$$

Розглянемо трикутник ABC:

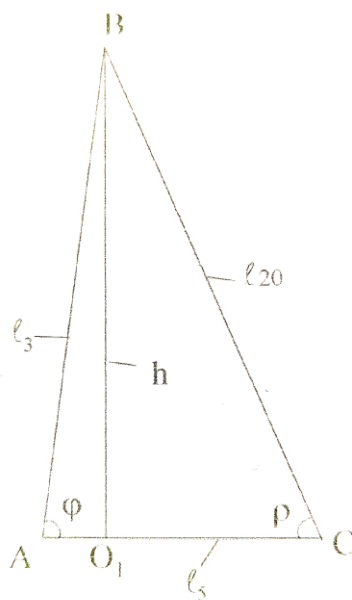


Рисунок 6.3 – Трикутник ABC

Відомо, що $AB = l_3$, $AC = l_5$, кут $BAC = \phi$. Позначимо BC як l_{20} . По теоремі косинусів знайдемо l_{20} .

$$l_{20} = \sqrt{l_3^2 + l_5^2 - 2 \cdot l_3 \cdot l_5 \cdot \cos \phi} \quad (6.2)$$

Опустимо перпендикуляр із вершини B на сторону AC і позначимо його як h .

$$\begin{cases} O_1B^2 = AB^2 - AO_1^2, \\ O_1B^2 = BC^2 - O_1C^2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} h^2 = l_3^2 - (l_5 - O_1C)^2, \\ h^2 = l_{20}^2 - O_1C^2 \end{cases};$$

$$l_3^2 - l_5^2 + 2 \cdot l_5 \cdot O_1C - O_1C^2 = l_{20}^2 - O_1C^2,$$

звідси

$$O_1C = \frac{l_{20}^2 - l_3^2 + l_5^2}{l_5};$$

$$\cos(\rho) = \frac{O_1C}{BC} = \frac{l_{20}^2 - l_3^2 + l_5^2}{2 \cdot l_5 \cdot l_{20}};$$

$$\rho = \arccos \frac{l_{20}^2 - l_3^2 + l_5^2}{2 \cdot l_5 \cdot l_{20}}. \quad (6.5)$$

Розглянемо прямокутний трикутник ВДС:

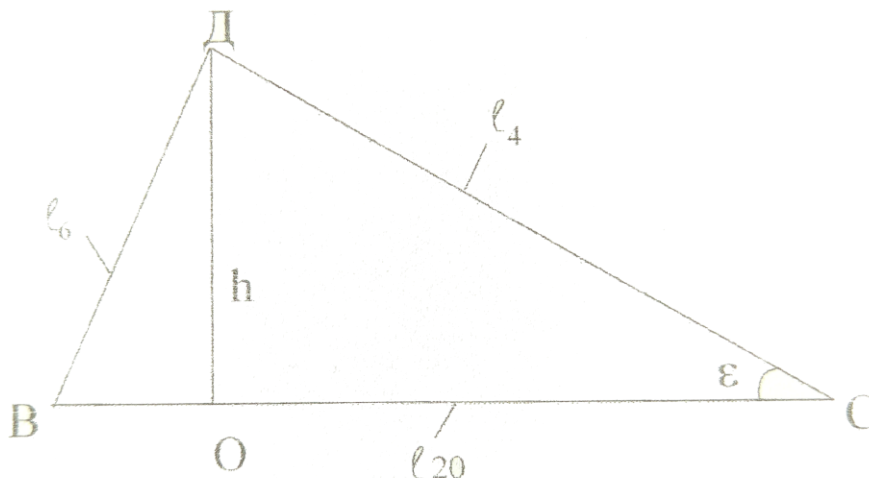


Рисунок 6.4 – Трикутник ВДС

Відомо, що $ВД = l_6$, $ДС = l_4$, $ВС = l_{20}$, кут $ДСВ = \varepsilon$.

Опустимо перпендикуляр із вершини Д на сторону ВС і позначимо його як h . Знайдемо кут ε .

$$\begin{cases} OD^2 = DC^2 - OC^2; \\ OD^2 = BD^2 - BO^2; \end{cases}$$

$$\begin{cases} h^2 = l_4^2 - OC^2 \\ h^2 = l_6^2 - (l_{20} - OC)^2; \end{cases}$$

$$l_4^2 - OC^2 = l_{20}^2 - l_{20}^2 + 2 \cdot l_{20} \cdot OC - OC^2;$$

звідси

$$OC = \frac{l_{20}^2 - l_6^2 + l_4^2}{2 \cdot l_{20}};$$

$$\cos(\varepsilon) = \frac{OC}{DC} = \frac{l_{20}^2 + l_4^2 - l_6^2}{2 \cdot l_4 \cdot l_{20}};$$

$$\varepsilon = \arccos \frac{l_{20}^2 + l_4^2 - l_6^2}{2 \cdot l_4 \cdot l_{20}} \quad (6.4)$$

З чотирьохланковика АВСД знайдемо кут ψ .

$$\psi = \rho + \varepsilon;$$

$$\psi = \arccos \frac{l_{20}^2 + l_5^2 - l_3^2}{2 \cdot l_5 \cdot l_{20}} + \arccos \frac{l_{20}^2 + l_4^2 - l_6^2}{2 \cdot l_4 \cdot l_{20}}. \quad (6.5)$$

Підставляючи у формули 6.5 і 6.1 l_{20} , знайдемо значення кутів ψ і ϕ .

Складемо систему рівнянь для знаходження вильоту:

$$\begin{cases} L = l_9 + l_3 \cdot \cos(\alpha) + l_7 \cdot \cos(\eta) \\ L = l_4 \cdot \cos(\gamma) + l_6 \cdot \cos(\xi) + l_7 \cdot \cos(\eta) - l_1 + l_9 \end{cases}$$

Кут $\gamma = \psi - \delta$. З системи рівнянь знайдемо кут ξ .

$$\xi = \arccos \frac{l_3 \cdot \cos(\alpha) - l_4 \cdot \cos(\gamma) + l_1}{l_6}. \quad (6.6)$$

Розглянемо трикутник $A_1ВД$ (рис. 6.1), знайдемо сторони l_6 і l_7 , а також кути f і m .

З прямокутного трикутника $A_1ВО$, по теоремі Піфагора знайдемо l_7 :

$$l_7 = \sqrt{l_8^2 + l_{71}^2}; \quad (6.7)$$

З прямокутного трикутника $ВОД$, по теоремі Піфагора знайдемо l_6 :

$$l_6 = \sqrt{l_8^2 + l_{61}^2}; \quad (6.8)$$

звідси знаходимо кути m і f

$$f = \arctg \frac{l_8}{l_{71}}; \quad (6.9)$$

$$m = \arctg \frac{l_8}{l_{61}}; \quad (6.10)$$

Знайдемо кут η і ξ .

$$\begin{cases} \eta = \beta - f, \\ \xi = \beta + m, \end{cases}$$

$$\begin{cases} \eta = \beta - \arctg \frac{l_8}{l_{71}}; \\ \xi = \beta + \arctg \frac{l_8}{l_{61}} \end{cases} \quad (6.11)$$

$$\xi = \eta + f + m;$$

$$\xi = \eta + \arctg \frac{l_8}{l_{71}} + \arctg \frac{l_8}{l_{61}}. \quad (6.12)$$

Знайдемо кут β через кут ξ

$$\beta = \xi - m;$$

$$\beta = \xi - \arctg \frac{l_8}{l_{61}}. \quad (6.13)$$

Підставимо ξ з (6.12) в (6.13)

$$\beta = \arccos \frac{l_3 \cdot \cos(\alpha) - l_4 \cdot \cos(\gamma) + l_1}{l_6} - \arctg \frac{l_8}{l_{61}}; \quad (6.14)$$

звідси знаходимо кут η

$$\eta = \beta - f$$

$$\eta = \arccos \frac{l_3 \cdot \cos(\alpha) - l_4 \cdot \cos(\gamma) + l_1}{l_6} - \arctg \frac{l_8}{l_{61}} - \arctg \frac{l_8}{l_{71}}. \quad (6.15)$$

Знайдемо кут θ , знаючи що кут $\varphi = \pi - \alpha - \arctg \frac{l_2}{l_1}$

$$\theta = \varphi + \alpha \quad (6.16)$$

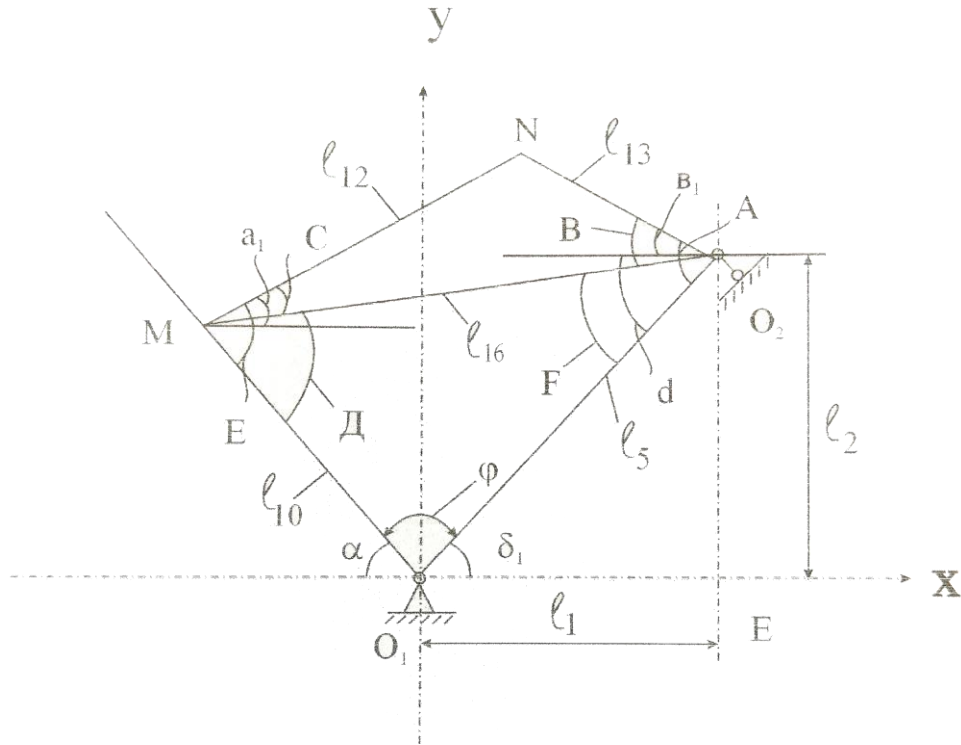
Виліт дорівнює:

$$L = l_9 + l_3 \cdot \cos(\alpha) + l_7 \cdot \cos(\eta). \quad (6.17)$$

Знайдемо висоту підйому вантажу

$$H = l_3 \cdot \sin(\alpha) - l_7 \cdot \sin(\eta). \quad (6.18)$$

Побудуємо окремо чотирьохланковик O_1MNO_2

Рисунок 6.5 – чотирьохланковик O_1MNO_2

Визначимо відрізок l_{16}

$$l_{16} = \sqrt{l_{10}^2 + l_5^2 - 2 \cdot l_{10} \cdot l_5 \cdot \cos(\varphi)}. \quad (6.19)$$

Знаходимо кут MO_2O_1 , який позначимо через кут F . Кут F визначаємо по теоремі косинусів

$$F = \arccos \frac{l_{16}^2 + l_5^2 - l_{10}^2}{2 \cdot l_{16} \cdot l_5}. \quad (6.20)$$

Визначаємо кут O_1MO_2 , який позначимо через кут D . Кут D визначаємо по теоремі косинусів

$$D = \arccos \frac{l_{16}^2 - l_5^2 + l_{10}^2}{2 \cdot l_{16} \cdot l_{10}}. \quad (6.21)$$

З трикутника MNO_2 знаходимо кут O_2MN , який позначимо через кут C і знаходимо по теоремі косинусів

$$C = \arccos \frac{l_{16}^2 - l_{13}^2 + l_{12}^2}{2 \cdot l_{16} \cdot l_{12}}. \quad (6.22)$$

З трикутника MNO_2 знаходимо кут NO_2M , який позначимо через кут B і знаходимо по теоремі косинусів

$$B = \arccos \frac{l_{16}^2 + l_{13}^2 + l_{12}^2}{2 \cdot l_{16} \cdot l_{13}}. \quad (6.23)$$

