

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

Л. М. Мартовицький, В. І. Глушко

КРАНИ СПЕЦІАЛЬНІ
навчальний посібник

Запоріжжя, 2023

УДК 621.873 (075.8)

ББК 39.91-041-028

M29

**Схвалено і рекомендовано до видання як навчальний посібник
Вченою Радою Національного університету «Запорізька
політехніка» (протокол № 10 від 19 червня 2023 р.).**

Рецензенти:

Малащенко В. А. – доктор технічних наук, професор кафедри «Деталі машин» НУ «Львівська політехніка», академік Підйомно-транспортної академії наук України.

Суглобов В. В. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою «Підйомно-транспортні машини і ДМ» Приазовського технічного університету, академік Підйомно-транспортної академії наук України.

Мартовицький Л. М., Глушко В. І.

M29

Крани спеціальні: навч. посібник / Л. М. Мартовицький, В. І. Глушко. Запоріжжя : національний університет "Запорізька політехніка", 2023. 396 с. : іл., табл.

ISBN 978-617-529-415-4

В посібнику наведені конструкції, принципи роботи, розрахунки оригінальних вузлів та приводів сучасних спеціальних кранів.

Приведені принципи проектування та концепцій експлуатації унікальних багатотонажних спеціальних кранів.

Навчальний посібник методично корисний для магістрів та фахівців з напрямку ПТМ.

УДК 621.873 (075.8)

ББК 39.91-041-028

ISBN 978-617-529-415-4

© Л. М. Мартовицький, В. І. Глушко, 2023



Мартовицький Леонід Максимович – к.т.н., доцент, завідувач кафедри «Деталі машин і ПТМ» Національного університету «Запорізька політехніка», академік Підйомно-транспортної академії наук України.

Наукова спеціалізація – будівельна механіка, проектування металоконструкцій, спеціальні крани, промислові роботи.



Глушко Василь Іванович – к.т.н., доцент кафедри «Деталі машин і ПТМ», декан Машинобудівного факультету Національного університету «Запорізька політехніка», академік Підйомно-транспортної академії наук України.

Наукова спеціалізація – монтаж, експлуатація спеціальних кранів, проектування металоконструкцій, композитні матеріали.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Вступ | 8 |
| 1. Спеціальні крани. Загальні відомості | 9 |
| 2. Спеціальні вантажозахоплюючі пристрої | 12 |
| 2.1 Механічні захоплювачі | 12 |
| 2.2 Кліщові захоплювачі | 13 |
| 2.3 Вакуумні захоплювачі | 15 |
| 2.4 Грейфери | 18 |
| 2.4.1 Канатні грейфери | 19 |
| 2.4.2 Моторні (привідні) грейфери | 25 |
| 2.4.3 Гідромоторні грейфери | 27 |
| 2.4.4 Грейфери для лісової промисловості | 30 |
| 2.4.5 Розрахунок грейферів | 32 |
| 2.5 Електромагніти | 38 |
| 2.6 Спредери | 43 |
| 3. Спеціальні крани мостового типу | 53 |
| 3.1 Спеціальні мостові крани | 53 |
| 3.2 Магнітно-грейферні крани | 53 |
| 3.3 Крани з траверсою на гнучкому підвісі | 56 |
| 3.4 Крани з обертаючимся візком | 56 |
| 3.5 Однобалкові мостові крани | 56 |
| 3.6 Монтажні мостові крани | 59 |
| 3.7 Кільцеві мостові крани | 61 |
| 3.8 Полярні крани | 62 |
| 4. Металургійні крани | 64 |
| 4.1 Вантажопотоки металургійних виробництв | 64 |
| 4.2 Вагоноперекидачі | 66 |
| 4.2.1 Бічний баштовий вагоноперекидний комплекс | 67 |
| 4.2.1.1 Механізм затиску вагонів | 68 |
| 4.2.1.2 Канатний механізм контування (перекидання) люльки | 69 |
| 4.2.1.3 Механізм пересування вагоноперекидача | 71 |
| 4.2.2 Роторний стаціонарний вагоноперекидач | 71 |
| 4.2.3 Роторний (з перекоченням) рухомий вагоноперекидач | 72 |
| 4.2.4 Порівняння мас та потужностей різних вагоноперекидачів | 73 |
| 4.3 Спеціальні крани та механізми мартенівських цехів | 73 |
| 4.3.1 Напольно-завалювальна машина | 74 |
| 4.3.1.1 Механізм пересування візка | 75 |
| 4.3.1.2 Особливості пересування мосту | 76 |
| 4.3.2 Ливарні крани | 77 |
| 4.3.2.1 Міксерні крани | 77 |
| 4.3.2.2 Розливні та заливні крани | 78 |
| 4.3.2.3 Схема чотирибалкового ливарного крана | 83 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 4.3.2.4 | Особливості механізму головного підйому | 84 |
| 4.4 | Спеціальні крани прокатних цехів | 84 |
| 4.4.1 | Крани для роздягання зливків (стриперні) | 85 |
| 4.4.1.1 | Механізм керування великими кліщами | 87 |
| 4.4.1.2 | Механізм стриперування | 88 |
| 4.4.1.3 | Розрахунок приводів механізмів | 89 |
| 4.4.2 | Кліщові (колодязні) крани | 90 |
| 4.4.3 | Кран з лапами (пратцен-кран) | 92 |
| 4.4.4 | Кран для транспортування (передачі) слябів | 95 |
| 4.5 | Спеціальні крани сталеплавильних виробництв | 97 |
| 4.5.1 | Мульдо-магнітний кран | 98 |
| 4.5.2 | Мульдо-завалювальний кран | 100 |
| 4.5.2.1 | Механізм пересування візка | 101 |
| 4.5.2.2 | Механізми гойдання та обертання мульди | 103 |
| 4.5.2.3 | Порівняння завалювальних машин і кранів | 104 |
| 4.5.2.4 | Механізм підйому | 104 |
| 4.6 | Спеціальні крани пресового виробництва | 105 |
| 4.6.1 | Кувальний маніпулятор | 107 |
| 4.6.2 | Кувальний кран | 108 |
| 4.6.3 | Посадковий кран | 111 |
| 4.6.3.1 | Розрахунок приводу механізму повороту | 112 |
| 4.6.3.2 | Розрахунок зусилля затиску зливків | 113 |
| 5. | Мостові перевантажувачі | 114 |
| 5.1 | Основні параметри перевантажувачів | 117 |
| 5.2 | Перевантажувачі доменних цехів металургійних заводів | 118 |
| 5.3 | Грейферний візок мостового перевантажувача | 122 |
| 5.3.1 | Розрахунок приводів механізмів пересування перевантажувача та грейферного візка | 123 |
| 5.4 | Перевантажувачі з консольними грейферними візками | 125 |
| 6. | Крани-штабелювальники | 128 |
| 6.1 | Механізм підйому | 133 |
| 6.2 | Механізм повороту | 134 |
| 6.3 | Механізм пересування | 134 |
| 6.4 | Вантажозахоплюючі пристрої | 134 |
| 6.5 | Висувний телескопічний підхоплювач | 136 |
| 6.6 | Пристрої безпеки | 137 |
| 6.7 | Вибір канату | 139 |
| 6.8 | Продуктивність кранів-штабелювальників | 142 |
| 6.9 | Штабелювальники підлогові | 143 |
| 6.10 | Перспективи розвитку механізації складських робіт | 144 |
| 6.11 | Умовний приклад | 146 |
| 7. | Козлові крани | 148 |
| 7.1 | Складські козлові крани | 149 |
| 7.2 | Монтажні козлові крани | 150 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 7.3 | Унікальні крани концерну «Азовмаш» | 159 |
| 7.4 | Козлові крани енергетичного комплексу | 161 |
| 7.5 | Прилади безпеки козових кранів | 164 |
| 7.5.1 | Анемометри | 164 |
| 7.5.2 | Протиугінні захоплювачі | 165 |
| 8. | Кабельні крани | 171 |
| 9. | Портальні крани | 181 |
| 9.1 | Устрій портальних кранів | 182 |
| 9.2 | Конструкція портальних кранів | 186 |
| 9.2.1 | Портал | 186 |
| 9.2.2 | Стрілові пристрої | 189 |
| 9.2.2.1 | Врівноваження стрілових систем | 191 |
| 9.2.2.2 | Забезпечення горизонтальності траєкторії руху вантажу | 192 |
| 9.3 | Показники ефективності класичних портальних кранів | 192 |
| 9.4 | Порівняння параметрів портових кранів | 195 |
| 9.5 | Кращі портальні крани світу | 197 |
| 9.5.1 | Крани фірми «ARDELT» | 198 |
| 9.5.2 | Крани фірми «Gottwald» | 198 |
| 9.5.3 | Крани фірми «Liebherr» | 202 |
| 9.5.4 | Конструктивні особливості мобільних портових кранів | 209 |
| 9.5.5 | Мобільні пневмоколісні портові крани з прямою стрілою .. | 212 |
| 9.6 | Портальні крани з жорстким підвісом вантажу | 215 |
| 9.6.1 | Крани-маніпулятори з дволанковою (екскаваторною) стрілою | 216 |
| 9.6.2 | Крани-маніпулятори балансірні | 218 |
| 9.6.3 | Баланс-крани | 218 |
| 9.7 | Нова концепція портових кранів | 224 |
| 10. | Баштові крани | 230 |
| 10.1 | Конструкції будівельних баштових кранів | 244 |
| 10.2 | Конструктивні особливості баштових кранів | 247 |
| 10.2.1 | Канатний привід обертання баштового крана | 247 |
| 10.2.2 | Механізм зміни вильоту | 248 |
| 10.2.3 | Поліспасти змінної кратності | 249 |
| 10.2.4 | Типові приводи сучасних баштових кранів | 250 |
| 10.2.5 | Розрахунок стійкості баштових кранів | 251 |
| 10.2.6 | Приклад | 254 |
| 10.3 | Сучасні будівельні та монтажні баштові крани | 254 |
| 10.4 | Перспективи розвитку баштового кранобудування в Україні та за кордоном | 260 |
| 11. | Стрілові автомобільні крани | 266 |
| 11.1 | Автомобільні крани | 267 |
| 11.2 | Пневмоколісні крани | 270 |
| 11.3 | Крани на спецшасі | 271 |
| 11.4 | Крани підвищеної прохідності | 274 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 11.5 | Короткобазові крани | 275 |
| 11.6 | Компактні крани | 279 |
| 11.7 | Міні-крани | 280 |
| 11.8 | Методи збільшення вантажопідйомності стрілових кранів | 282 |
| 11.9 | Профілі телескопічних стріл | 283 |
| 11.10 | Схеми телескопічних стріл | 287 |
| 11.11 | Гідроманіпулятори | 288 |
| 11.12 | Сучасні світові моделі стрілових кранів | 290 |
| 12. | Гусеничні крани | 299 |
| 12.1 | Сучасні гусеничні крани | 301 |
| 12.2 | Вплив транспортної логістики на конструкцію гусеничних кранів | 321 |
| 13. | Залізничні крани | 325 |
| 14. | Плавучі крани | 329 |
| 14.1 | Складові плавучих кранів | 331 |
| 14.2 | Конструктивні особливості судових кранів | 335 |
| 14.3 | Козлові судові крани | 336 |
| 14.4 | Підпалубні крани | 336 |
| 14.5 | Суднові контейнерні крани | 337 |
| 14.6 | Кранове обладнання атомних криголамних суден | 337 |
| 14.7 | Спеціальні крани морських бурових платформ | 337 |
| 14.8 | Палубні крани | 339 |
| 14.9 | Сучасні плавучі крани | 341 |
| 15. | Дерік-крани | 364 |
| 16. | Розвиток спеціальних кранів | 369 |
| 16.1 | Концептуальні напрямки розвитку спеціальних кранів | 369 |
| 16.2 | Основи методики проектування механізмів підйому кранів граничної вантажопідйомності | 374 |
| 16.3 | Вантажопідйомні крани-роботи | 380 |
| 16.3.1 | Структурно-точнісний аналіз | 381 |
| 16.3.2 | Структурно-функціональний аналіз | 383 |
| 16.3.3 | Динамічний аналіз | 385 |
| | Література | 391 |

ВСТУП

Основними засобами механізації навантажувально-розвантажувальних, складських, технологічних, монтажних та інших робіт є спеціальні крани.