З чотирихланковика O_1MNO_2 знаходимо кут NMO_1 , який позначимо через E

$$E = C + D. \quad (6.24)$$

З чотирихланковика O_1MNO_2 знаходимо кут NO_2O_1 , який позначимо через A

$$A = F + B. \quad (6.25)$$

Визначимо кут між горизонталлю і відрізком MN , який позначимо через a_1

$$a_1 = E - \alpha. \quad (6.26)$$

Визначимо кут між горизонталлю і відрізком MN , який позначимо через B_1

$$B_1 = A - \delta. \quad (6.27)$$

Розглянемо трикутник NPO_2

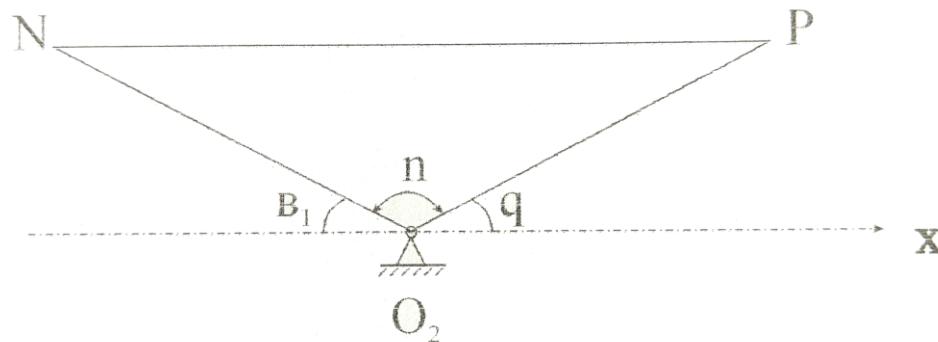


Рисунок 6.6 – Трикутник NPO_2

Визначимо кут між горизонталлю і відрізком PO_2 і позначимо його через q

$$q = \pi - b_1 - n. \quad (6.28)$$

Висновок

6.1. Визначення рівноважувального моменту стрілової системи.

Визначення геометричних параметрів хобота

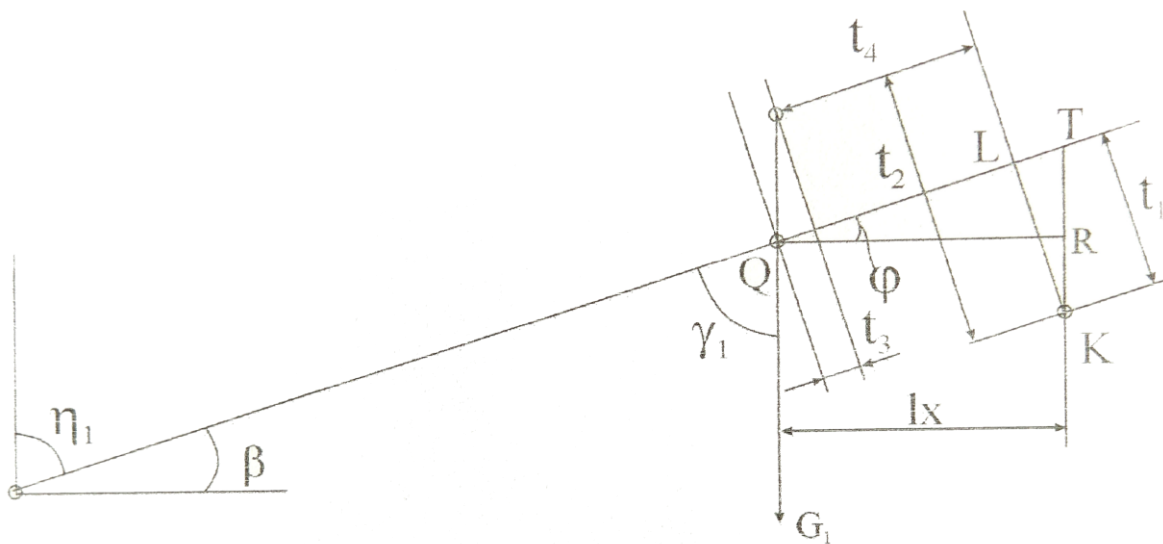


Рисунок 6.7 – Геометричні параметри хобота

Визначаємо кут η_1

$$\eta_1 = \frac{\pi}{2} - \beta . \quad (6.29)$$

Визначаємо відстань від центру ваги хобота до самого хобота

$$t_5 = t_2 - t_1 . \quad (6.30)$$

Знайдемо відстань t_3

$$t_3 = \frac{t_5}{\operatorname{tg}(\eta_1)} . \quad (6.31)$$

Визначимо кут γ_1

$$\gamma_1 = \eta_1 . \quad (6.32)$$

З трикутника LTK знаходимо сторону LT

$$LT = \frac{t_1}{\operatorname{tg}(\gamma_1)} . \quad (6.33)$$

З трикутника QRT знаходимо сторону QT

$$QT = t_3 + t_4 + LT . \quad (6.34)$$

З трикутника QRT знаходимо сторону QR

$$QR = lx = QT \cdot \cos(\varphi) ;$$

$$\varphi = \beta ;$$

$$lx = \frac{t_2 - t_1}{tg(\eta_1)} + t_4 + \frac{t_1}{tg(\eta_1)} \cdot \cos(\beta) . \quad (6.35)$$

Визначення зусилля у відтяжці

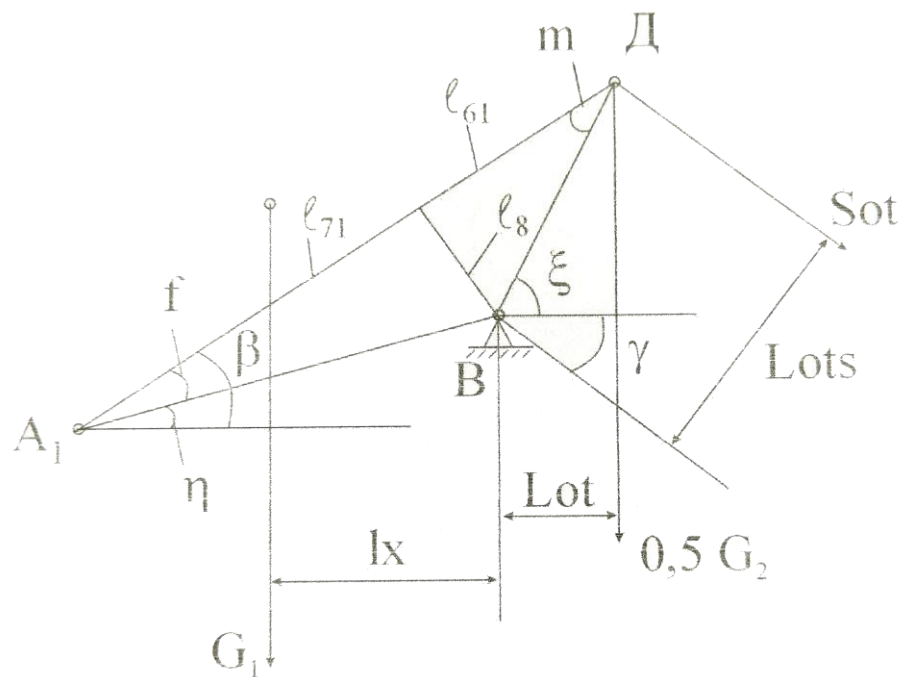


Рисунок 6.8 – Розрахункова схема для визначення зусилля у відтяжці

Складаємо рівняння моментів щодо точки В

$$\sum M_B = 0 ;$$

$$0,5 \cdot G_2 \cdot Lot + Sot \cdot Lots - G_1 \cdot lx = 0 .$$

Знаходимо плече Lot

По теоремі косинусів знаходимо Not

$$Not = \sqrt{(0,5 \cdot G_2)^2 + Sot^2 + 2 \cdot G_2 \cdot Sot \cdot \sin(\gamma)}. \quad (6.40)$$

По теоремі синусів визначаємо кут φ_1

$$\frac{\sin(\varphi_1)}{Sot} = \frac{\sin(90 + \gamma)}{Not}.$$

Використовуючи формулу приведення

$$\sin(90 + \gamma) = \cos(\gamma),$$

одержуємо

$$\varphi_1 = \arcsin \frac{Sot \cdot \cos(\gamma)}{Not}. \quad (6.41)$$

По теоремі косинусів знаходимо Nx

$$Nx = \sqrt{G_1^2 + Not^2 + 2 \cdot G_1 \cdot Not \cdot \cos(\varphi_1)}. \quad (6.42)$$

По теоремі синусів визначаємо кут φ_2

$$\frac{\sin(\varphi_2)}{Not} = \frac{\sin(180 - \varphi_1)}{Nx}.$$

Використовуючи формулу приведення

$$\sin(180 - \varphi_1) = \sin(\varphi_1),$$

одержуємо

$$\varphi_2 = \arcsin \frac{Not \cdot \sin(\varphi_1)}{Nx}. \quad (6.43)$$

Знаходимо плече BNx

$$BNx = l_3 \cdot \cos(\alpha + \varphi_2). \quad (6.44)$$

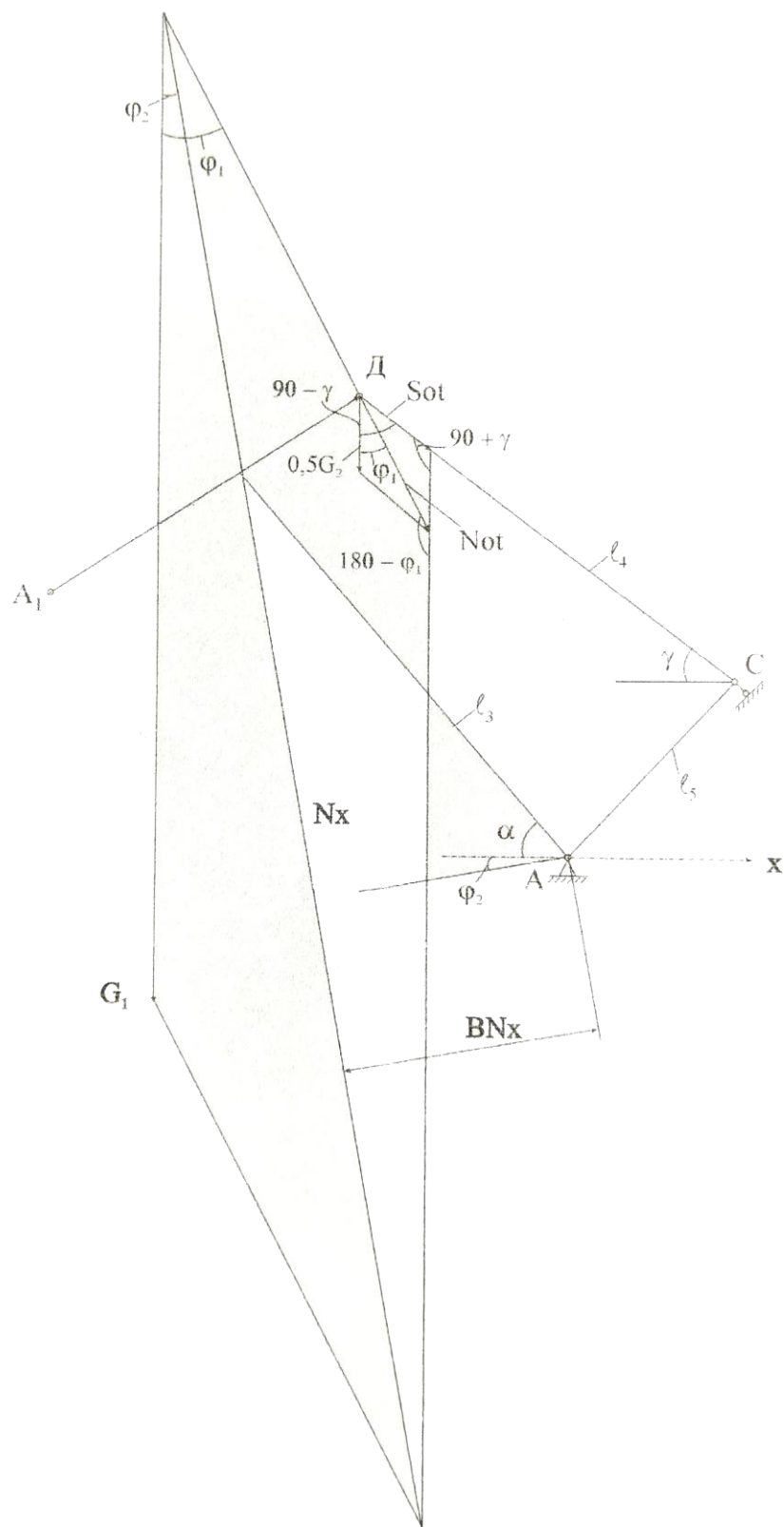


Рисунок 6.10 – Схема для визначення рівнодіючої всього хобота

Обчислення моменту щодо точки O_1 .

Визначення кута нахилу стріли

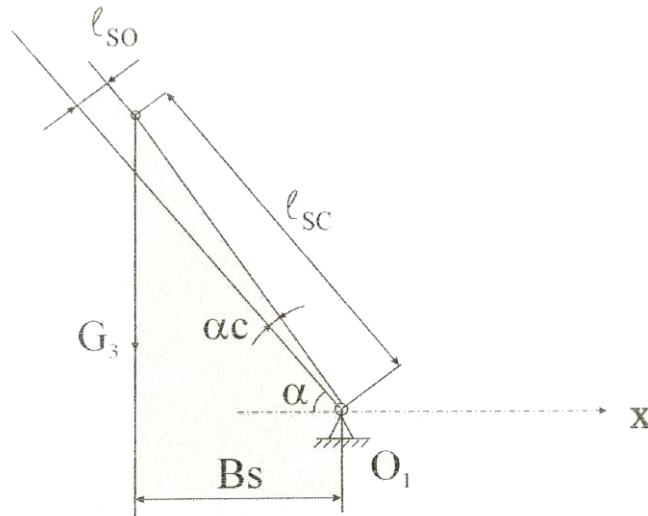


Рисунок 6.11 – Схема для визначення геометричних параметрів стріли

$$\alpha_c = \arctg \frac{l_{co}}{l_{sc}}. \quad (6.45)$$

Визначення плеча стріли

$$Bs = l_{sc} \cdot \cos(\alpha + \alpha_c). \quad (6.46)$$

Знайдемо плече тяги Bt

З трикутника O_1FH (рис. 6.12) визначимо кут αt

$$\alpha t = \arctg \frac{l_{co}}{l_{sc}}, \quad (6.47)$$

звідси плече Bt

$$Bt = l_{10} \cdot \cos(\alpha + \alpha t). \quad (4.48)$$

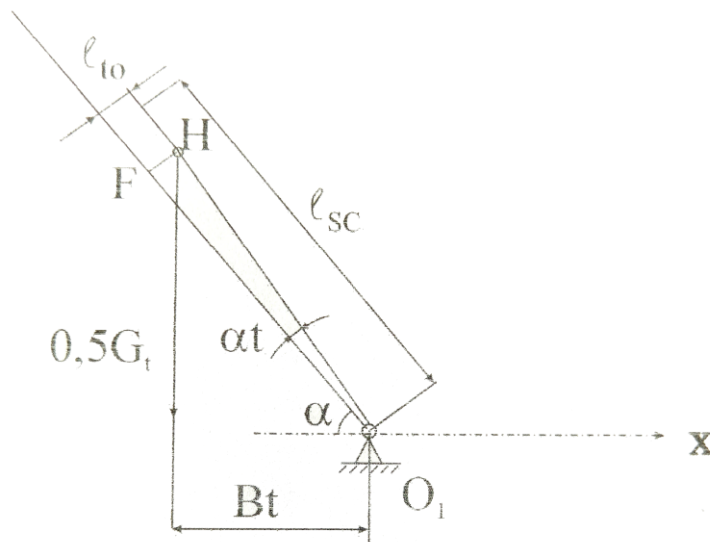


Рисунок 6.12 – Схема для визначення геометричних параметрів тяги

Складемо рівняння моменту щодо точки O_1

$$MsO_1 = Nx \cdot BNx + G_3 \cdot Bs + 0,5 \cdot G_4 \cdot Bt. \quad (6.49)$$

Визначення рівнодіючої RtO_1 стрілової системи щодо точки O_1 .

Розглянемо прямокутний трикутник O_1MS .

У трикутника кут MSO_1 (рис. 6.13) прямий. Знайдемо кут λ

$$\lambda = \frac{\pi}{2} - E; \quad (6.50)$$

звідси плече BtO_1 дорівнює:

$$BtO_1 = l_{10} \cdot \cos(\lambda). \quad (6.51)$$

Визначимо рівнодіючу RtO_1

$$RtO_1 = \frac{MsO_1}{BtO_1}. \quad (6.52)$$

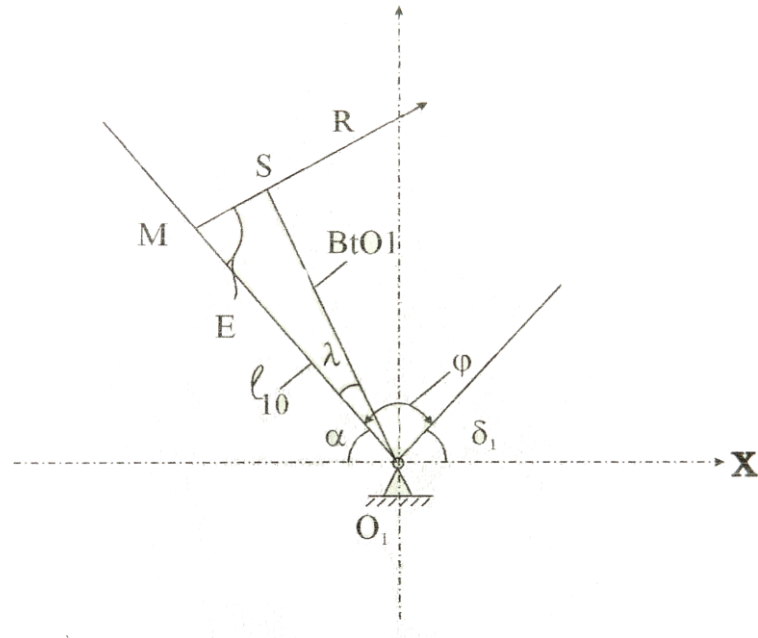


Рисунок 6.13 – Схема для визначення плеча BtO_1 тяги

Визначення рівнодіючої RtO_2 стрілової системи відносно точки O_1

Розглянемо трикутник MNO_2

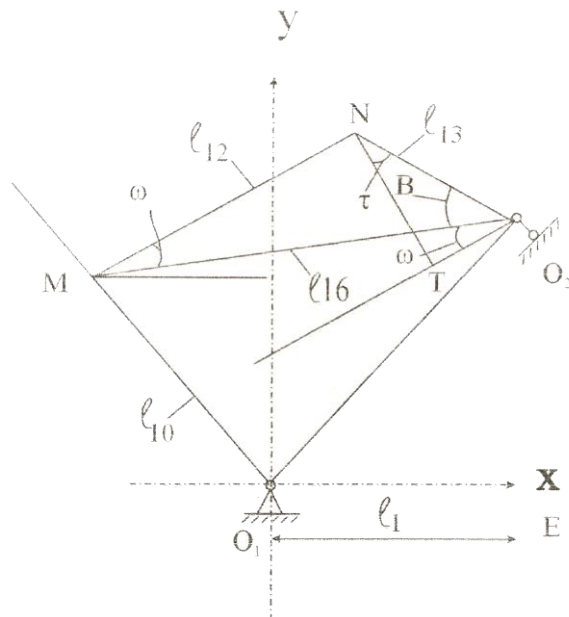


Рисунок 6.14 – Схема для визначення плеча BtO_2 тяги

По теоремі косинусів знайдемо кут ω

$$\omega = \arccos \frac{l_{12}^2 - l_{13}^2 + l_{16}^2}{2 \cdot l_{16} \cdot l_{12}}. \quad (6.53)$$

Розглянемо трикутник NO_2T .

У трикутнику NO_2T кут TNO_2 прямий, звідси знайдемо кут τ

$$\tau = \frac{\pi}{2} - \beta - \omega. \quad (6.54)$$

Визначимо рівнодіючу RtO_2

$$RtO_2 = RtO_1.$$

Обчислення моменту відносно точки O_2 (див. рис. 6.15)

$$MsO_2 = RtO_2 \cdot BtO_2 + 0,5 \cdot G_4 \cdot BtO_2; \quad (6.55)$$

де

$$BtO_2 = l_{13} \cdot \cos(B_1).$$

Визначимо момент від рухомої протизаги

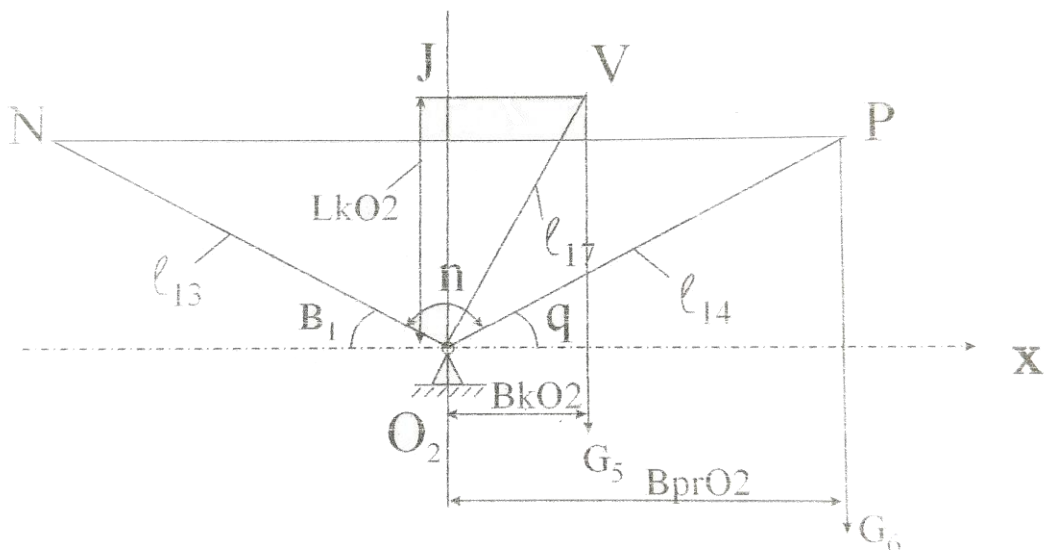


Рисунок 6.15 – Схема для визначення моменту від рухомої протизаги

Розглянемо трикутник O_2JV , у цьому трикутнику кут O_2JV – прямий. По теоремі Піфагора знайдемо сторону O_2V , яку позначимо через l_{17} :

$$l_2 = \sqrt{LkO_2^2 + LkcO_2^2}.$$

Знайдемо плече BkO_2 :

$$BkO_2 = l_{17} \cdot \cos(q). \quad (6.56)$$

Плече $BprO_2$:

$$BprO_2 = l_{14} \cdot \cos(q). \quad (6.57)$$

Визначимо момент від рухомої противаги

$$MpO_2 = G_5 \cdot BkO_2 + G_6 \cdot BprO_2. \quad (6.58)$$

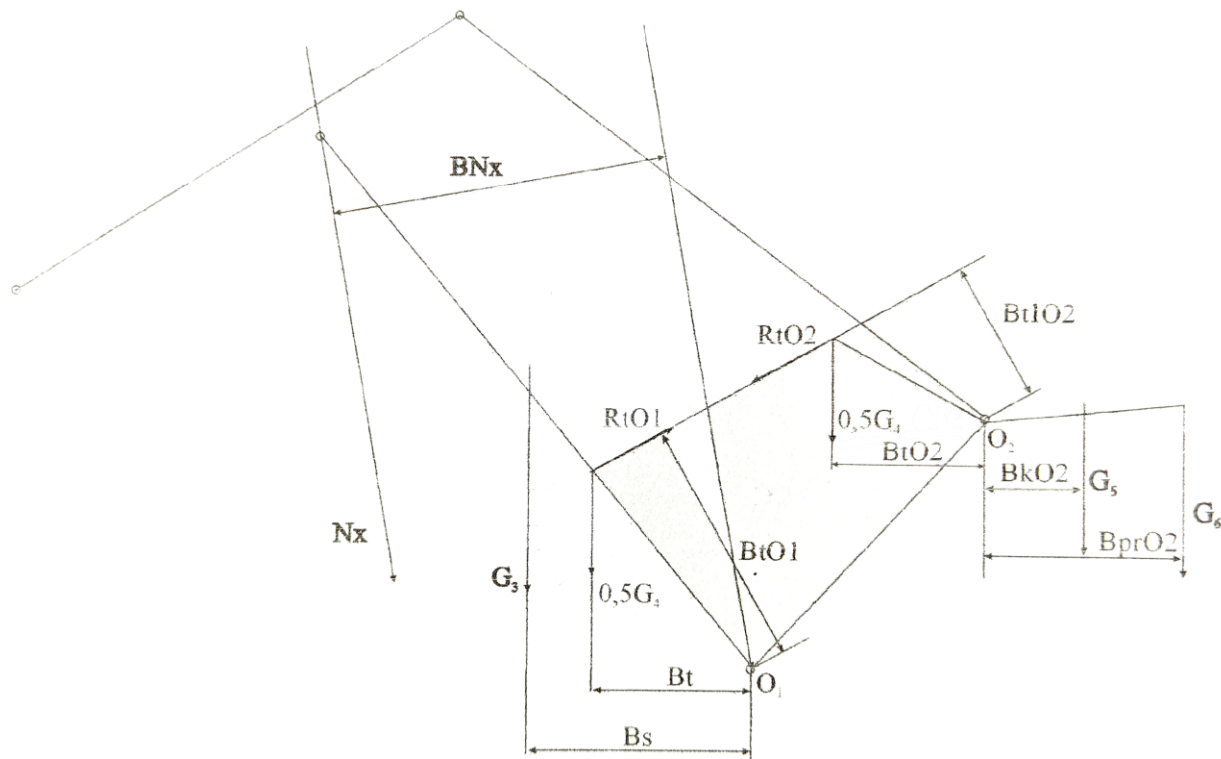


Рисунок 6.16 – Схема для визначення моменту, що урівноважує

Неурівноважений момент розраховується за формулою:

$$MO = MpO_2 - MsO_2 . \quad (6.59)$$

Максимальне значення неурівноваженого моменту повинно бути найменшим і при гарному урівноважуванні не повинно перевищувати $0,1M_{\text{стак}}$.

При максимальному вильоті, щоб не було перекидання в напрямку вантажу, неурівноважений момент повинний бути більше 0, тобто момент противаги більше моменту стріли.

При мінімальному вильоті, щоб не було перекидання в напрямку рухливої противаги, неурівноважений момент повинний бути менше 0, тобто момент противаги менше моменту стріли.

7. МОБІЛЬНІ ПНЕВМОКОЛІСНІ ПОРТОВІ КРАНИ З ПРЯМОЮ СТРІЛОЮ

Крани цього типу відповідають жорстким конкурентним вимогам у широкому секторі ринку портових перевантажувальних операцій, що пояснює їхнє поширення по всьому світу (рис. 7.1).

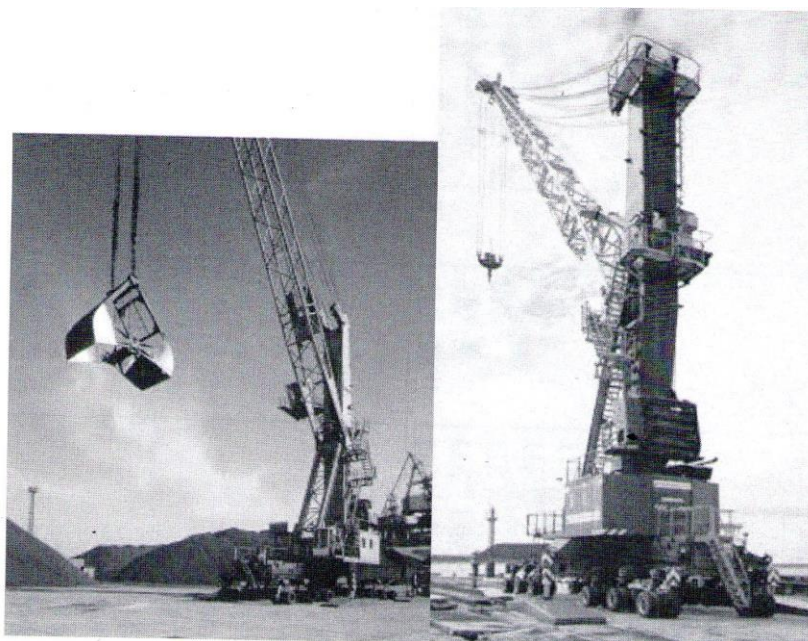


Рисунок 7.1 - Мобільні портові крани з прямою стрілою

Ці крани мають високу технологічну функціональність, яка досягається великими вильотом стріли, вантажопідйомністю, глибиною опускання та висотою підйому вантажу, швидкостями для ефективної обробки практично будь-яких трюмів суховантажних суден на портових терміналах. При цьому вони мають і певні недоліки:

- високі навантаження на причальні споруди та портові покриття, які часто перевищують нормативні значення для існуючих причалів вітчизняних портів;
- надмірна технологічність (тобто зайва максимальна амплітуда робочих рухів ВЗП з номінальним вантажем) під час роботи на тилкових вантажних фронтах обслуговування автотранспорту, залізничних вагонів;
- складність обслуговування та зростання вартості експлуатації у порівнянні з традиційними порталними кранами.

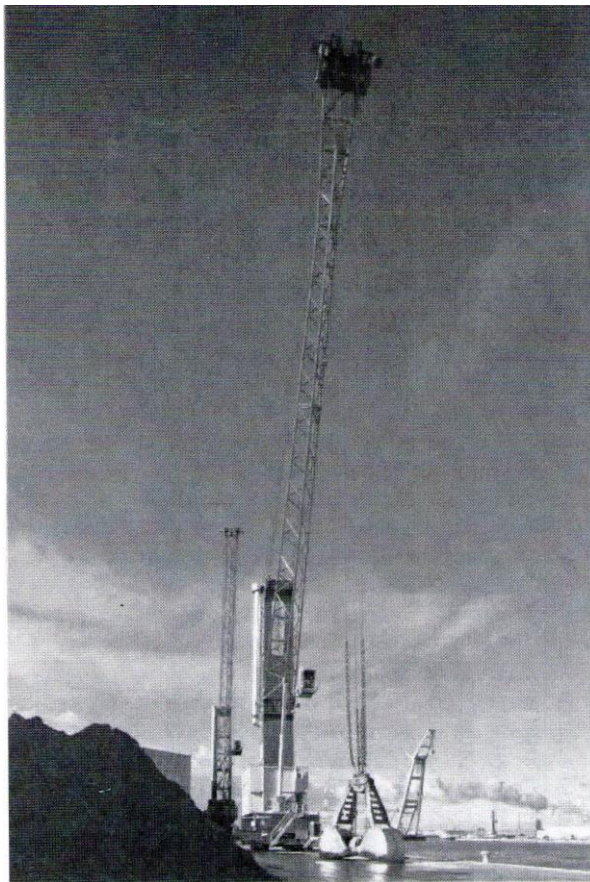


Рисунок 7.2 - Мобільний портовий кран Terex Gottwald Модель 6

Перший кран Terex Gottwald Модель 6, оснащений пристроєм зважування, введений в комерційну експлуатацію (рис. 7.2)

Фірма Terex Port Solutions нещодавно поставила свій 1500-й Terex Gottwald мобільний портовий кран G НМК 6407 В, Модель 6 3 чотириканатним грейфером своєму давньому клієнту SEA-invest, у якого до цього замовлення вже були 30 кранів із заводу в Дюссельдорфі.

Поряд з численними функціями, призначеними для надання допомоги в роботі з вантажами, це також перший мобільний портовий кран, оснащений прямо на заводі абсолютно новою, перевіреною зважуючою системою - ще одна демонстрація того, що основний фокус Terex Port Solutions робить на інноваціях. Ця система дозволяє оператору крана реєструвати обсяги цінних сипких матеріалів та виписувати накладну відповідно до гарної комерційної практики.

Мобільні портові крани є найважливішим компонентом у глобальному ланцюзі поставок між виробником та кінцевим споживачем і, водночас, наріжним каменем у місцевій вантажній логістиці, яка, крім крана, включає бункери, конвеєрне обладнання та машини з укладання контейнерів.

Вони часто стають кращим вибором завдяки коротким термінам постачання та низьким питомим інвестиційним витратам, що робить їх економічною альтернативою спеціальним вантажопідйомним машинам і, як наслідок, предметом великого попиту майже всіх провідних операторів вантажних терміналів у всьому світі.

Кран – Модель 6 перетворився на флагман і бестселер для 5-го покоління кранів – варіант з чотириканатним 40-тонним грейфером класифікації A8, які є одними з найпопулярніших.

Новий зважуючий пристрій - чудова альтернатива існуючим системам, тому що він інтегрований в кран, скасовуючи необхідність у допоміжному ваговимірному обладнанні.

Це дуже важлива перевага при перевалюванні вантажів, особливо при використанні плавкранів. Новаторський розумний кран так само, як зважуючий пристрій вже давно були потребою ринку.

Terex Port Solutions - це частина Terex business segment Material Handling & Port Solutions, який забезпечує замовників у портах унікальним поєднанням машин, програмного забезпечення та сервісом під брендами Terex і Terex Gottwald обробки контейнерів та навалочних вантажів. Terex Port Solutions забезпечує надійні рішення для швидкого, безпечного, ефективного навантаження всіх видів вантажів з невеликою кількістю простоїв та швидким поверненням інвестицій.

Terex Corporation - це диверсифікований світовий виробник широкого спектру обладнання, який фокусується на постачанні надійних, клієнтоорієнтованих рішень для багатьох сфер застосування, включаючи будівництво, інфраструктуру, кар'єрні роботи, видобуток корисних копалин. транспортування, судноплавство, енергетику, комунальне господарство та переробну промисловість.

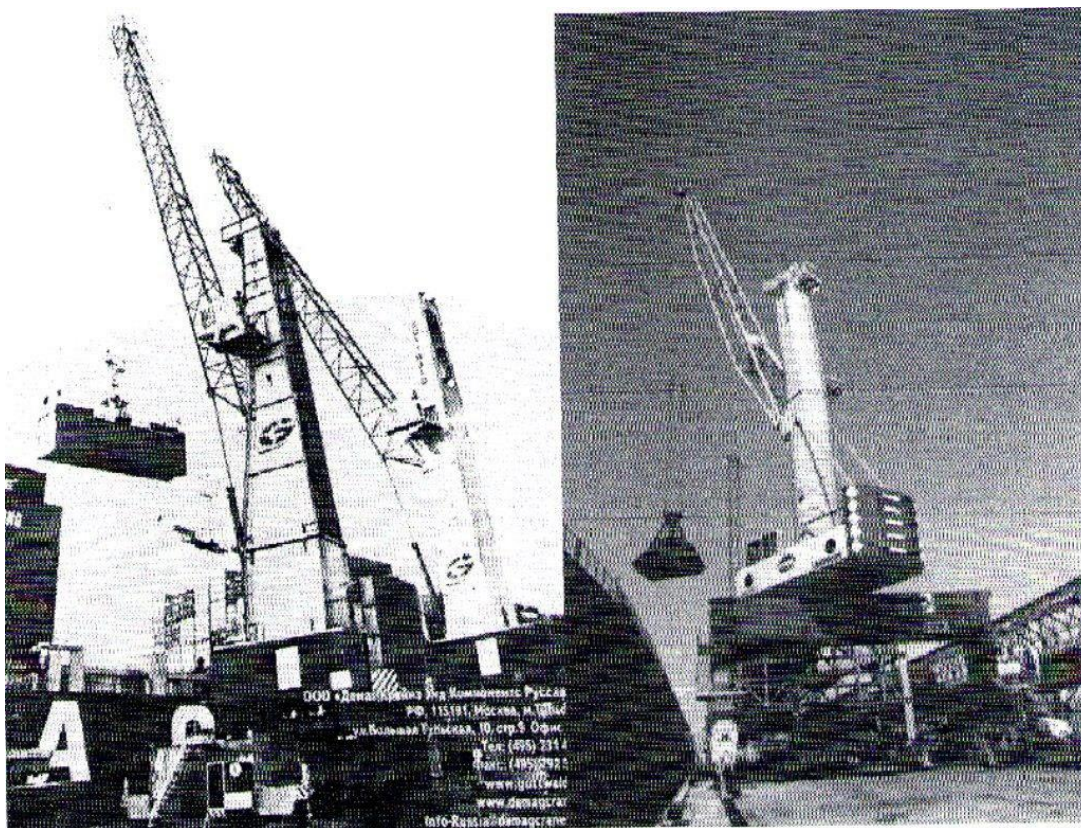


Рисунок 7.3 – Портальні крани з прямою підйомною стрілою

8. ПОРТАЛЬНІ КРАНИ З ЖОРСТКИМ ПІДВІСОМ ВАНТАЖУ. СУЧАСНА ТЕНДЕНЦІЯ

Кран «КМБ є краном балансового типу, тобто з керованою противагою стрілової системи, що забезпечує економію електроенергії в процесі його роботи, оскільки в кранах-маніпуляторах екскаваторного типу при великих вильотах (>20 м) більше половини споживаної енергії витрачається на підйом стрілової системи (рис 8.1)

В порівнянні із звичайними портальними кранами продуктивність кранів з жорсткою підвіскою вантажозахватного органу при обробці навалочних вантажів на 20-30% вище. Крім того, крани можуть використовуватися для ущільнення вантажу, зокрема, металобрухту. Сила, з якою стрілове обладнання може придавити вантаж, досягає половини вантажопідйомності.