Спеціальні крани почали з'являтися з ХІХ сторіччя. Вітчизняні спеціальні крани почали експлуатувати з 60-х років минулого сторіччя. Це перші плавучі крани для монтажних робіт та спорудження фортечних укріплень. Особливо спеціальне кранобудування почало інтенсивно розвиватися.

На Одеському заводі важкого кранобудування почався випуск залізнодорожних кранів. На Старокраматорському та на Новокраматорському заводах розпочато випуск козлових кранів та мостових перевантажувачів.

Після світової війни значно збільшився випуск спеціальних кранів – мостових перевантажувачів, металургійних, козлових, баштових, стрілових, кранів-штабелювальників.

В незалежній Україні випуском спеціальних кранів займаються декілька спеціалізованих заводів. Це Новокраматорський завод важкого машинобудування – порталні крани, мостові перевантажувачі; відділення Маріупольського металургійного заводу – сучасні порталні крани; Нікопольський крановий завод – спеціальні баштові крани, автокрани з телескопічною стрілою; Харківський крановий завод – переважно спеціальні мостові крани; Одеський крановий завод – важкі стрілові крани на багатовісних пневмо-шасі; Запорізький завод «Коне Крейнс» - однобалкові мостові крани, сучасні козлові крани-перевантажувачі, порталні крани серії «Марк».

Розвиток підготовки кваліфікованих фахівців, бакалаврів, магістрів з напрямку «Підйомно-транспортних, будівельних, дорожних, меліоративних машин і механізмів» підтримують спеціальні кафедри національних університетів «Одеська політехніка», «Харківський політехнічний інститут», «Запорізька політехніка», «Донбаська машинобудівна академія», «Маріупольський політехнічний фаховий коледж ДВНЗ "ПДТУ"».

Зважаючи на те, що Запорізький регіон переважно є металургійно-машинобудівним то, відповідно, більше уваги приділено спеціальним металургійним, монтажним і будівельним кранам, які є основою для відбудови, реконструкції та розвитку промислового комплексу Запоріжжя.

Автори висловлюють щирі вдячність інженеру Черкашиній О.В., магістру Василенко І.С. за вагомий внесок і допомогу в складанні та дизайні посібника.

1. КРАНИ СПЕЦІАЛЬНІ. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Крани спеціальні або спеціальні крани (СК) - один з найцікавіших та найдорожчих об'єктів вантажопідйомного обладнання. Як правило, кожен кран - це унікальна конструкція, унікальні умови експлуатації, жорсткі терміни при обстеженні технічного стану та відновлення несучої здатності, дуже неприємні наслідки раптових відмов. Першочергова вимога до таких кранів – висока експлуатаційна надійність.

До спеціальних відносяться крани, що мають особливості конструкції в зв'язку з специфікою обслуговування технічного процесу або обладнання (кільцеві крани, загартувочні, ливарні і інш.).

Перевантажна більшість спеціальних кранів обслуговує технологічні процеси, тому режими їх роботи відносяться до групи 6К-8К.

Всі вантажопідйомні пристрої можна розділити на групи:

- прості ВПМ (лебідки, талі, домкрати);
- крани загального призначення (мостові, козлові, консольні та інші);
- спеціальні крани.

Призначення спеціальних кранів – виконання та обслуговування специфічних технологічних операцій, виконання піднімально-транспортних і перевантажувальних операцій із спеціальними вантажами в складних та критичних умовах роботи з перевищеними режимами експлуатації.

Спеціальні крани виконують підйомно-транспортні або основні технологічні операції: перевантаження крупнотонажних вантажів, контейнерів, встановлення вантажів в соти стелажних складів, крупномодульний монтаж складних машин, аварійно-спасальні та ліквідаційні операції, виконання технологічних операцій в металургії та на морі, робота з хімічно-небезпечними та вибухо-небезпечними матеріалами, виконання унікальних підйомів граничних вантажів, підняття затоплених суден, тощо.

Відмінності спеціальних кранів від підйомно-транспортних машин і обладнання широкого застосування:

1. Більшість СК обладнані автоматичними захоплюючими пристроями (кліщі, спредери, електромагніти, грейфери, різноманітні захоплювачі). Наявність автоматичних спеціальних захоплювачів дозволяє кранівнику працювати без стропальників і сигнальників.

2. Кількість кранових механізмів – більше трьох. Це дозволяє розширити функціональність крана, в той же час збільшення кількості механізмів ускладнює машину в експлуатації та обслуговуванні.

3. Механізми цих кранів працюють в широкому діапазоні швидкостей, від мікро швидкості (до 2 мм/с) і до швидкостей порядку 10 м/с та вище.

Сучасні крани оснащені приводами з частотним плавним регулюванням частот та швидкостей, що дозволяє використовувати спеціальні крани для перевантажувальних робіт з масовими вантажами, а також для виконання високоточних монтажних та збиральних робіт в різних галузях індустріального машинобудування.

4. Спеціальні крани працюють і умовах підвищеної інтенсивності, переважна група режиму роботи спеціальних кранів – А6-А8 (режим важкий-надважкий).

Спеціальні крани умовно можна поділити на крани мостового та стрілового типу (рис. 1.1).

До спеціальних кранів мостового типу відносять мостові, козлові, напівкозлові, кабельні, мостокабельні, крани-штабелювальники, мостові перевантажувачі.

До спеціальних кранів стрілового типу відносяться баштові, порталні, напівпортальні, мачтові, дерік, вантові, консольні, плавучі крани.

По конструкції вантажозахоплюючого пристрою та по призначенню розрізняють гакові, магнітні, магнітно-грейферні, траверсні, крани з лапами, мульдо-магнітні, мульдо-грейферні, штирьові, копрові, загартувачні, ливарні, посадочні, для роздягання зливків, колодязні, кувальні, контейнерні та інші крани.



Рисунок 1.1 – Класифікація спеціальних кранів

Мостові спеціальні крани: грейферні, магнітно-грейферні, хордові, кільцеві, радіальні, з обертальним візком або траверзою, однобалкові, підвісні використовують в різних галузях промисловості.

Кільцеві крани використовують на атомних станціях, радіальні та хордові – в доменних цехах металургійних виробництв. Широко використовуються однобалкові спеціальні мостові крани з консольним візком,

маса яких на 15-30% менше маси двобалкових кранів. Підвісні багато опорні крани знаходять застосування в авіаційній промисловості.

Металургійні крани, до яких можна віднести також напольно-завальювальні машини, кувальні маніпулятори, вагоноперекидачі застосовують на металургійних заводах. Для обслуговування таких кранів не потрібен стропальник.

Близькими функціонально та нерозривно зв'язаними з мостовими перевантажувачами є вагоноперекидачі, які ефективно виконують основні технологічні операції по розвантажуванню напіввагонів з шихтовими і іншими сипкими матеріалами.

Козлові крани використовують на складах штучних та сипких вантажів, на гідроелектростанціях, в суднобудівних доках та інш. Козлові крани відрізняються від мостових тим, що його міст опирається на кранову колію за допомогою опорних стійок.

Конструкції козлових кранів різноманітніші: козлові, напівкозлові, з консолями, без консолей, з підвісним або опорним візком. По можливості переміщення вони бувають стаціонарними та пересувними.

Крани-штабелювальники застосовують на складах штучних вантажів. Вони бувають мостовими або стелажними.

Мостові перевантажувачі конструктивно аналогічні козловим кранам. Їх використовують в основному на складах сипучих вантажів. Перевантажувачі мають міст великого прогону (часто більше 100 м), який спирається на дві рухомі опори, одна – жорстка, друга – гнучка. Маса крана досягає 1000 т та більше.

До кранів стрілового типу відносять порталні крани, які використовуються в морських та річкових портах для перевантаження мостових штучних та сипких вантажів (судно-склад або вагон, склад-судно), а також на складах, в суднобудуванні і інш. Це повноповоротні стрілові крани, розміщені на порталі, що може пересуватися по поверхні портів.

Стрілові самохідні крани (автомобільні, пневмоколісні, гусеничні, залізнодорожні) застосовують на складах, перевантажувальних пунктах залізних та шосейних доріг, портах, на будівництвах.

Баштовий кран має стрілу, закріплену на вертикальній башті, використовується в будівництві, а також на складах.

Плавучі крани, що мають понтони, використовують для перевантажувальних робіт, монтажу та будівництва в портах, доках, на бурових установках.

2. СПЕЦІАЛЬНІ ВАНТАЖОЗАХОПЛЮЮЧІ ПРИСТРОЇ

2.1 Механічні захоплювачі. Ці захоплювачі для штучних і тарних вантажів поділяються на дві групи: силові і несилові. У силових захоплювачах вантаж, що підлягає підйому, затискується, заклинюється або зтягується під дією сили тяжіння вантажу. За характером впливу на вантаж силові захоплювачі діляться на затискні і фрикційні. Останні поділяються на кліщові і ексцентрикові.

Ексцентрикові можуть бути з гравітаційно-затискним кулачком (рис.2.1, а, I) і важільно-кулачковими (рис.2.1, а, II). Якщо коефіцієнти тертя між деталлю 1, кулачком і щогою 2 однакові і рівні f , то $F_1 = F_2 = Nf$.

З рівняння моментів щодо точки O можна написати

$$Nr\sin\beta - Nfrcos\beta - Nf(rcos\beta + \alpha) = 0, \quad (2.1)$$

тоді необхідний кут

$$tg\beta = 2f + \frac{fa}{rcos\beta}. \quad (2.2)$$

Для схеми (рис. 2.1, а, II), нехтуючи власною масою захоплювача, можна написати

$$Nr\sin\beta + Kl - Nfrcos\beta - Nf(rcos\beta + \alpha) = 0. \quad (2.3)$$

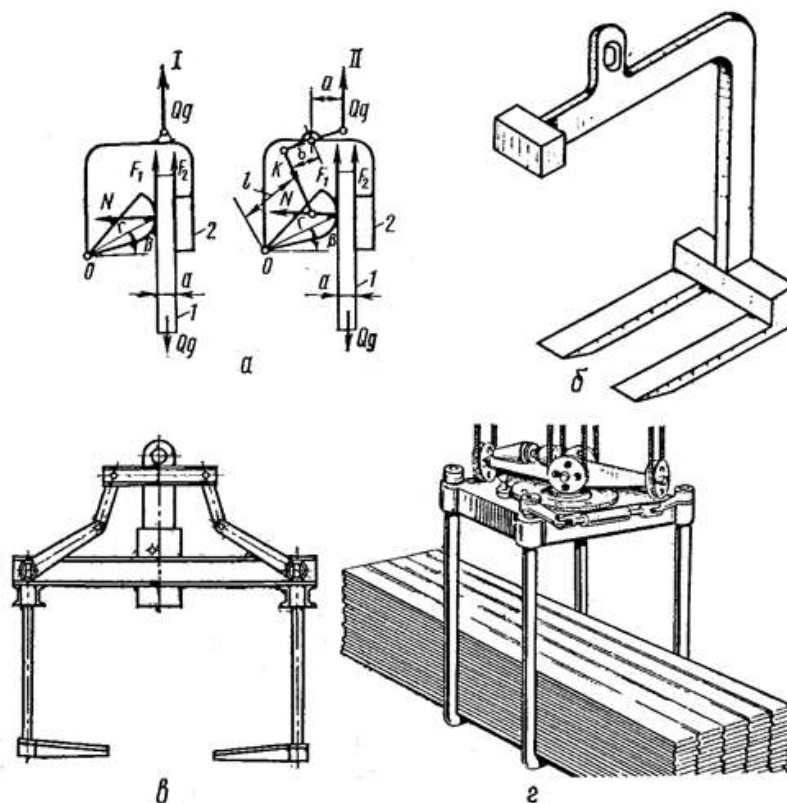
Так як

$$K = Qg \frac{a}{b} = 2Nf \frac{a}{b}, \quad (2.4)$$

відповідно,

$$tg\beta = 2f + \frac{fa}{rcos\beta} \left(1 - \frac{2l}{b}\right). \quad (2.5)$$

У несилових захоплювачах вантаж, який піднімають, вільно лежить на лапах, вилах, підставках і т.д. Несилові механічні захоплювачі можуть бути з односторонніми лапами (рис.2.1, б), двосторонніми поворотними лапами (рис. 2.1, в), з ручним пристроєм для повороту лап або приводним від спеціального механізму повороту (рис. 2.1, г). Лапи можуть повертатися тільки в горизонтальній площині для заходу їх під вантаж або з розворотом в вертикальній площині (рис.2.1, г). Лапи розраховують на міцність на згин, а їх вертикальні штанги - на згин і розтяг.