Протягом останніх років серед відомих зарубіжних виробників портового перевантажувального устаткування встановилась тенденція створення вантажопідйомних машин з жорстким підвісом вантажу. Провідну позицію в цьому секторі кранобудування займає компанія KE Kranbau Eberswald. Це баланс-крани, так само їх називають крани-маніпулятори.

Шарнірно-зчленоване стрілове устаткування кранів серії ВК складається зі стріли, відтяжки і хобота. Така схема є найбільш раціональною в плані сприйняття робочих навантажень стріловим устаткуванням. Має високу жорсткість у вертикальній і горизонтальній площині і порівняно невеликий хід гідроциліндрів.

Стріла з відтяжкою утворюють довгі сторони паралелограма. Короткі сторони паралелограма утворені задньою частиною хобота і масивною противагою. Зміна нахилу стріли здійснюється гідроциліндром. Хобот повертається відносно шарніра на голівці стріли гідроциліндром, шток якого закріплений на балці противаги, а провушини корпусу циліндра з'єднані із стрілою.

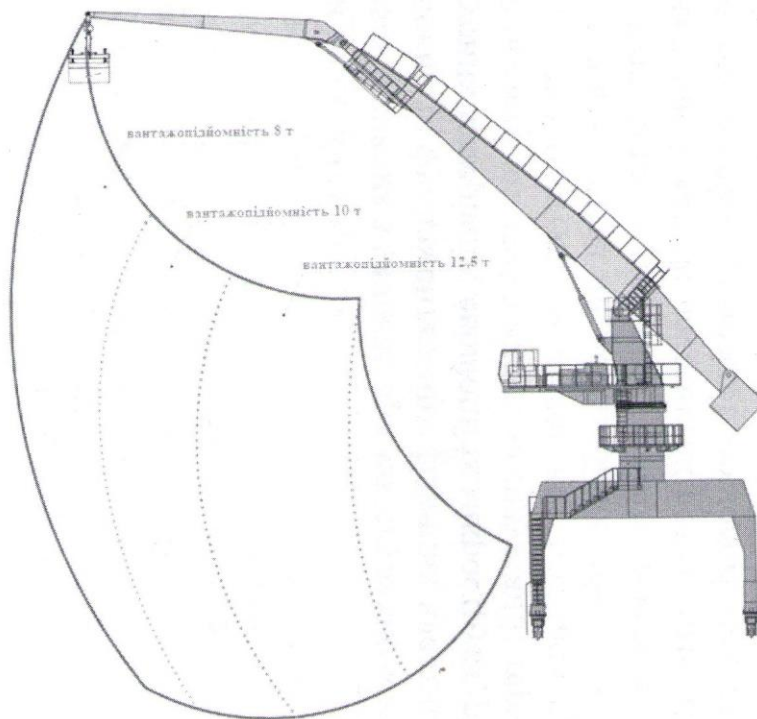


Рисунок 8.1 – Кран-маніпулятор балансовий гідравлічний КМБ-240

Вантажозахватні органи закріплюються безпосередньо на голівці хобота. Обертаються крани серії ВК за допомогою двох механізмів повороту, що забезпечує плавність обертання, зменшує динамічні навантаження і збільшує надійність крану в цілому.

Крани можуть бути виготовлені з високими і низькими порталами, в стаціонарному виконанні, з механізмом пересування по рейках, з гусеничним або пневмоколісним ходом.

Відсутність канатного підвісу вантажу виключила вигин хобота і кручення стріли в наслідок бічного відхилення вантажу при обертанні крану. збільшило точність позиціонування дозволило обертатися з частотою до 2 об/хв.

Висока продуктивність була досягнута неабиякою мірою завдяки вдосконаленій, висунутій на консолі вперед кабіні, що забезпечило прекрасний огляд як вантажу, так і всієї ділянки роботи. Комфортні умови роботи машиністові створюють кондиціонер і, звичайно, зручний пульт керування з джойстиками електропропорційного керування механізмами.

Збільшення продуктивності кранів серії ВК досягнуте завдяки швидкості підйому вантажу - 100 м/хв, підвищеній точності позиціонування внаслідок виключення розгойдування вантажу, використання пристроїв розвороту вантажозахватного органу.

Економна витрата енергії, плавна і продуктивна робота досягнуті за рахунок електро пропорційного керування і бортового комп'ютера.

Бортовий комп'ютер дозволяє оптимізувати траєкторію переміщення вантажопідйомного органу і можливість автоматизації всього робочого циклу.

Простота технічного обслуговування, централізоване мастило, відсутність канатів, набагато менше запилення під час обробки насипних вантажів, чим при роботі класичних портальних кранів з грейфером, вже зробили цього типа машини звичайними в портах Європи.

Слід ще раз підкреслити переваги кранів-маніпуляторів Kranbau Eberswalde перед дуже хорошими аналогічними машинами фірм Fuchs і Sennebogen. Це, перш за все, шарнірно-зчленована, урівноважена противагою стрілова система – в протилежність екскаваторній схемі стрілового устаткування вказаних фірм. І, звичайно, сама ідеологія створення машин. призначених замінити класичні портальні крани органічно вписатися в існуючу багато років, технологію обробки вантажів в портах.

Можна чекати, що на ринку портових баланс-кранів (маніпуляторів) станеться поступове витіснення ними портових портальних кранів. Не виключена поява кранів-маніпуляторів з триланковою шарнірно-зчленованою стрілою. Із збільшеною до 10-15 м глибиною опускання вантажозахоплюючого органу нижче за рівень причалу, установкою вантажної лебідки як змінного вантажозахоплюючого органу або іншими конструктивними рішеннями. Вони можуть ще більше потіснити на ринку класичні портальні крани.

8.1 Крани-маніпулятори з дволанковою (екскаваторною) стрілою

Крани-маніпулятори конструктивно складаються з поворотної частини з дволанковою (екскаваторною) стрілою, встановленою на шасі, виконаного у

вигляді платформи або порталу різної висоти та забезпечені пневмоколісним або гусеничним механізмом пересування (рис. 8.2).

Зі зростанням науково-технічного прогресу у світовому машинобудуванні, зокрема в галузі гідроприводу, ці крани останні два десятиліття пройшли еволюцію від екскаватора до крану-маніпулятора з точними рухами вантажозахоплюючого органу різного призначення.

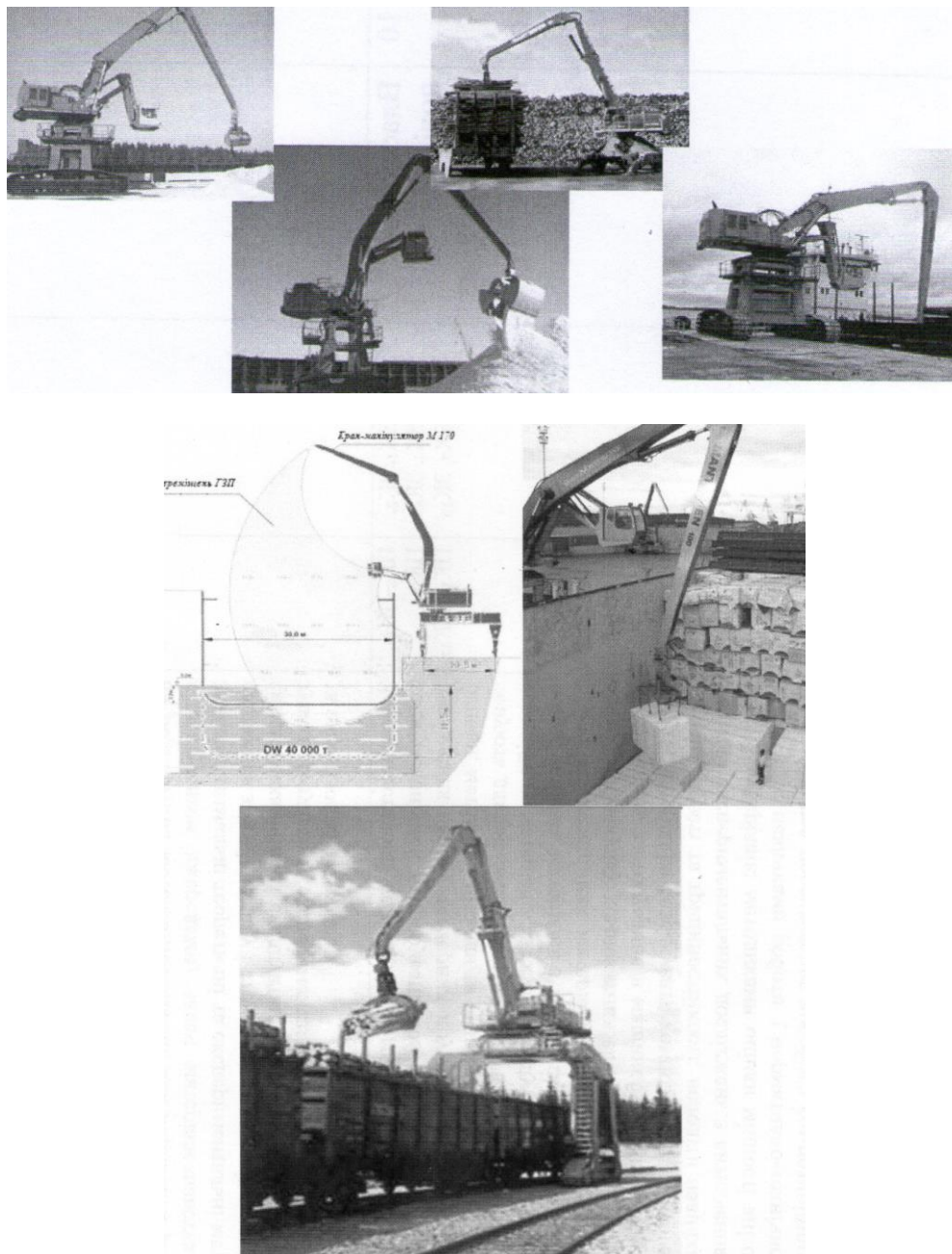


Рисунок 8.2 – Дволанкові портальні крани-маніпулятори

Ці якості надзвичайно корисні для продуктивного, але бережного грейферного вивантаження вагонів (порівняно з канатним підвісом грейфера).

Для розвантаження великотоннажних суден ці крани малоприматні.

8.2 Крани-маніпулятори балансири

Баланс-крани з'явилися в результаті розвитку кранів маніпуляторів із дволанковою стрілою і так само являють собою новий тип обладнання. Вони мають майже всі переваги класичних маніпуляторів, але завдяки більш врівноваженій шарнірно-зчленованій стрілі з рухомою противагою виграють у вільоті стріли та економічності.

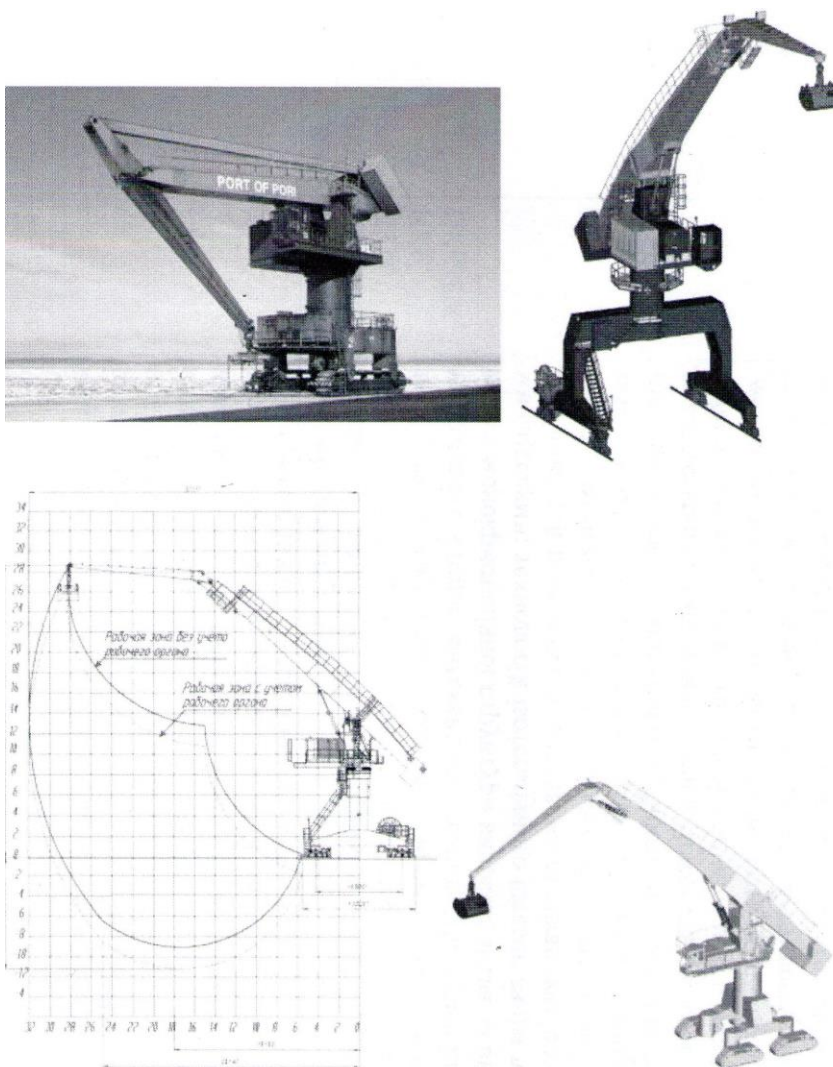


Рисунок 8.3 – Баланс-маніпулятори

При роботі з грейфером такі крани можуть бути продуктивнішими, ніж традиційні порталні крани на рейковому ході з гнучким підвісом вантажу.

Крани можна порівняти з традиційними порталними за вартістю, довговічністю та надійністю. Але мають обмеження щодо технологічної функціональності на суднових операціях при обробці глибоких трюмів великотонажного флоту.

У портах колишнього СРСР XX століття пройшло під знаком домінування універсальних електричних повноповоротних порталних кранів на рейковому ході. Крани мають високу універсальність і технологічність, але мають обмежену мобільність через рейковий хід.

Проаналізувавши досвід експлуатації мобільних кранів у російських портах, німецька фірма ARDELT запропонувала нову розробку - порталний мобільний кран «Адлер» із шарнірно-зчленованою укосиною та жорсткою відтяжкою. Замість рейкового ходу кран пересувається на пневмоколісних поворотних візках, а в робочому стані в схему опирання включаються опори на гідроциліндрах.

Кран вдало поєднує універсальність та технологічність традиційних порталних кранів, при цьому забезпечує прийнятну оперативність переміщення крана на іншу колію. Кабельне електроживлення дещо знижує його автономність, але загалом мобільність можна назвати оптимальною для портових умов.

Мобільний кран «Адлер» має значні переваги порівняно з мобільними портовими кранами, які використовуються сьогодні, так як конструкція порталу не містить аутригерів, що виставляються за габарит порталу.

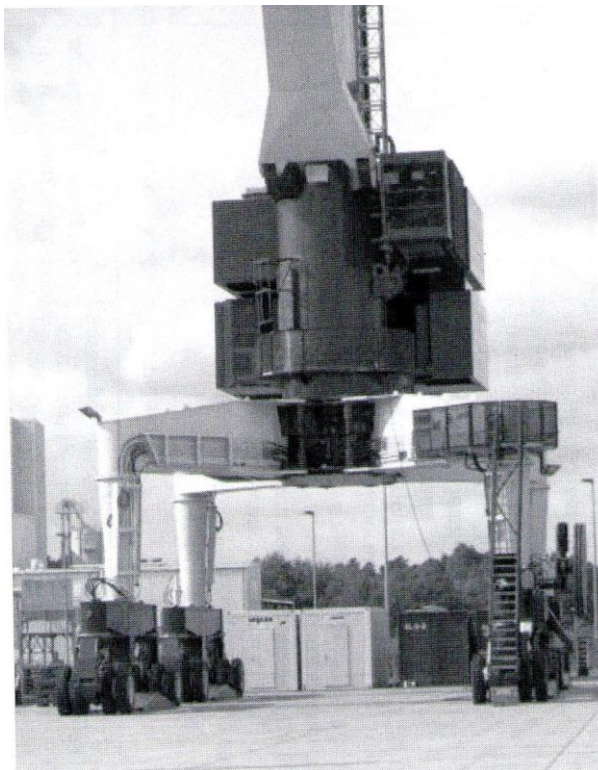


Рисунок 8.4 - Портальний мобільний кран «Адлер»

Під краном «Адлер», як і під традиційним портальним рейковим краном, можуть проїжджати наземні транспортні засоби, у тому числі й вагони.

Робоча колія нового мобільного крана - 10,5 метрів, що дозволяє задіяти кран у зоні прокладених на причалі рейок без зміни причальних споруд.

8.3 Нова концепція керування мобільністю за рахунок блочно-модульної конструкції крана

Досягнення оптимального балансу між характеристиками та вартістю дорогого устаткування передбачає високий рівень його використання, оскільки вкладені у його створення кошти мають окупатися якнайшвидше.

Підхід, пов'язаний із побудовою блочно-модульних технічних систем, є одним із шляхів пошуку цієї рівноваги.

Кранова установка, технічні характеристики якої (вантажопідйомність, виліт, швидкості робочих рухів тощо) визначають технологічні можливості

всього крана, є універсальним модулем для формування кранів різного виду та призначення:

- А. кранова установка + пневмоколісне шасі = мобільний кран;
- В кранова установка + портал = кран на порталі на рейках;
- С кранова установка + понтон (корабель) = плавкран;
- Д. кранова установка + опора (стаціонарна) = стаціонарний кран.

Сам собою цей метод не новий, аналогічним шляхом йдуть світові кранобудівні фірми («Готвальд» та ін.). Новацією ЗАТ СММ є наявність у мобільному крані шасі, що відокремлюється.

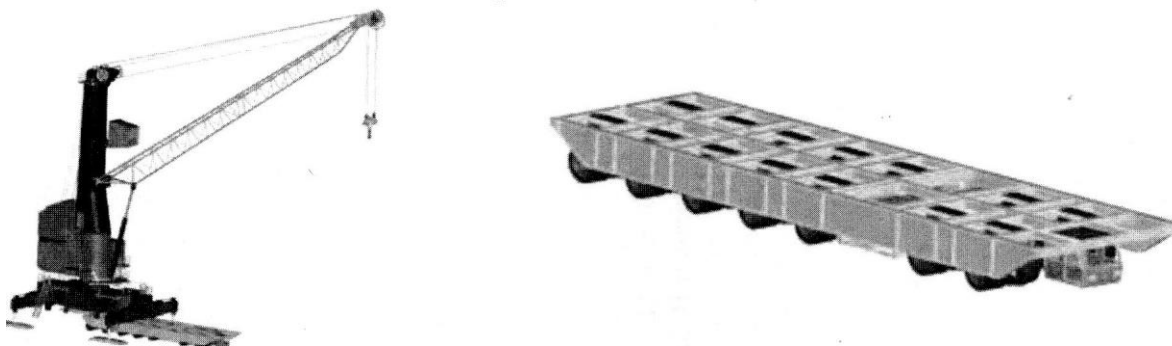


Рисунок 8.5 – Блочно-модульна конструкція крана

Використання одного такого модуля для пересування кількох кранових установок, за задумом авторів, збільшує коефіцієнт використання обладнання за рахунок скорочення загальної вартості такого блочно-модульного сімейства. Передбачається, що оператор шасі у вільний час може здійснювати в автономному режимі різні транспортні операції з іншими об'єктами, наприклад:

обслуговувати однією транспортною платформою кілька кранових установок (від двох до п'яти);

переміщувати важкі об'єкти (вантажі-ваговики, технологічне обладнання, будівельні конструкції тощо).

1. Пріоритетною умовою для успішної конкуренції на ринку портових кранів є мобільність кранів.

2. Мобільність, з погляду портового користувача, зазвичай, це здатність оперативно переміщатися не далі, ніж між вантажними фронтами в порту (причальними, залізничними, автомобільними) і складськими робочими зонами. Можна відзначити, що пневмоколісні канатні крани і крани-маніпулятори мають високу мобільність, яка задовольнить більшість користувачів в порту.

3. Портальні крани на рейковому ході універсальні і високотехнологічні на причалі, але мають низьку мобільність. Прикладом вдалого поєднання універсальності, технологічності та мобільності до рівня вимог портового користувача (до забезпечення оперативних переміщень крана між вантажними фронтами) є нові крани німецької фірми «ARDELT» (рис 9.31).

Початком виробництва портових мобільних кранів (ПМК) поклала німецька фірма Gottwald, винахідник цих кранів. Фірма випускала чотири моделі кранів першого виробництва в/п 60, 65, 110 і 120 т. Покупцями цих кранів були переважно європейські порти.

Для всіх середніх та великих кранів Gottwald дизель-електричний привід був кращим рішенням, і ця базова розбіжність залишається головним об'єктом у протистоянні двох суперників.

Лібхер вважає, що багатовісний і багатоколісний ходовий пристрій, представлений у новій LMH серії, є основною продажною точкою, що забезпечує кругову всебічну маневреність, що включає повний привід і економію від використання невеликих за розміром і не дорогих шин, які легко замінюються.

Готвальд відстоював свою конструкцію ходової системи всього з кількох осей, з колесами з роздільним приводом, що забезпечує хорошу маневреність крана, але обладнаних великими шинами, які хочуть бачити замовники.

На думку Liebherr простий гідростатичний привід її кранів дозволяє використовувати на всіх машинах ті самі компоненти, забезпечуючи хорошу якість запчастин, доступність і єдину систему інженерної підтримки. А низькі колісні навантаження не руйнують покриття причалу. Внутрішня електронна система контролю, розроблена та виготовлена фахівцями фірми, яка забезпечує роботу без жодних ризиків протягом життя крана. Для максималізації довгострокової надійності крани забезпечені системою діагностики та технічного обслуговування.

На доводи Лібхерр про значну перевагу дизель-гідравлічного приводу, Готвальд відповідала, що більше 70% кранів фірми працюють від портової електромережі, а дизельний привід використовується лише при переміщенні з причалу на причал або на майданчик техобслуговування. Фірма Готвальд також повідомила про дослідження, що в дизель-електричних системах 84% вихідної потужності дизельних двигунів використовується вантажопідйомним механізмом як корисне механічне зусилля. У дизель-гідравлічних системах для цього використовується 72%, а це означає, що рівень споживання палива у них вищий на 17% і він не може бути знижений поліпшенням програмного контролю над роботою дизеля.

Лібхерр, у відповідь на це, поставила за мету досягти «інтелігентної» економ палива вдосконаленням програмного управління, і після тестування на LMN 400 у порту Антверпен заявила про зниження споживання палива на 10 л/робочу годину, що еквівалентно 25% економії.

Портальними кранами називаються повноповоротні крани стрілового типу, що вільно стоять, спираються на П-подібний поміст – портал (рис. 8.6), що пересувається на самохідних візках, по підкранових рейках.

Портал є просторовою жорсткою рамою, яка може перекривати від одного до трьох залізничних колій, забезпечуючи вільний пропуск рухомого складу. У деяких випадках портали замінюються на Г-подібні напівпортали. У цих випадках крани називаються напівпортальними.

В даний час шарнірно-зчленована стрілова система є морально застарілою конструкцією, яка значно збільшує масу крана.

Для порталних кранів невеликої вантажопідйомності збільшення маси крана за рахунок шарнірно-зчленованої системи позначається несуттєво, а для кранів великої вантажопідйомності вона стає проблемою у зв'язку з катастрофічним збільшенням металоємності крана. Таким чином, у сучасних конструкціях оптимальною є пряма стріла (фірма "Liebherr", фірма "Gottwald"), де всі проблемні питання керування вирішуються електронними методами.