а - силові ексцентрикові; б, в, г - несилові
Рисунок 2.1 - Механічні захоплювачі

Для механізації вантажопідйомних робіт з пакетами лісоматеріалів розроблено кілька конструкцій механічних вантажозахоплюючих пристроїв рамного типу. За допомогою рамних захоплювачів можна виконувати завантаження в напіввагони пакетів колод по повному габариту ширини вагонів або укладати в транспортні засоби ув'язані пакети. Рамні захоплювачі (підвіски) можуть бути з механічним приводом або ручним.

2.2 Кліщові захоплювачі. Автоматичні кліщові захоплювачі (рис. 2.2) використовуються для безлюдного захоплення штучних або пакетних вантажів переважно великої ваги.

Такими вантажами є, наприклад, пакети прокатної сталі, сляби, крупні зливки. Часто температура вантажу сягає більш 1000°C.

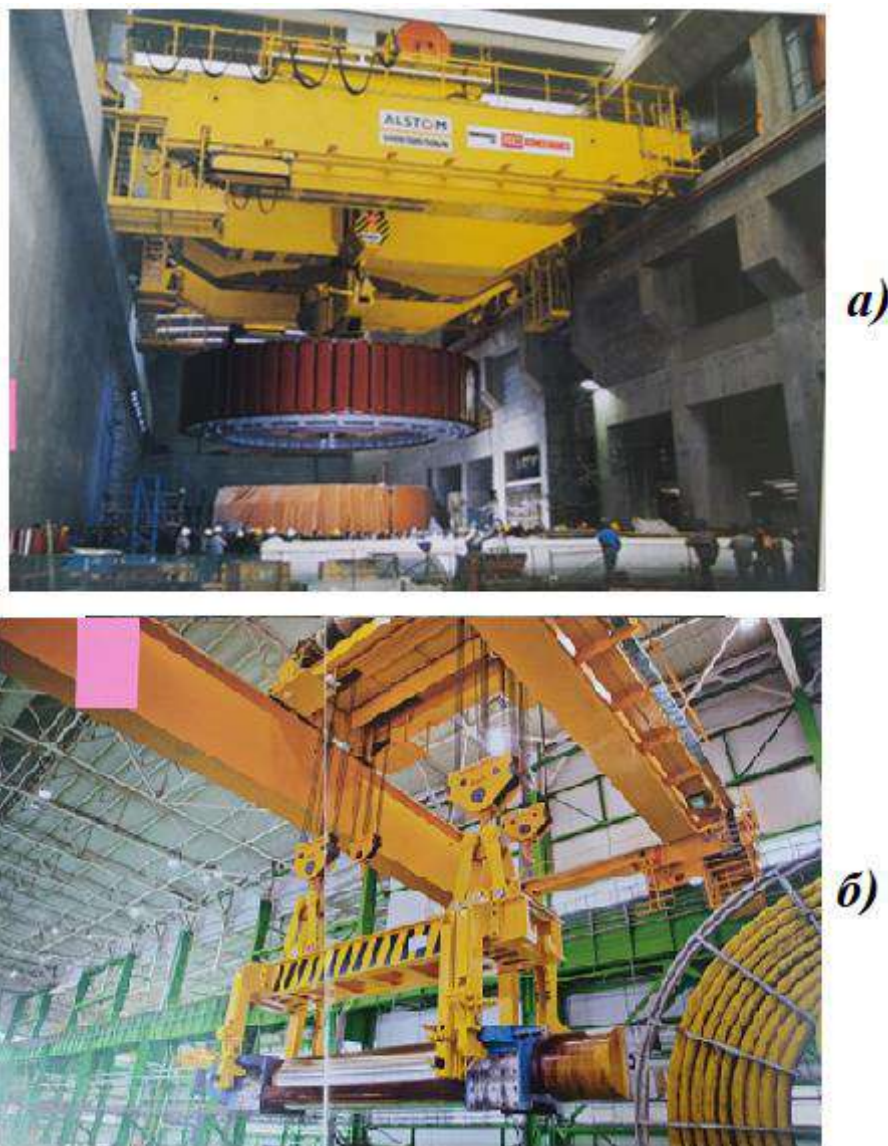


Рисунок 2.2 – Автоматичні кранові кліщі



Рисунок 2.3 – Спеціальний захоплювач для ролонів сталі

Від форми і особливостей вантажу залежить конструкція і складність автоматичних і спеціальних захоплюючих пристроїв (рис. 2.3, 2.4).



а) для підйому ротора турбіни двома мостовими кранами; б) для переміщення прокатних валків

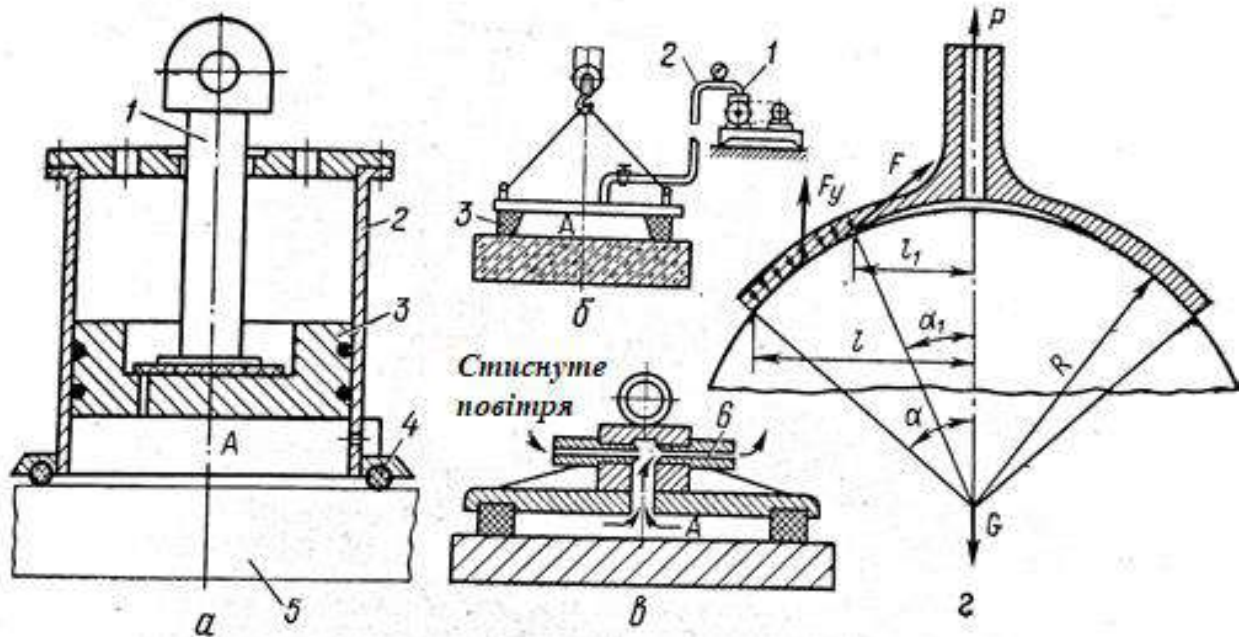
Рисунок 2.4 – Спеціальні захоплювачі

2.3 Вакуумні захоплювачі. На фанерних, меблевих підприємствах, заводах з виробництва плит і пластиків все більше застосування отримують різного роду захоплювачі, що дозволяють піднімати штучні вантажі, використовуючи ефект вакуумування контуру, обмеженого поверхнею робочої порожнини захоплювача і вантажу. Вакуумні захоплювачі особливо успішно працюють на підйомі плоских виробів, в тому числі оброблених антисептиками або бітумами. З'явилися також захоплювачі з відповідною формою присосу для підйому деталей фасонних, в тому числі і круглих. З декількох присосів можна утворити пристрій для підйому великих панелей і плит.

Якщо всередині робочої порожнини А (рис.2.5, а) створити розрідження p_B , а барометричний тиск навколишнього середовища p_0 , то на площині контакту між вантажем і захоплювачем створюється різниця тисків $\Delta p = p_0 - p_B$ і збуджується сила

$$P = F_p \Delta p, \quad (2.6)$$

яка може бути використана, як підйомна сила.



а - безнасосний; б - насосний; в - ежекторний; г - сферичний

Рисунок 2.5 - Вакуумні захоплювачі

У цій формулі F_p - розрахункова площа вакуумної камери, обмежена внутрішнім контуром ущільнювача (манжети) присоса.

Для того щоб звільнити захоплювач від вантажу, порожнину A девакуують.

Сила тягова, визначена за формулою (2.6), в дійсності буде дещо більшою, так як вона виникає також за межею внутрішнього контуру камери - на майданчику, утвореному самим ущільнювачем і вантажем, і залежить від ширини ущільнювача. Залежно від конструкції ущільнювача і ступеня розрідження збільшення тягової сили становить 5-10%.

При визначенні корисної вантажопідйомності вакуумного захоплювача слід враховувати також власну силу ваги деталей захоплювача: циліндра 2, кришки, ущільнювача 4 і інших деталей, пов'язаних з циліндром. Позначимо їх вагу через q . Хоча сила тертя між циліндром і поршнем, а також штоком і кришкою при підйомі вантажу являє собою корисний опір, на величину якого можна підвищити вантажопідйомність захоплювача. Ці сили тертя не слід використовувати, приймаючи їх у запас. Тоді корисна вантажопідйомність вакуумного захоплювача буде

$$Q = \frac{F_p(p_0 - p_v)}{g}. \quad (2.7)$$

При підйомі пористих виробів, наприклад ДСП, слід враховувати зменшення вантажопідйомності вакуумного захоплювача через підсос повітря через товщу піднімаємої плити.

В цьому випадку

$$Q = \frac{F_p(p_0 - p_v - p_{\pi}) - q}{g}, \quad (2.8)$$

де p_{π} - величина втрат тиску через підсос повітря, кН/м^2 (можна прийняти $p_{\pi} \approx 0,1 p_0$, точніше це слід встановити експериментально для даного виду виробів та його щільності).

При підйомі вантажу вакуумним сферичним захоплювачем його вантажопідйомність зростає за рахунок сил тертя (рис.2.5, г):

$$Q_{\text{сф}} = \frac{N + F_y}{g}, \quad (2.9)$$

де $N = S\Delta p$ - зусилля, що створюється розрідженням в порожнині захоплювача, кН .

Тут S - вакуумована площа, м^2 ;

Δp - розрідження в порожнині захоплювача, кН/м^2 .

Тоді вертикальна підйомна сила (сила тертя у вакуумному захоплювачі)

$$F_y = \int_{\alpha_1}^{\alpha} dS_{\kappa} \Delta p f \sin \alpha. \quad (2.10)$$

Додаткове зусилля, що створюється за рахунок сил тертя,

$$dS_{\kappa} = R d\alpha 2\pi R \sin \alpha = 2\pi R^2 \sin \alpha d\alpha. \quad (2.11)$$

Відповідно,

$$F_y = \int_{\alpha_1}^{\alpha} 2\pi R^2 \Delta p f \sin^2 \alpha d\alpha, \quad (2.12)$$

або

$$F_y = 2\pi R^2 \Delta p f \left[\frac{l - l_1}{2R} - \frac{1}{4} \sin^2 \left(\frac{l - l_1}{R} \right) \right]. \quad (2.13)$$

Позначивши величину в квадратних дужках через K , напишемо

$$Q_{\text{сф}} = \frac{\Delta p (S + 2\pi R^2 K f)}{g}. \quad (2.14)$$

Отже, вантажопідйомність захоплювача залежить від його геометричних параметрів.

За способом вакуумування розрізняють три види захоплювачів: безнасосні, насосні і ежекторні (рис.2.5, в). Девакуумування у всіх випадках здійснюється за допомогою клапанів, через які в камеру присоса надходить атмосферне повітря.

Вибір способу вакуумування залежить від виду вантажу, його форми, стану поверхні, бажаного ступеня швидкодії, конструкції базової машини або механізму, на якому змонтовано захоплювач та інш.

При безнасосному способі вакуумування необхідно змінювати об'єм вакуумної камери (порожнини) для створення в ній розрідження.

Зміна об'єму вакуумної камери може бути досягнуто різними методами, наприклад, при переміщенні штоком 1 (рис. 2.5, а) та поршня 3 вгору об'єм камери А збільшується і, якщо площа між вантажем 5 і ущільнюючими деталями 4 камери буде достатньо герметизована, то в камері А створюється розрідження і, отже, виникає здатність підйому таким захоплювачем вантажу.

У безнасосних системах вакуумування підйом штока 1 можливий різними способами: вручну, з механічним, пневматичним або гідравлічним приводом, а також може відбуватися самовакумування під дією піднімаємого вантажу.

При насосному способі вакуумування в конструкцію захоплювача входить, крім камер з ущільнювачем, вакуумний насос, за допомогою якого в камері створюється вакуум. Варіанти виконання насосних вакуумних захоплювачів залежать від способів підтримки необхідного вакууму, в тому числі з використанням для цього ресивера (вакуум-резервуара-акумулятора), типів ущільнюючих пристроїв, розташування насосів на самому захоплювачі або на крановій конструкції, стрілі, порталі та інш.

Розрідження в камері, створюване насосами, становить 150-200 мм.рт.ст.; воно вимірюється вакуумометром або світловим індикатором. Управління насосами і девакуумуванням для розвантаження ведеться за допомогою розподільного пристрою.

Для підтримки вакууму в системі шляхом надходження (компенсації) натікаючого атмосферного повітря служить ресивер, що дозволяє і при вимкненому насосі утримувати піднятий вантаж заданий час. При припиненні подачі електричного струму передбачається автоматичне перемикання на вакуум-резервуар.

2.4 Грейфери

Грейфери - це вантажозахоплюючі пристрої у вигляді рухомих щелеп, що дозволяють механізувати й автоматизувати процес перевантаження всіх видів сипучих вантажів (кам'яного вугілля, руди, піску, гравію, щебню та ін.), а також деяких крупних та одиничних вантажів (металобрухту, круглого лісу, крупних кам'яних брил, газових труб, холодильників автомобілів та ін.).

Для сипких, штучних, кускових вантажів використовують грейфери, які автоматично завантажуються і розвантажуються. Це дозволяє звільнитися людині від важкої ручної праці.

Грейфери бувають:

- радіальної та торцевої дії;
- безнапорної та напорної дії;
- канатні (одно, двох, чотирьох), привідні (електро, гідро, пневмо, електропривідні);
- з інтенсифікуючими та без інтенсифікуючих пристроїв;
- дво, три, чотири, багатощелепні.

У радіальних грейферів щелепи закриваються обертанням відносно вісей закріплених на траверсі. У торцевих – щелепи в основному рухаються паралельно і захоплюють вантаж з торців.

Грейфери напорної дії при зачерпуванні матеріалів вантажів використовують додаткову зовнішню силу. Зазвичай це відбувається на кранах-маніпуляторах. У грейферів безнапорної дії зачерпування відбувається за рахунок сили власної ваги.

Грейфери можуть мати вібратори, магніти та інші пристрої для покращення (інтенсифікації) процесу зачерпування.

2.4.1 Канатні грейфери

Одноканатні грейфери бувають навісними (з'ємними) та зв'язаними з краном постійно (не з'ємними). В приводі використовується однобарабанна лебідка, або звичайний кран широкого вжитку. При цьому не треба підводити живлення до грейфера, що важливо, при прогонах крана 400-700 м (кабель крани).

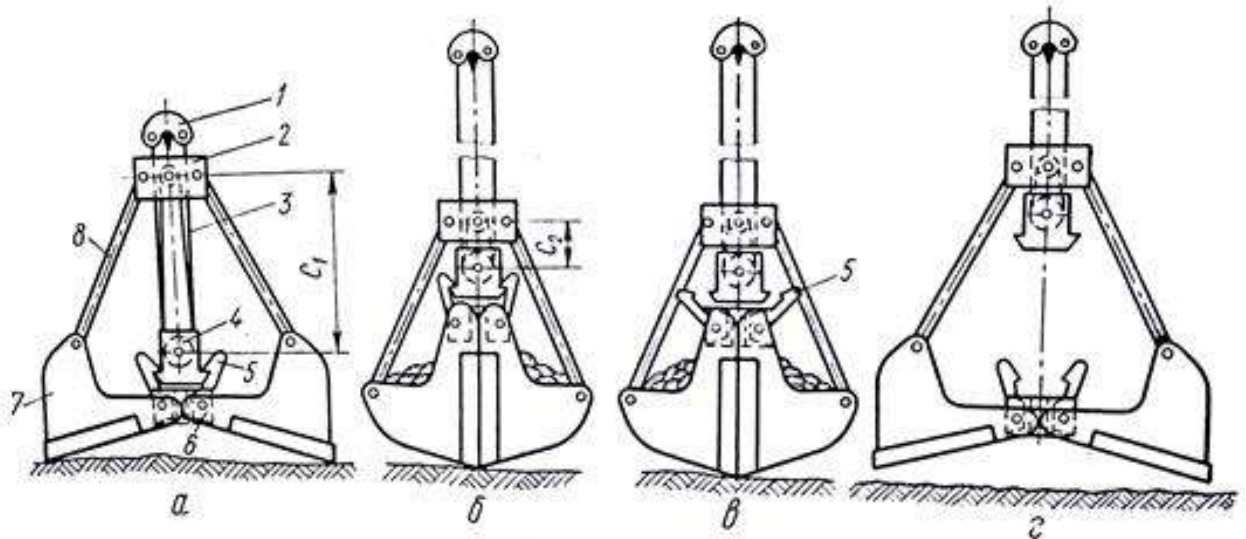
Процеси зачерпування одноканатним грейфером приведено на рис. 2.6, а, б, а процес розвантаження – на рис. 2.6, в, г.

Щоб здійснити зачерпування необхідно грейфер розкритими щелепами кинути на штабель матеріалу. За рахунок механізму підйому крана проміжна траверса 4 опускається та розпускає поліспаст 3. Під дією власної ваги траверса 4 зчеплюється із замком 5 нижньої траверси 6 грейфера. При увімкненні механізму крана на підйом поліспаст 3 стягується, що зближує траверси 4 та 6 з верхньою траверсою 2. Відбувається зачерпування матеріала зі штабелю. Після змикання щелеп грейфер з матеріалом піднімається.

Процес розвантаження грейфера може відбуватися наступними методами:

- відкриття щелеп при упорі в поверхню;
- в піднятому положенні від спеціального пристрою;
- від колокола на визначеній висоті.

Найбільш поширений спосіб розвантаження одноканатного грейфера через опір його в поверхню з ударом. При цьому траверса 4 по інерції опускається, чим відкриває спеціальний позиційний замок 5 і роз'єднується з траверсою 6. За рахунок роботи механізму підйому грейфер розкривається і розвантажується.



а – початок зачерпування: 1 - скоба; 2 - головка грейфера; 3 - стягуючий поліпаст; 4 - проміжна траверса; 5 - запірний пристрій (замок); 6 - траверса нижня; 7 - щелепи; 8 - тяги; б - грейфер з зачерпнутим матеріалом;
 в - від'єднання проміжної траверси при опорі щелеп в поверхню;
 г - спорожнений грейфер

Рисунок 2.6 - Схема роботи одноканатного грейфера

Хід скоби 1 при зачерпуванні одноканатним грейфером дорівнює

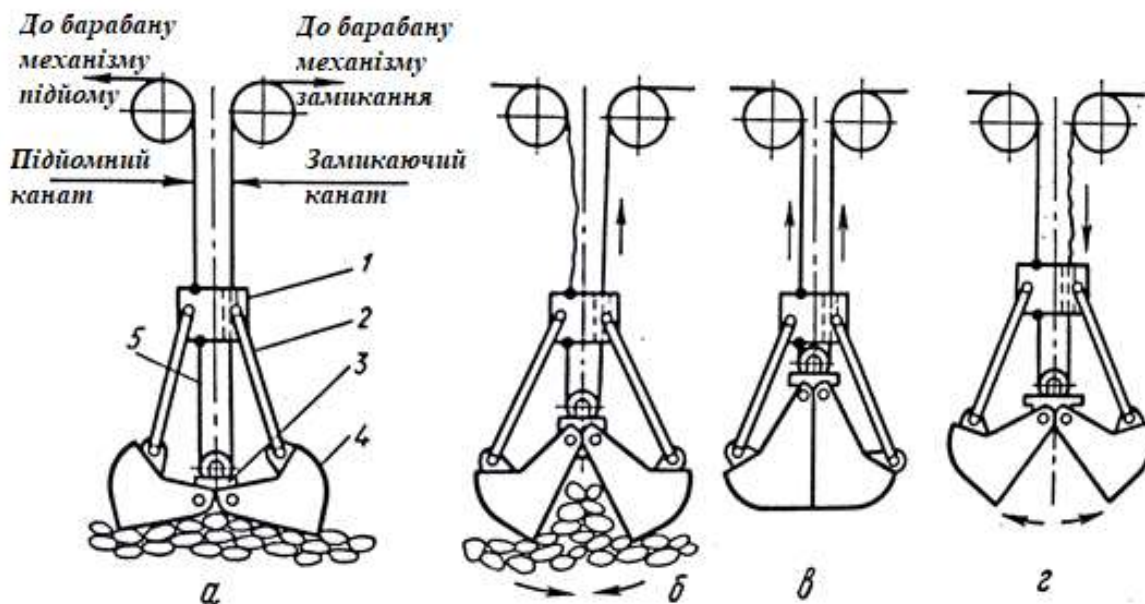
$$l_0 = (c - c_1) \cdot a, \quad (2.15)$$

де a - кратність поліпаста.

Максимальна висота підйому грейфера складає

$$H_1 = H - l_0. \quad (2.16)$$

Схема дво-, чотири канатного грейфера приведена на рис. 2.7



а - розкритий: 1 - голівка; 2 - тяги; 3 - траверса; 4 - щелепа; 5 - замикаючий поліспасть; б - змикання щелеп (зачерпування); в - підйом завантаженого грейфера; г - розмикання щелеп (розвантаження)

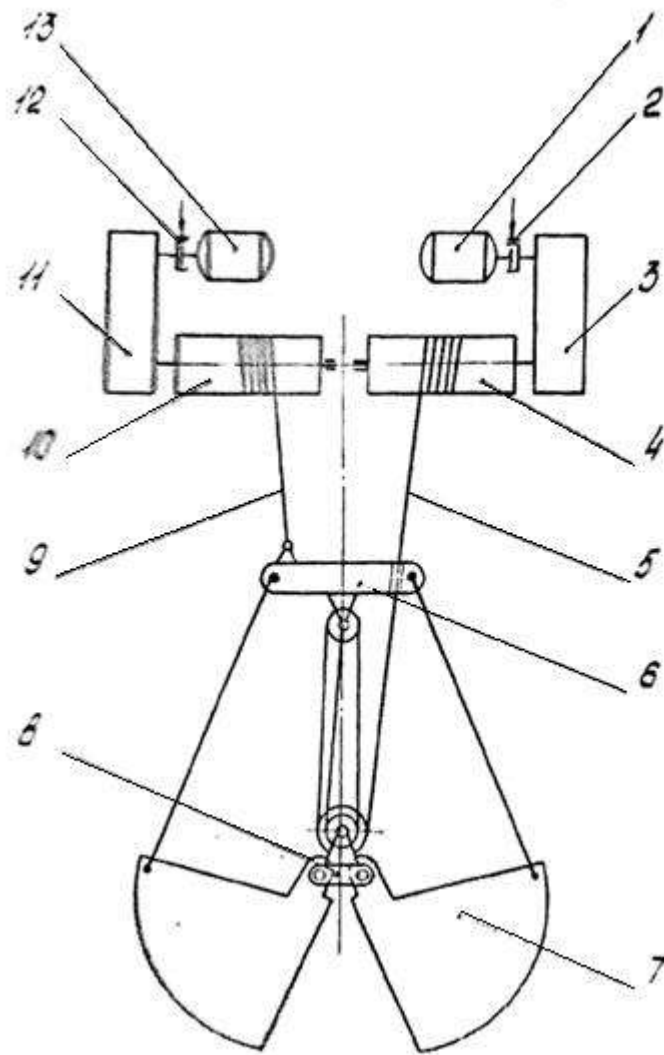
Рисунок 2.7 - Схема роботи двоканатного грейфера

Двоканатні та багатоканатні грейфери вимагають наявності двох механізмів підйому – лебідок. Одна лебідка – підйомна, друга – замикаюча.