Після тривалої перерви деякі українські порти почали набувати нової перевантажувальної техніки, у тому числі портових мобільних кранів підвищеної вантажопідйомності для обслуговування кордонних причалів, що діяли (або що рекомендуються), можливість чого раніше категорично відкидалася.

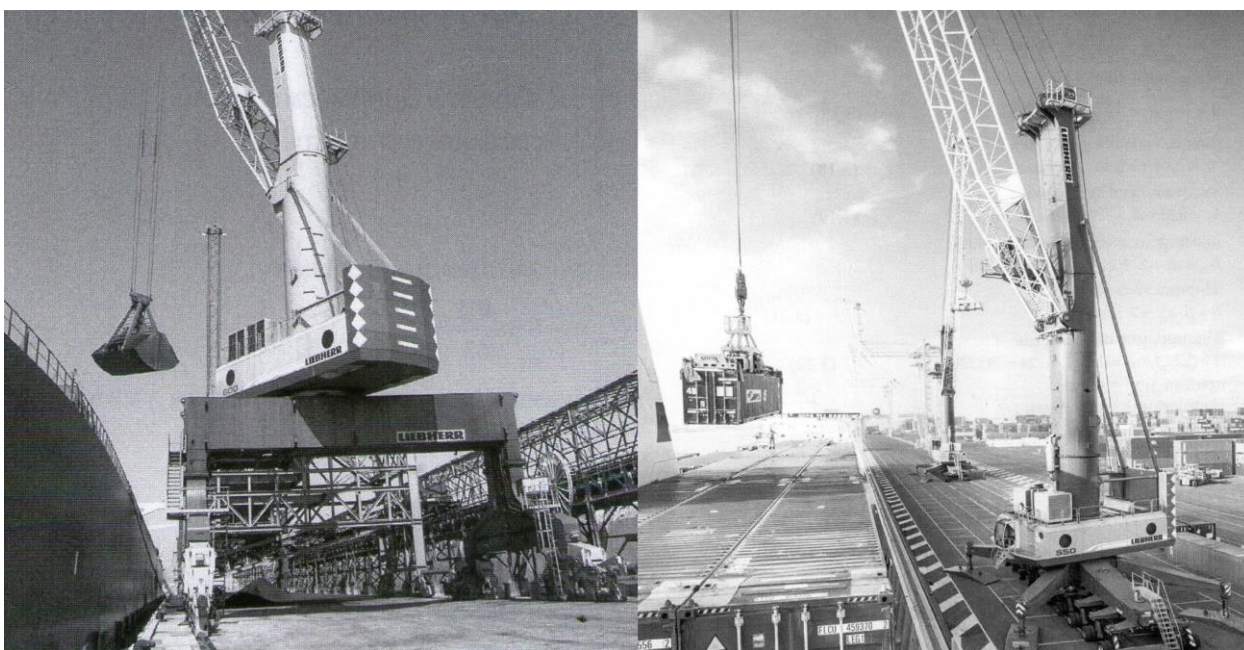


Рисунок 8.6 - Мобільні портові крани при виконанні різнотипних перевантажень

8.4 Інноваційні рішення у рейковому виконанні

Портальні портові крани є сучасним, економічним та гнучким рішенням на основі рейкової техніки. Дані крани засновані на технології мобільного портового крана Terex® Gottwald, що вже добре зарекомендувала себе, забезпечує можливість легкої інтеграції в існуючу плановану інфраструктуру терміналу.

Переваги:

- можливість експлуатації на спеціалізованих причалах для безперервної роботи з насипними вантажами у важких режимах експлуатації;
- можливість експлуатації на причалах, оснащених рейковими коліями для завантаження залізничних напіввагонів, автотранспортних засобів та стрічкових конвеєрів;
- можливість реалізації спеціалізованих порталних рішень відповідно до умов терміналу;
- модульна конструкція;
- відносно низька загальна маса.

Індивідуальні порталні рішення

- ширина колії від 10 до 20 м;
- висота порталу від 4 до 8 м;
- переміщення залізничних складів та вантажівок, а також робота конвеєра під кранами;
- для існуючих причалів та нового будівництва.

Продукт	Максимальна вантажопідйомність, т/радіус, т/м	Максимальний виліт, м	Конфігурація*
Модель 2	80/18	40	2/4
Модель 3	100/20	46	2
Модель 4	100/22	46	2/4
Модель 5	125/18	51	2
Модель 6	125/20	51	2/4
Модель 7	150/18	54	2/4
Модель 8	200/20	58	2/4

*2: Двоканатний кран для роботи з контейнерами, збірним та проектним вантажем, а також насипним вантажем із приводним захоплювачем.

*4: Виконання з чотиріканатним захоплювачем для спеціалізованих операцій із важкими насипними вантажами.

Моделі також представлені такими типами:

- Мобільні портові крани;
- Плавучі крани;
- Пневмоколісні портальні портові крани.

ПАТ "ЗАПОРІЖКРАН" виготовляє такі типи портових кранів:

- портальні крани "МАРК" (рис. 8.7);
- контейнерні перевантажувачі на пневмоколісному ході (RTG);
- контейнерні перевантажувачі на рейковому ході (RMG);
- причальні контейнерні перевантажувачі (STS);



Рисунок 8.7 – Портальні крани «МАРК»

Портальні крани "МАРК" важкого режиму роботи спроектовані спеціалістами компанії "Конекрейнс Україна" відповідно до найсучасніших міжнародних стандартів. Виготовлені із застосуванням привідних механізмів та систем керування виробництва Konecranes. Крани «МАРК» відрізняються високою якістю, надійністю, тривалим терміном служби.

Компактність і легкість конструкції, а отже зменшення навантаження на причал, велика продуктивність, низьке енергоспоживання досягаються завдяки використанню електродвигунів з короткозамкненим ротором і частотних регуляторів швидкостей. Централізована автоматична система змащування рухомих шарнірів та підп'ятника спрощує роботи з технічного обслуговування. Залежно від конкретних умов застосування крани «МАРК» виготовляються з різними параметрами та технічними характеристиками.

Характеристики кранів МАРК 20...45

Виліт	10...45 м
Вантажопідйомність	
- грейферний режим	16...25 т
- гаковий режим	20...55 т
- магнітний режим	20...34 т
- контейнерний режим	40 т
Швидкість	
- підйому вантажу	20...80 м/хв
- зміни вильоту	63 м/хв
- повороту	до 2 об/хв
- пересування крана	20...25 м/хв
Навантаження на колесо	22...26,2 т

Правильна назва - порталні крани, що беруть свій початок до основної конструктивної особливості таких машин - ПОРТАЛУ. При цьому стріла крана може бути абсолютно будь-якого типу - горизонтальна з візком, як на баштових кранах (широко застосовувалася на стапельних кранах в період 30 - 50-х років XX століття), змінного нахилу (підйомна), фіксованого нахилу з додатковим механізмом зміни вильоту (шарнірно-зчленована стріла).

Парк порталних кранів з повоєнного часу поповнювався двома шляхами: виготовлення на власних заводах та отримання кранів з імпорту. Як не сумно визнавати, але порталних кранів поставлених з імпорту було більше, ніж власного виготовлення. Основними постачальниками були заводи НДР та Угорщини. Під час війни з'явилися крани виробництва США. У 50-ті роки надходили крани з Італії та Франції, з 60-х років стали з'являтися крани з Фінляндії. Але крани з цих країн надходили в невеликій кількості, порівняно з угорськими та німецькими.

В нашій країні існувало головне підприємство з виробництва порталних кранів - Завод підйомно-транспортного обладнання ім.С.М.Кірова, що веде свою історію з механічних майстерень Санкт-Петербурга – Варшавської залізниці.

8.5 Склад одного з кращих мобільних портових кранів фірми Liebherr

Мобільні крани с універсальним підйомним механізмом.

Оптимізована взаємодія потужної гідростатичної трансмісії та вдосконаленої електроніки гарантує ефективну перевалку будь-якого виду вантажу завдяки високим швидкостям лебідок та коротким робочим циклам. Мобільні крани можуть використовуватися практично у всіх зонах порту, де потрібні послуги. Заміна одного знімного вантажозахоплювального пристрою на інший займає кілька хвилин. При створенні мобільних кранів застосовуються найсучасніші технології. Мобільні крани відповідають усім вимогам портового обладнання.

Шасі - Унікальна система пересування

Різні зміни способи будівництва причалів і терміналів по всьому світу привели компанію Liebherr до розробки унікальної конструкції шасі. Відмовившись від ідеї нерухомої осі, колісні візки по чотири колеса, кожен з яких незалежний, дозволяють здійснювати рухи у всіх напрямках.

Колісні візки

Під час керування рухом всі приводні колісні візки керуються і регулюються окремо. У кожному колісному візку датчик передає фактичне положення колеса в електронну систему керування. Керування рухом можна здійснювати або з баштової кабіни, або з кабіни оператора на поворотній платформі. Переваги такої конструкції:

- оптимальна доступність та легкість обслуговування;
- індивідуально керовані візки зменшують зношування шин;
- різна конфігурація зі змінною кількістю приводних колісних візків допускає кут нахилу до 10%.

Шини

Шини відповідають шинам, що використовуються для важких транспортних засобів, що економить час і гроші за необхідності їх придбання. Використання стандартної гуми означає, що клієнти можуть купити їх дома у будь-якого дилера. Переваги конструкцій шин:

- оптимальна доступність - жодних проблем із доставкою;
- найтриваліший термін служби шин за рахунок мінімальних навантажень на шини (менше 6 т на колесо) та індивідуально керованих колісних візків;
- додаткова опція - цілісні шини, заповнені піною, для перевалки брухту.

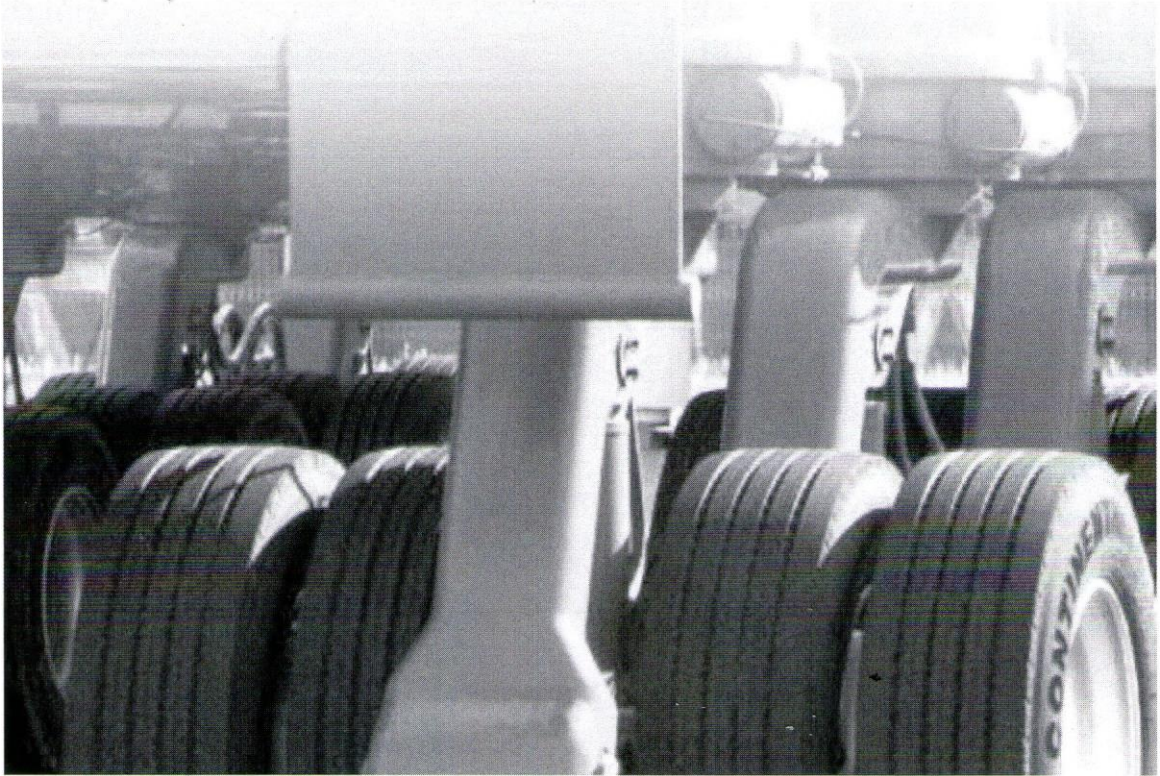


Рисунок 8.8 - Колісні візки та промислові ходові шини

Гідравлічний розподіл навантаження

Модульна концепція шасі дозволяє досягти подальшого зменшення навантаження на причал шляхом встановлення додаткових колісних візків для дотримання суворих обмежень навантаження на причал. Під час руху гідравлічна підвіска гарантує оптимальний розподіл тиску на нерівній місцевості та дозволяє уникнути перевантаження окремих колісних візків та причалу. Положення крана під час роботи можна пристосувати до вимог причалу, встановивши хрестоподібний стабілізатор (можливі квадратна та прямокутна опорні бази) та опорні плити різного розміру залежно від стану причалу.