Зачерпування двоканатним грейфером відбувається наступним чином. Відкритий грейфер кидають на штабель матеріалу, в результаті чого щелепи початково занурюються в матеріал. Підйомний канат послабляють, замикаючий - витягують лебідкою. За рахунок стягування поліспасти 5 щелепи 4 закриваються, в результаті чого відбувається зачерпування. В кінцевій фазі зачерпування підключається підйомна лебідка. В результаті сумісної роботи лебідок грейфер із матеріалом підіймається.

Розвантаження двоканатного грейфера відбувається за рахунок роботи замикаючого механізму на спуск. При цьому підйомний механізм загальмований. Грейфер звисає на підйомному канаті і розкривається. Розвантаження може бути здійснено в будь-якому місці і на різній висоті.

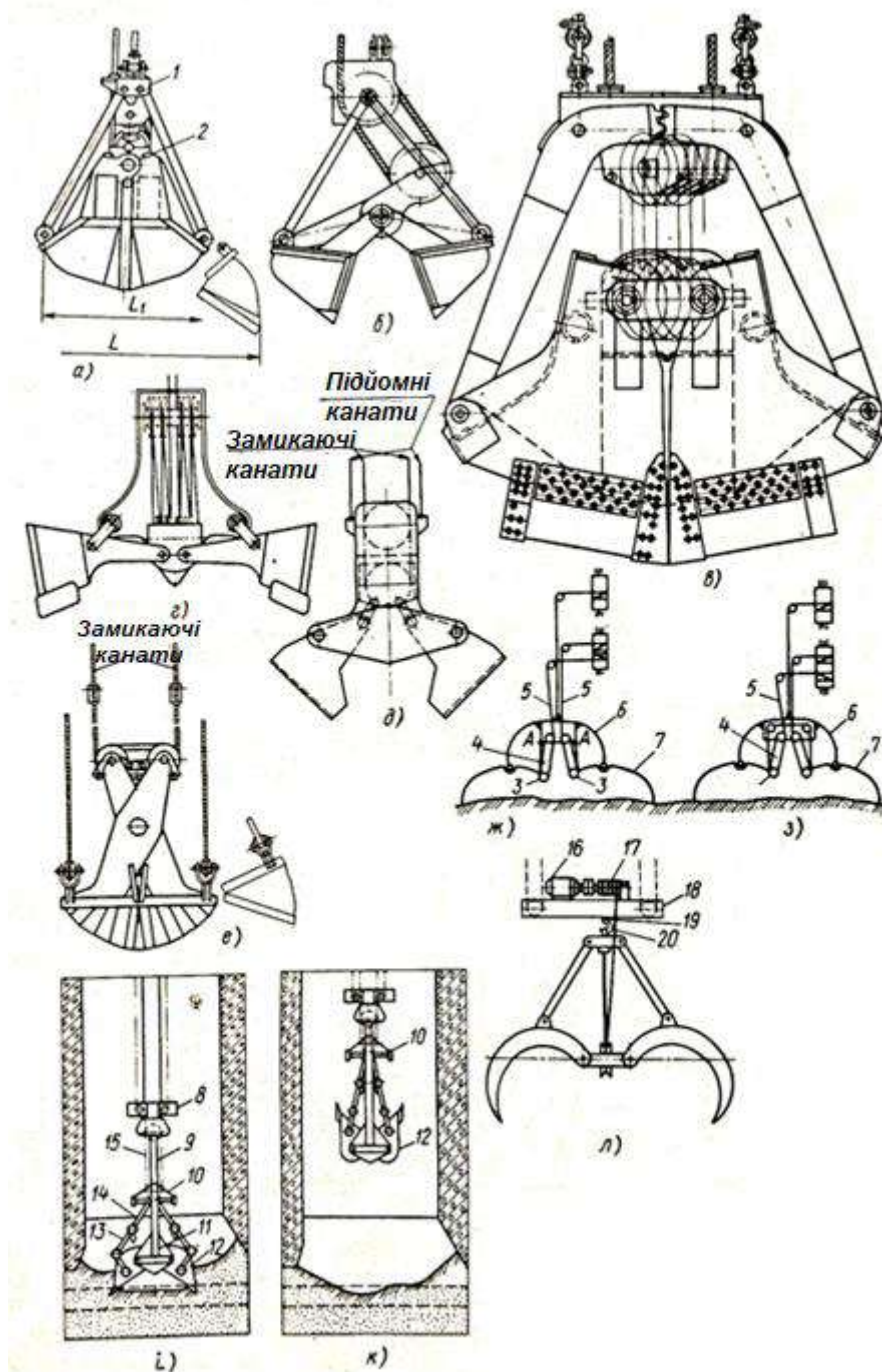
Конструкція двоканатного грейфера приведена на рис. 2.8.



- 1 – електродвигун замикаючої лебідки; 2 – гальмо замикаючої лебідки;
 3 – редуктор замикаючої лебідки; 4 – барабан замикаючої лебідки;
 5 – замикаючий канат; 6 – верхня траверса грейфера; 7 – щелепа грейфера;
 8 – нижня траверса грейфера; 9 – підтримуючий канат; 10 – барабан підйомної лебідки; 11 – редуктор підйомної лебідки; 12 – гальмо підйомної лебідки;
 13 – електродвигун підйомної лебідки

Рисунок 2.8 – Двоканатний грейфер з двома лебідками (двомоторний)

Різні конструкції та за призначенням сучасні двоканатні, три та чотириканатні грейфери приведені на рис. 2.9



а, в - симетричні; б - несиметричний; г, д - коротколанкові;
 е - чотиріканатний кліщового типу з канатними тягами;
 ж, з - триканатні бестраверсні; і, к - працюючі за схемою "від себе";
 л - двоканатний з жорстким підвісом до траверси крана
 Рисунок 2.9 - Дво-, три і чотиріканатні двощелепні грейфери

Грейфери, що працюють за схемою "на себе", поділяють на траверсні і бестраверсні. Траверсні грейфери можуть бути виконані довго- і коротколанковими. Довголанкові мають тяги, що з'єднують головку 1 і траверсу 2 (рис.2.9, а). У коротколанкових щелепи приєднані до рамної конструкції (рис.2.9, г, д). Головка грейфера з верхніми блоками поліспасти змонтована у

верхній частині рами. Щелепи прикріплюють до траверси з поліспастром безпосередньо (рис.2.9, г) або за допомогою ланок (рис.2.9, д). Довголанкові поліспасти симетричні грейфери знаходять найбільш широке застосування. Їхня основна перевага - простота виготовлення і можливість отримання полегшених конструкцій.

В довголанковому несиметричному грейфері блоки на траверсі винесені на консоль (рис.2.9, б). Однак, таке розташування блоків не дає помітного підвищення зачерпуючої здатності грейфера. Крім того, технологічні труднощі при складанні цих грейферів, а також необхідність захисту блоків, розташованих на консолі, від забруднення при ударі останнього об матеріал обмежують область їх застосування.

Коротколанкові поліспасти грейфери (рис.2.9, г, д) можна віднести до застарілих конструкцій грейферів, так як наявність важких рам з жорсткими направляючими для блоків поліспасти збільшує їх масу на 20-25% в порівнянні з довголанковими грейферами з вільною підвіскою блоків поліспасти. За характером траєкторії руху щелеп в матеріалі вони близькі до підгортаючим грейферам. Застосування їх виправдано для зачерпування крупнокускових важких матеріалів, так як глибоке занурення щелеп в цей матеріал ускладнено.

В останні роки отримали застосування дво- і чотири канатні грейфери кліщового типу, перші конструкції яких з'явилися в 50-і роки. Вони можуть бути виконані зі стягуючими (рис. 2.9, е) горизонтальним, вертикальним і похилим поліспасти. Особливістю щелепних грейферів є те, що в них можуть бути відсутні тяги або вони мають канатні тяги, використовувані тільки для розкриття щелеп. Кліщові грейфери за характером зачерпування матеріалу можна віднести до підгортаючих. Грейфери з горизонтальними стягуючими поліспасти можуть мати один центральний шарнір, а з вертикальним поліспастром - два шарніра, розташованих на деякій відстані один щодо одного.

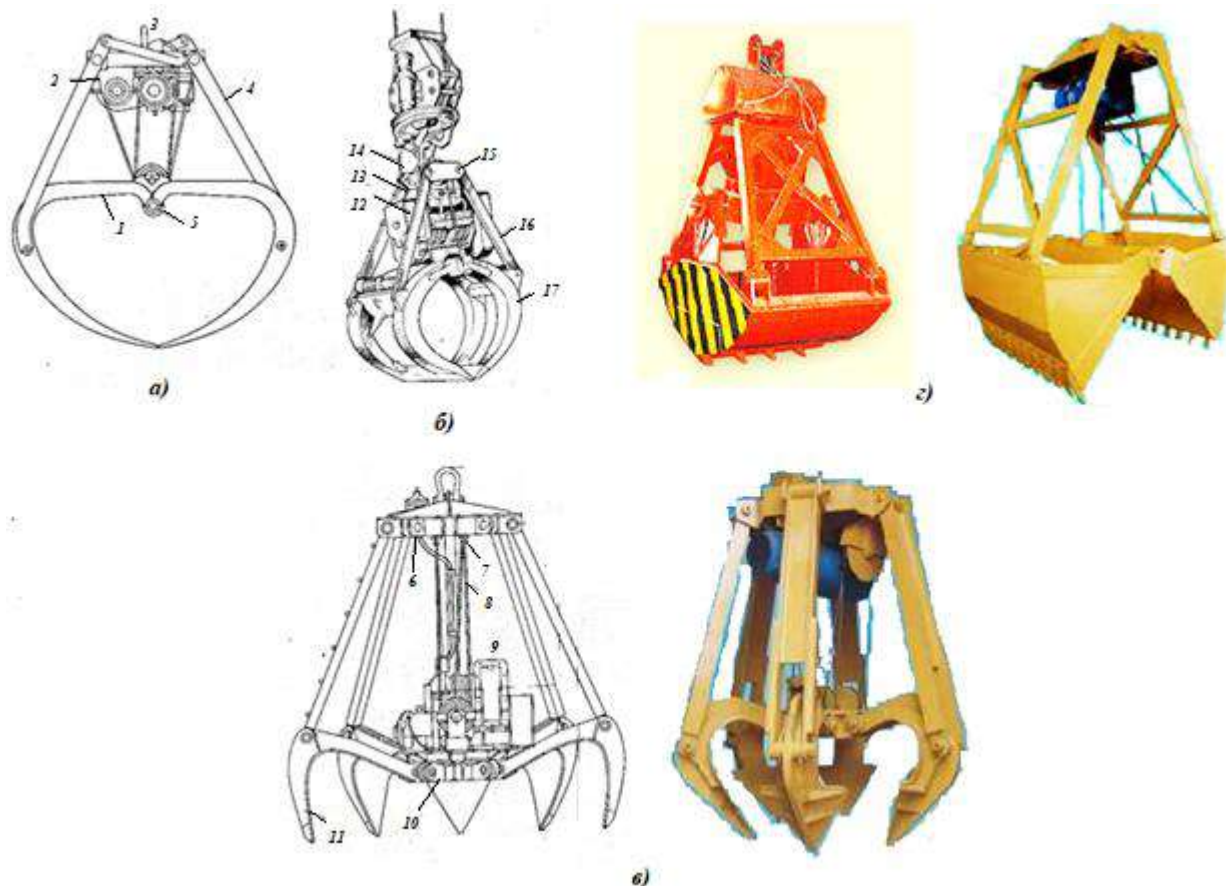
Схема бестраверсного триканатного грейфера з залежним рухом щелеп показана на рис. 2.9, ж, а з незалежним – на рис. 2.9, з. Щелепи 7 в бестраверсному грейфері прикріплені до рами 6. На внутрішній консолі щелеп закріплені блоки 3, що входять до здвоєного стягуючого поліспасти 4. Цей грейфер може бути виконаний з одним канатом 5 (рис.2.9, з) і двома канатами (рис.2.9, ж), прикріпленими в точках А.