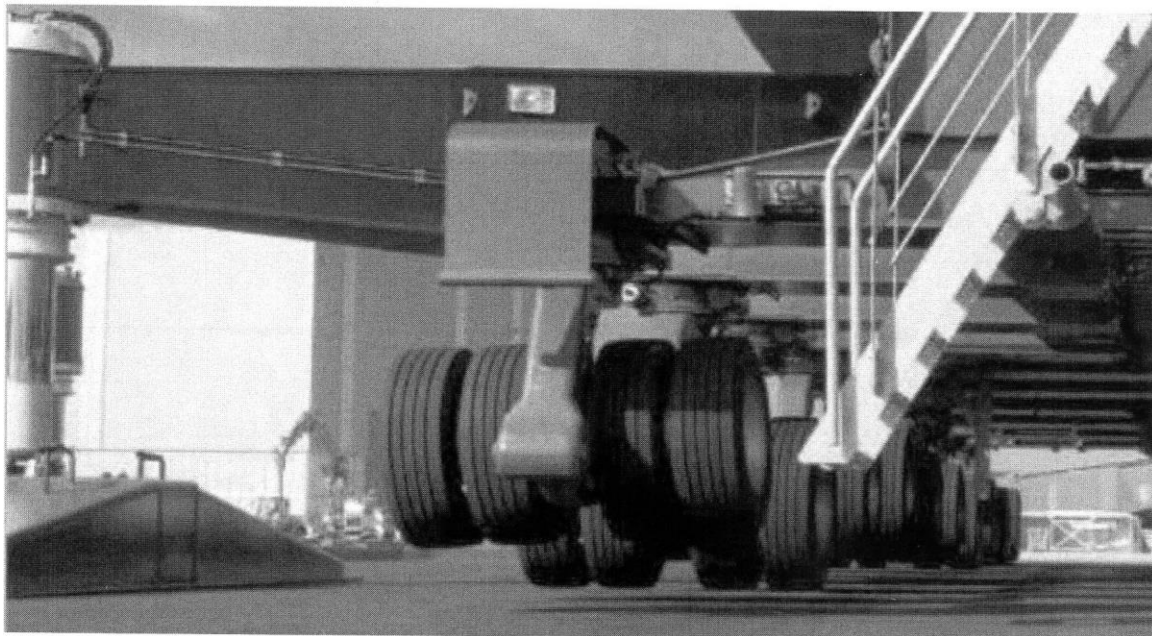


Рисунок 8.9 – Шасі Liebherr – оптимальна доступність у будь-якому напрямку

Поворотна платформа

Поворотна платформа є фундаментом для розміщення дизель-гидравлічної силової установки, лебідок, противаги, механізмів повороту та електрощитової.

Машинне відділення

У передній частині поворотної платформи розташована дизель-гидравлічна силова установка. Дане машинне відділення забезпечене звукоізолюючими панелями і повністю захищене від будь-якого виду корозії завдяки використанню скло-пластика (GFRP).

Лебідкова рама

Вантажні лебідки розташовані в тилівій частині поворотної платформи. Можливі різні конфігурації вантажних лебідок залежно від типу крана та області застосування.

Середній відсік

У середній частині поворотної платформи знаходиться основа вежі, механізми повороту, генератор та сходи у баштову кабінку. Трирядний

роликовий підшипник виробництва Liebherr забезпечує рухоме кінематичне з'єднання поворотної платформи з шасі з можливістю повного обертання в обох напрямках. Механізми повороту розміщені навколо підшипника в залежності від типу крана та області застосування. Завдяки круглій конструкції вежі навантаження від вежі розподіляється рівномірно по колу, що призводить до меншого зносу та довшої служби деталей. Все це забезпечує:

- максимальну безпеку та надійність при мінімумі комплектуючих;
- стандартизацію та уніфікацію всіх комплектуючих в рамках модельного ряду LHM, що суттєво знижує витрати на ремонт;
- високу якість гідравлічних компонентів, що потребують мінімум витрат на обслуговування та мають тривалий термін служби;
- оптимальну доступність до всіх деталей та легке обслуговування.

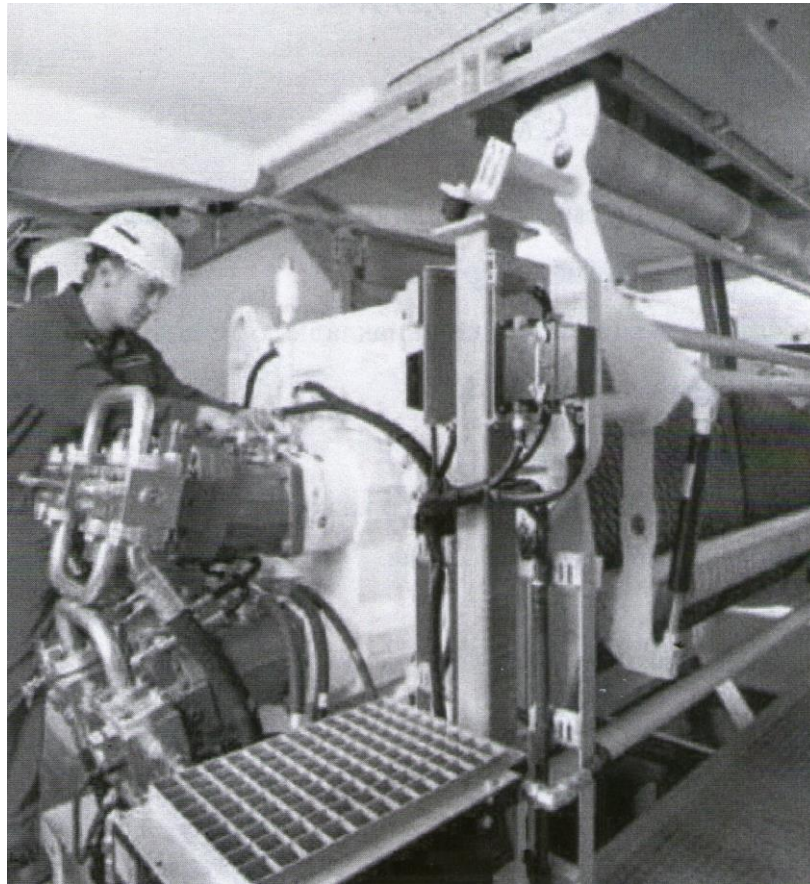


Рисунок 8.10 – Вантажні лебідки – аксіально-поршневі гідравлічні двигуни та канатний барабан

8.6 Башта та стріла

Трубчаста конструкція башти

Сталевий каркас башти виконаний у вигляді жорсткої зварної герметичної конструкції трубчастого типу(рис. 9.41). Даний каркас є частиною унікальної системи, на яку припадають усі статичні та динамічні навантаження, що розподіляються найкращим чином на підшипнику опорно-поворотного пристрою. Гвинтові сходи добре освітлені та забезпечені перилами настилами, які забезпечують зручний доступ до баштової кабіни. Доступ до верхньої платформи башти та канатних шківів також здійснюється за цим маршрутом. Трубчаста башта дає:

- зменшення навантаження при повороті;
- мале навантаження на зварні шви;
- більший термін служби механізмів повороту та шасі;
- безпечний та зручний доступ до баштової кабіни.

Стріловий циліндр

Шток циліндра повністю захищений у паркувальному положенні крана. Внаслідок того, що циліндр зміни вильоту стріли знаходиться над стрілою, зіткнення вантажу, що розгойдується, і циліндра під час роботи крана неможливо, що :

- не потребує обслуговування;
- зменшує корозію;
- захищає стріловий циліндр від пошкоджень;
- виключає ризик втрати стійкості (діє тільки сила тиску).

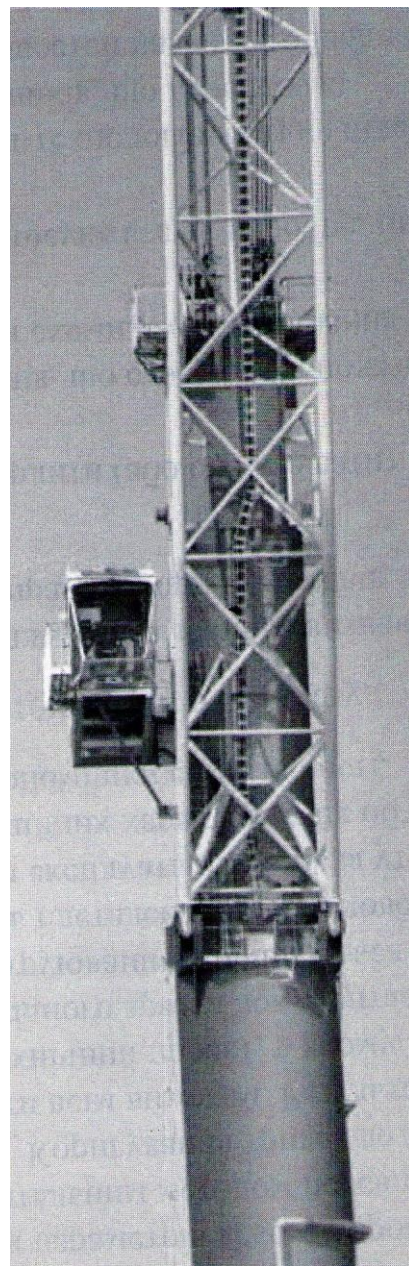


Рисунок 8.11 – Трубчаста конструкція башти

Стріла

Стріла крана має трубчасто-решітчасту сталеву конструкцію з трикутним поперечним перетином і складається з 2 секцій (кореневої та головної). При необхідності стріла може бути опущена з опорою на землю. Безшовна високоміцна сталева трубчаста конструкція забезпечує безвідмовну роботу при температурі до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, велику міцність/високий рівень жорсткості конструкції, точність рухів крана, висоту шарніру стріли – до 23,4 м.

ВИСНОВКИ

На основі проведеного дослідження, можна зробити наступні висновки:

- 1) Портальні крани з шарнірно-зчленованою стрілою досить неефективні через чисельну кількість своїх недоліків порівняно з кранами з прямою стрілою, а саме:
 - a) Велика вага стріли;
 - b) Складні в виготовленні, ремонті та використанні;
 - c) Зроблені з важких листів, які створюють більший тиск на причал;
 - d) Коштують більш дорого;
 - e) Більша інерція на переміщення за рахунок більшої кількості елементів.
- 2) Портальні крани з прямою стрілою зараз почали використовуватися в більш розвинутих країнах, через свої досить значні переваги:
 - a) Виготовлені з труб, через це вони легші, в порівнянні з шарнірно-зчленованими стрілами;
 - b) Більш продуктивні (близько на $\approx 30\%$);
 - c) Дешевші за рахунок виготовлення з меншої кількості металу, та використання механізмів з меншою потужністю;
 - d) Швидші в роботі;
 - e) Ремонтна здатність вище;
 - f) Має більшу точність, ефективність.
- 3) За рахунок своїх переваг, машиніст крану з прямою стрілою працюватиме більш комфортно, менше буде втомлюватися, й, відповідно, буде більш ефективним в роботі.

ДЖЕРЕЛА

1. FEM.
2. Справочник по кранам / Под ред. М.М. Гохберга. – Л. : Машиностроение, Т1, Т2 – 1988.
3. Інтернет-ресурси.
4. CraneSource Crane components : Drawings and Specification Book. – Muskegon, Michigan, USA, 2007. – 56 P.
5. СТП 15-96. Пояснювальна записка до курсових і дипломних проектів. – Запоріжжя: ЗДТУ, 1996. – 36с.
6. Журнал Підйомні споруди. Спеціальна техніка Lifting equipment and Special devices Magazine. Інтернет-ресурс: <https://pro-ptm.blogspot.com/>