Двоканатний поліспасти грейфер, що працює за схемою "від себе" (рис.2.9, і), призначений для виймання ґрунту з вузьких колодязів. Він має голівку 8, рухливу траверсу 10, напрямну 9, яка зв'язує голівку 8 з нижньою траверсою 11 і щелепами 12. Щелепи з'єднані з рухомою траверсою 10 триважильною тягою 14.

Натискні деталі 13, закріплені на середньої тязі 14, торкаються опорною поверхнею дна щелеп. При стягуванні замикаючого поліспасти 15 рухлива траверса 10 переміщується по напрямній 9 вгору, передаючи зусилля через тяги 14 для розкриття щелеп 12. Останні спочатку переміщуються від центру до периферії, а потім при подальшому підйомі траверси 10 і розпрямленні тяг повертаються і зачерпують матеріал.

2.4.2 Моторні (привідні) грейфери

Привідні, талеві (лебідкові), моторні грейфери приведені на рис. 2.10



а - з верхнім розташуванням лебідки; б - з нижнім розташуванням талі;
в – багатощелепні з верхнім та нижнім розташуванням лебідки; г – талеві
грейфери для сипких матеріалів; 1, 11, 17 - щелепи; 2, 9 - лебідки;
3, 15 - головки; 4, 13, 16 - тяги; 5, 10 - траверси; 6 - електроклеми;
7 - обмежувач натягу; 8 - поліспаст; 12 - таль; 14 - кабель

Рисунок 2.10 - Лебідкові (талеві) грейфери

Привідні грейфери навішуються на гак крана і зв'язуються живильним кабелем, по якому тече електроенергія до приводу замикання щелеп, змонтованому на грейфері. Якщо на грейфері змонтовано тільки виконавчий пристрій (гідроциліндр, пневмоциліндр), конструкція його спрощується, але потрібно підведення до приводу рідини або повітря, що не завжди можливо.

Схема привідного грейфера з електролебідкою приведена на рис.2.10, г. Такий грейфер працює аналогічно двоканатному. Відкриття та закриття щелеп виконується канатом (поліспастом), сполученим зі щелепами і барабаном лебідки.

Поширена конструкція електромеханічного моторного грейфера (рис.2.11) являє собою звичайний канатний грейфер, механізмом закривання

щелеп (силовим блоком) якого служить звичайна електроталя. Тяговими органами для щелеп, є канат поліспасти, блоки якого укріплені на нижній та верхній траверсах.

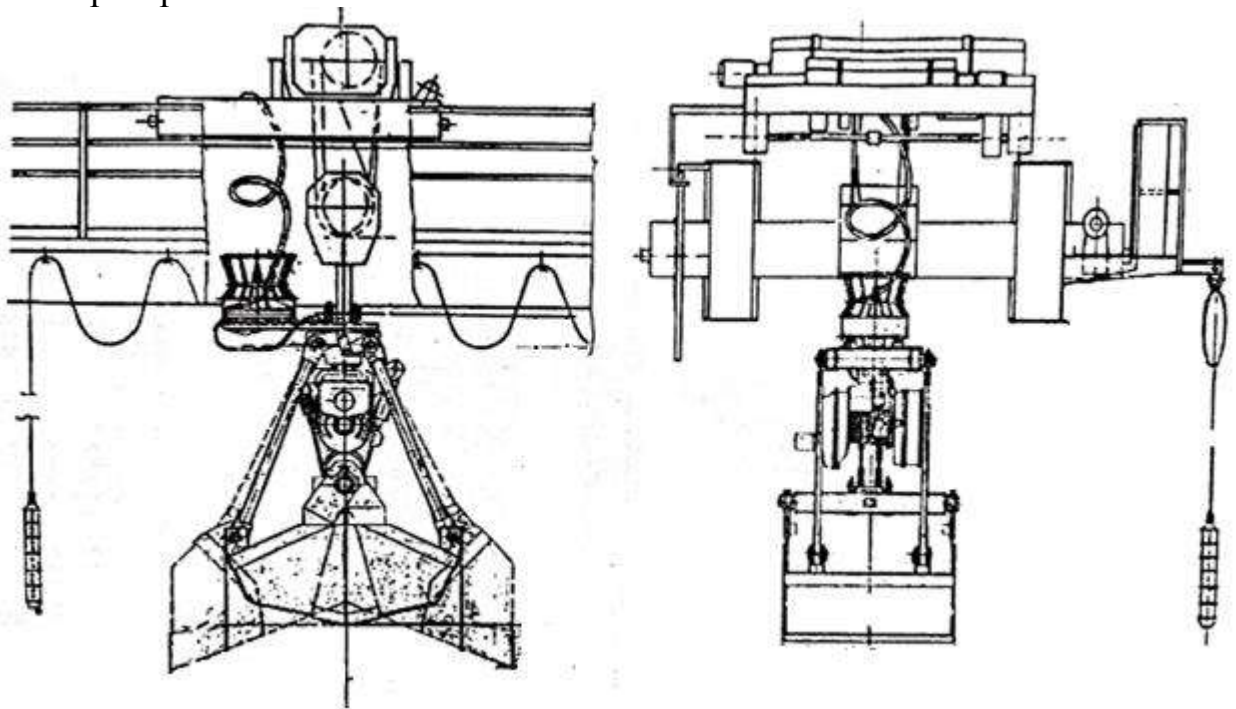


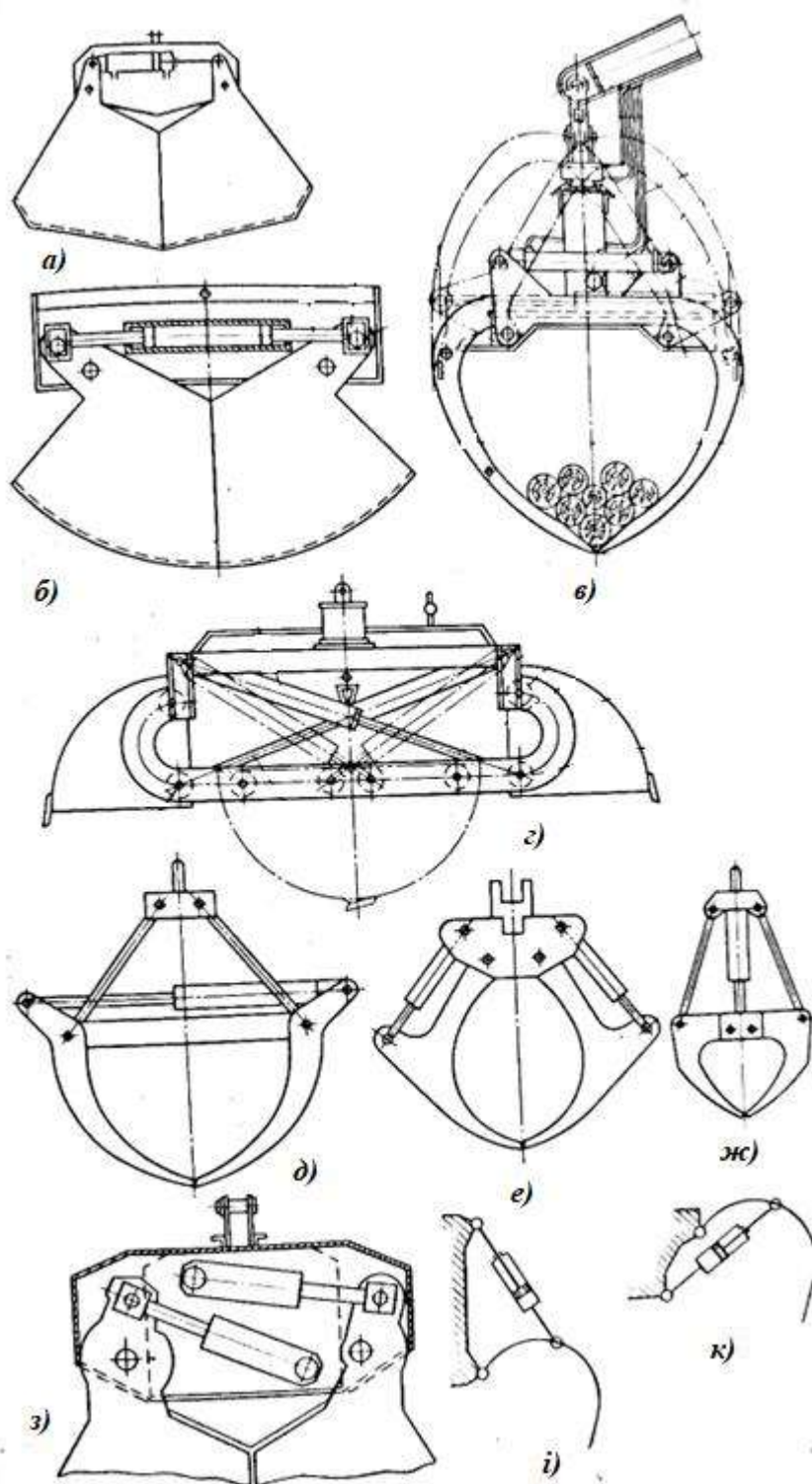
Рисунок 2.11 - Електромеханічний моторний грейфер

Електродвигун в моторних грейферах живиться через гнучкий кабель, який опускається і піднімається одночасно з гаком, на якому підвішений грейфер. Кабель, що йде від вантажного візка крана або подається до грейфера за допомогою пружинного або приводного кабельного барабана, або (при відносно невеликих висотах підйому) просто укладається кільцями в кабелескладальний кошик, закріплений поруч з грейфером (рис. 2.11).

Причиною переважного застосування саме цих механізмів у вітчизняній практиці є простота їх конструкцій і відносна дешевизна, а також можливість повної уніфікації канатного грейфера і його електромоторного виконання. Однак, можливості широкого використання моторних грейферів такого типу обмежені типорозмірним рядом (в основному двощелепних грейферів), так і вантажопідйомністю (в грейферах ємністю $1,6 \text{ м}^3$ використовується 5-тонна електроталя).

2.4.3 Гідромоторні грейфери

Гідромоторні грейфери різних конструктивних схем приведені на рис. 2.12.



а, в - з одноштоковим гідроциліндром; б - з двоштоковим гідроциліндром; г, з - з двома похилими гідроциліндрами; д, ж - з горизонтальним і вертикальним гідроциліндрами; і, к - з гідроциліндрами в якості тяг; е - з похилими тягами-гідроциліндрами

Рисунок 2.12 - Гідропривідні грейфери

У зарубіжній практиці (рис. 2.13) використовуються переважно електрогідравлічні моторні грейфери різноманітного призначення і в самих різних виконаннях (ємністю від 0,32 до 45 м³).



Рисунок 2.13 – Гідромоторні двощелепні та багатощелепні грейфери різного призначення

Існує окремий клас багатощелепних грейферів з індивідуальним приводом кожної щелепи. Привід (рис. 2.14) кожної щелепи здійснюється від гідроциліндра.

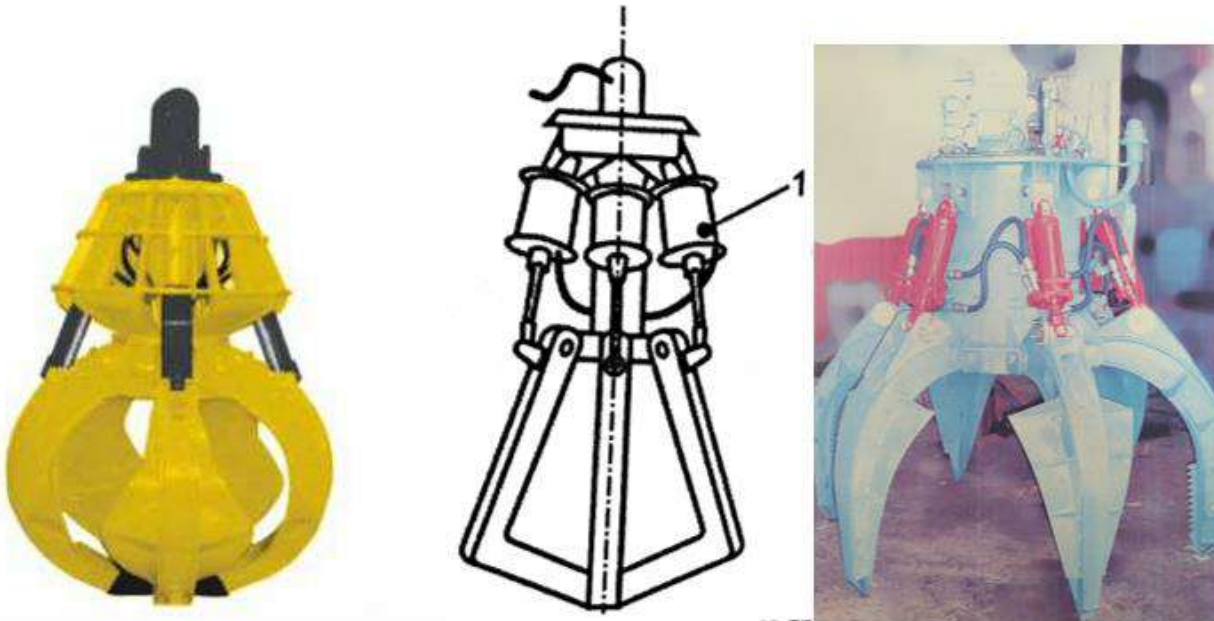


Рисунок 2.14 - Схема і загальний вигляд багатощелепного грейфера з індивідуальними гідро-приводами кожної щелепи

При завантаженні транспортних засобів металобрухтом, металевою стружкою або скрапом за допомогою грейфера або вантажопідіймального електромагніту важливо контролювати масу завантажуючого металу, оскільки заповнення залізничних вагонів до максимально допустимої норми дозволяє значно заощадити на провізній платні, провести точний облік матеріалу, що відпускається і т.д.

Спеціально для цієї мети створено серію індикаторів маси. Індикатори призначені для перевірки маси піднімаемого вантажу електромагнітом або моторним грейфером. Максимальна маса вантажу - 6,3-25,0 т, дискретність індикації - 1 кг. У приладах передбачена також функція підсумовування маси всіх вантажів при навантаженні-розвантаженні. Комплект індикатора маси складається з датчика-підвіски ДП (рис. 2.15) і блоку керування електромагнітом та перетворювачем напруги, розміщеного в кабіні крана, на якому індидується маса піднімаемого вантажу. Перетворювач напруги розрахований на роботу з електромагнітами будь-яких типів - від М22 до М62 і ДПМ-200, а також з моторним або гідравлічним грейферами.

Особливість запропонованого технічного рішення полягає в тому, що зв'язок між індикатором маси та перетворювачем напруги здійснюється по силовому кабелю і не вимагає додаткового ланцюга.

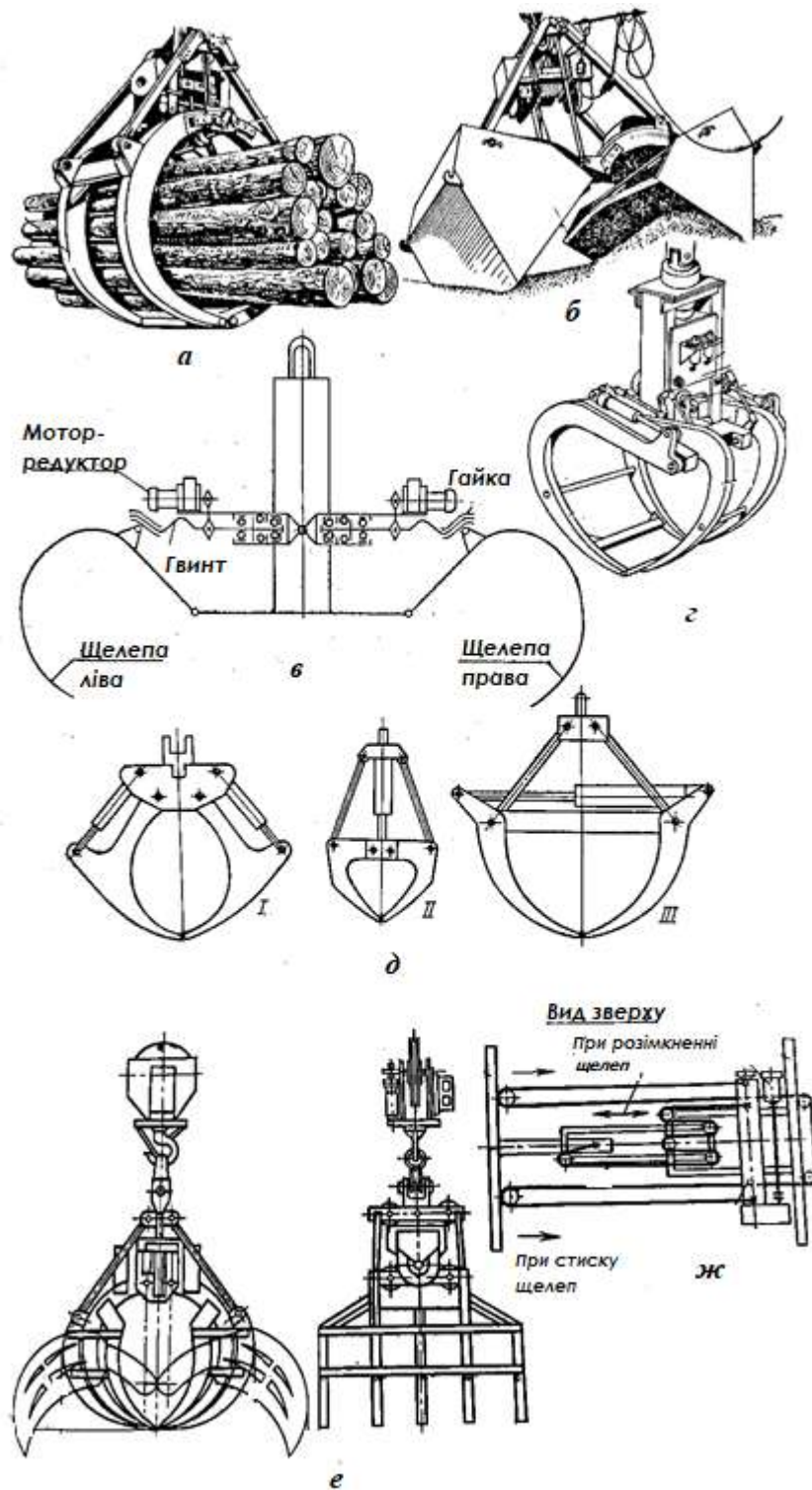


Рисунок 2.15 – Датчик-підвіска для виміру маси вантажу ДП-8

Для роботи з крупно кусковими вантажами (рудою, камінням, скрапом) широко застосовують різні грейфери, клиновидні щелепи яких легко проходять між окремими шматками вантажу, що забезпечує гарне заповнення грейфера (рис. 2.13).

2.4.4 Грейфери для лісової промисловості

Особливу групу привідних грейферів складають грейфери для лісової промисловості. Ці грейфери мають різні модифікації. Найбільш сучасними є три типи: електромеханічний (рис. 2.16, а, б, в), електрогідравлічний (рис. 2.16, г) і гідравлічний (рис. 2.16, д).



а - талевий для колод; б - талевий для тріски; в - гвинтовий;
 г - електрогідравлічний; д - гідравлічні захоплювачі для колод і хлестів;
 е - для коротко мірної деревини; ж - торцевий грейфер
 Рисунок 2.16 - Привідні грейфери для обробки лісових вантажів

2.4.5 Розрахунок грейферів

Графоаналітичний метод

Визначення зачерпуючої здатності грейфера. Згідно ГОСТ 24599 власна маса грейфера складає

$$m_{гр} = k \cdot Q, \quad (2.17)$$

де Q - номінальна вантажопідйомність крана (включаючи масу вантажу і грейфера), т;

k - коефіцієнт, який приймають в залежності від властивостей зачерпуємого матеріалу і деяких додаткових умов, $k = 0,375 \dots 0,6$ (менші значення приймаються для матеріалів, що легко зачерпуються, великі – для матеріалів, що важко зачерпуються (табл.2.1)).

Маса зачерпнутого матеріалу не повинна бути більше граничного значення $\bar{m}_в = k_m Q$ (тут $k_m = 1 - k$) і не менше $(0,63-0,8) \bar{m}_в$ (числовий коефіцієнт приймають в залежності від властивостей матеріалу; менші значення – для важко зачерпуємих матеріалів).

Таблиця 2.1 - Характеристики сиплих матеріалів (ГОСТ 24599)

| Матеріал | k , не більше | ρ , кг/м ³ | q_0 , кг/м | k_v , не більше |
|-------------------------|-----------------|----------------------------|--------------|-------------------|
| Пісок сухий важкий | 0,375 | 1600-1800 | 100 | 1,15 |
| Свинцевий концентрат | | 3800-4000 | 300 | 1,15 |
| Антрацит | 0,400 | 1040-1120 | 46 | 1,30 |
| Залізорудний концентрат | | 2200-2750 | 200 | 1,30 |
| Вугілля | 0,425 | 850-950 | 62 | 1,22 |
| Гіпс кусковий | | 1430-1600 | 400 | 1,15 |
| Глинозем | 0,450 | 900-1060 | 50 | 0,90 |
| Зерно пшениці | | 700-800 | 35 | 1,15 |
| Апатит порошкоподібний | 0,500 | 400-600 | 60 | 1,15 |
| Кокс кам'яновугільний | | 450-500 | 60 | 1,22 |

Примітка. Значення ρ , q_0 , k_v вказані для свіжонасипних вантажів;
 ρ – насипна щільність, кг/м³.

На стадії проектування фактичну зачерпуючу здатність $m_в$ перевіряють розрахунком при прийнятих геометричних параметрах грейфера. Рекомендується використовувати наступну залежність

$$m_в = \rho B L y_{ср}, \quad (2.18)$$

де ρ – насипна щільність матеріалу, кг/м³;
 B – ширина щелеп, м;

L – відстань між ріжучими крайками обох щелеп в положенні найбільшого розкриття, м;

$y_{\text{ср}}$ – середнє заглиблення грейфера при зачерпуванні, м;

$$y_{\text{ср}} = h_0 \left(1 - \frac{0,4L}{L_3}\right) l_n \frac{m_{\text{гр}}}{2Bq_0} \psi, \quad (2.19)$$

де $h_0 = 0,3$ м – розрахункова константа (модуль глибини);

L_3 – довжина замикаючого каната, що витягується з грейфера в процесі зачерпування, м;

$m_{\text{гр}}$ – маса грейфера, кг;

$2Bq_0$ – умовна маса грейфера, необхідна для занурення його в матеріал, кг;

q_0 – характеристика податливості вантажу зануренню грейфера (табл.2.1), кг/м;

$\psi = 0,6 + 0,8B/L$ – коефіцієнт, що приводить формулу у відповідність з даними експерименту.

Підставивши значення $y_{\text{ср}}$ у вихідну залежність для зачерпуючої здатності $m_{\text{в}}$, отримуємо наступну формулу

$$m_{\text{в}} = \rho BLh_0 \left(1 - \frac{0,4L}{L_3}\right) \left(0,6 + 0,8\frac{B}{L}\right) l_n \frac{m_{\text{гр}}}{2Bq_0}. \quad (2.20)$$

Зі сказаного видно, що розрахунок зачерпуючої здатності $m_{\text{г}}$ грейфера є перевірним розрахунком. Для визначення $m_{\text{в}}$ необхідно знати значення розкриття щелеп L , ширини B , а також довжини L_3 вибраного при закритті грейфера відрізка замикаючого каната. Для знаходження L_3 потрібно мати кратність k поліспасти замикання і геометрія грейфера. Знаючи ці величини, можна визначити переміщення траверс грейфера при переведенні його з розкритого положення в закрите (рис.2.6):

$$L_3 = (C_1 - C_2)k; \quad (2.21)$$

де C_1 і C_2 – відстані між траверсами по вертикалі, м.

Для попередніх розрахунків геометричні розміри грейфера визначають за аналогією з існуючими конструкціями. Можна приймати розмах щелеп $L = (2,2 \dots 2,6) \sqrt[3]{V_3}$ (менші значення для більш легких матеріалів).

У практиці застосовують такі значення довжин ланок грейфера в залежності від розмаху щелеп L , які можна вважати вихідними даними при розрахунку або обмеженнями при оптимальному проектуванні: ширина щелеп – $B = (0,45 \dots 0,55)L$, довжина тяг – $l_3 = (0,55 \dots 0,7)L$, початковий кут установки щелеп – $\delta = 10 \dots 12^\circ$, координати шарніра, що з'єднує тягу і щелепу, щодо положення ріжучої крайки при невеликому розкритті – $l_1 = 0,4L$,

$l_2 = (0,15 \dots 0,25)L$ відстань від осі симетрії грейфера до шарніра, що з'єднує тягу і верхню траверсу – $e_1 = (0,05 \dots 0,06)L$, відстань від осі симетрії до шарніра, що з'єднує щелепу і нижню траверсу, – $e_2 = (0 \dots 0,05)L$.

Значення кратності (повного числа гілок) поліспада замикання рекомендується приймати $k = 3 \dots 4$ при насипній щільності матеріалу $\rho = 800 \dots 1200 \text{ кг/м}^3$, $k = 4 \dots 5$ при $\rho = 1200 \dots 2000 \text{ кг/м}^3$, $k = 5 \dots 6$ при $\rho = 2000 \dots 3200 \text{ кг/м}^3$.

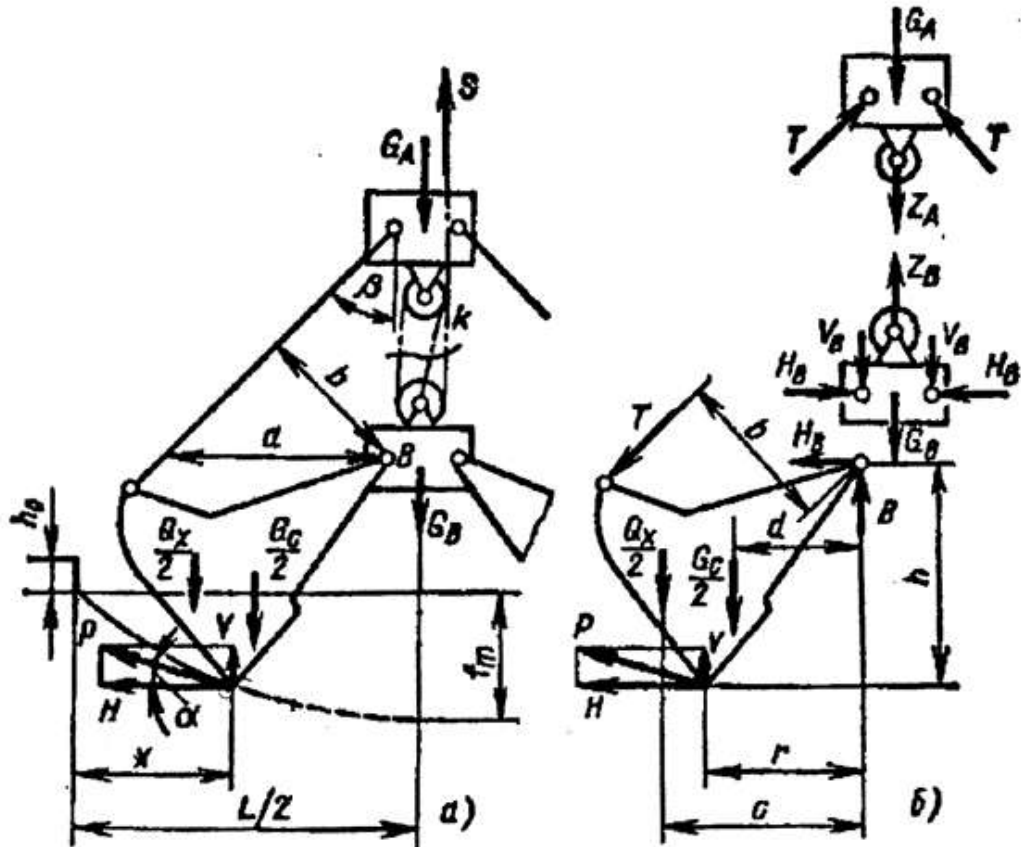


Рисунок 2.17 - Схеми до силового розрахунку грейфера (графоаналітичного)

Якщо розрахунок покаже, що при прийнятих параметрах грейфер не забезпечує необхідної зачерпуючої здатності m_r , параметри слід відкоригувати і повторити розрахунок.

При розрахунку грейфера повинні бути визначені зусилля на його ріжучих крайках і зусилля в шарнірах і замикаючому канаті для будь-якої фази зачерпування. Зусилля на ріжучих крайках грейфера має бути достатнім для подолання опорів при зачерпуванні.

Залежно від прийнятих припущень розроблено деякі методики розрахунку грейфера. Розглянемо графоаналітичний розрахунок грейфера. На рис. 2.17, а показано двоканатний грейфер в проміжному положенні при зачерпуванні, яке визначається відстанню $0 \leq x \leq 0,5L$ ріжучої крайки від початкового положення повного розкриття. На грейфер діють ваги верхньої G_A і нижньої G_B траверси, щелеп – G_C і зачерпнутого матеріалу – Q_x (ваги G_C і Q_x

вважаємо рівномірно діючими на щелепи). Реакції матеріалу P вважаємо спрямованими по дотичним до кривої зачерпування і мають вертикальні V і горизонтальні H складові. З рівняння рівноваги грейфера вертикальна складова

$$V = 0,5(G_{\text{гр}} + Q_x - S), \quad (2.22)$$

де $G_{\text{гр}} = G_A + G_B + G_C$ – вага грейфера, т.

Знайдемо залежність між цими складовими і зусиллям S в замикаючих канатах, для чого розглянемо рівновагу щелепи і траверс (рис.2.17, б). Зусилля поліспасти кратністю k , прикладені до траверс, складають $Z_B = Sk\eta$, $Z_A = S(k\eta - 1)$ (тут η – ККД поліспасти). З рівняння рівноваги верхньої траверси $2T\cos\beta - Z_A - G_A = 0$ знайдемо зусилля в тязі

$$T = \frac{G_A + S(k\eta - 1)}{2\cos\beta} = 0,5[G_A + S(k\eta - 1)] a/b. \quad (2.23)$$

Горизонтальну складову H зусилля зачерпування P отримаємо з рівняння рівноваги щелепи $\sum M(B) = 0$

$$H = (0,5G_C d + 0,5Q_x c - V_r + T b)/h. \quad (2.24)$$

Підставивши значення V і T , отримаємо після перетворень

$$\begin{aligned} H &= 0,5S \left[\frac{(k\eta - 1)a}{h} + \frac{r}{h} \right] + 0,5G \left(\frac{G_C d}{G_{\text{гр}} h} - \frac{r}{h} + \frac{G_A a}{G_{\text{гр}} h} \right) + 0,5Q_x \left(\frac{c}{h} - \frac{r}{h} \right) = \\ &= 0,5(\psi_1 S + \psi_2 G_{\text{гр}} + \psi_3 Q_x), \end{aligned} \quad (2.25)$$

$$\text{де } \psi_1 = \frac{(k\eta - 1)a}{h} + \frac{r}{h}; \quad \psi_2 = \frac{G_C d}{G_{\text{гр}} h} - \frac{r}{h} + \frac{G_A a}{G_{\text{гр}} h}; \quad \psi_3 = \frac{c}{h} - \frac{r}{h}.$$

Кут α нахилу дотичної до кривої зачерпування складає

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{V}{H} = \frac{G_{\tilde{a}\delta} + Q_x - S}{\psi_1 S + \psi_2 G_{\tilde{a}\delta} + \psi_3 Q_x}. \quad (2.26)$$

Звідси поточне зусилля S в замикаючих канатах дорівнює

$$S = \frac{G_{\tilde{a}\delta}(1 - \psi_2 \operatorname{tg}\alpha) + Q_x(1 - \psi_3 \operatorname{tg}\alpha)}{1 + \psi_1 \operatorname{tg}\alpha}. \quad (2.27)$$

Наведені залежності справедливі для одноканатного грейфера, оскільки в них не входить зусилля в підтримуючих канатах. Для грейфера з приводом – $Z_A = Z_B = Sk\eta$, а $V = 0,5(G_{\text{гр}} + Q_x)$; $\psi_1 = k\eta a/h$; в кінці зачерпування – $V = G_{\text{гр}} + Q \neq 0$.

У вираз для зусилля S в канатах входять кут α й поточне значення ваги Q_x зачерпнутого матеріалу, які залежать від кривої зачерпування. Форма кривої зачерпування визначається великим числом факторів і не є незмінною в різних циклах роботи грейфера. Серед цих чинників слід назвати конструктивні параметри грейфера, механічні властивості зачерпуємого матеріалу і спосіб керування зачерпуванням.

До конструктивних параметрів грейфера, що впливає на криву зачерпування, відносяться співвідношення довжини і маси ланок грейфера, тип і кратність замикаючого поліспасти, форма і розмах щелеп. Маса грейфера повинна бути раціонально розподілена за основними елементами. Вагу нижньої траверси G_B слід по можливості зменшувати, так як вона перешкоджає впровадженню грейфера в матеріал. Зазвичай приймають $G_A = 0,3G_{гр}$, $G_B = 0,2G_{гр}$, $G_C = 0,5G_{гр}$ (вагу тяг вважають рівномірно розподіленою між щелепами і верхньою траверсою).

Фізико-механічні властивості матеріалу (кусковатість, щільність, твердість, кут внутрішнього тертя і т.д.) впливають на форму кривої зачерпування, оскільки від них залежать опір зачерпування (рис. 2.18).

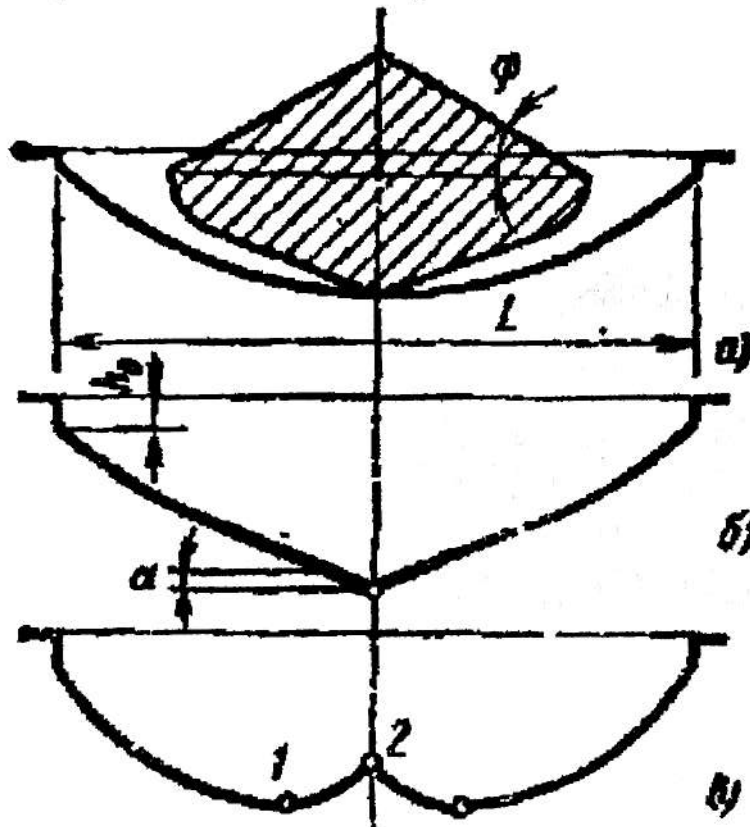


Рисунок 2.18 – Криві зачерпування

Поточна потужність N_3 двигуна механізму замикання грейфера дорівнює $N_3 = SV$, кВ. Тут S - зусилля в замикаючому канаті (2.27) по графоаналітичному розрахунку, кН; V - швидкість каната, м/с.

Енергетичний метод розрахунку грейферів

Вага грейфера для лісоматеріалів обирається

$$G_{гр} = Q(0,18 \dots 0,22). \quad (2.28)$$

Потужність процесу зачерпування

$$N_{зач} = \frac{3600 \cdot v \cdot c_0 \cdot \varphi \cdot k}{t_{заг}}; \quad (2.29)$$

Потужність двигуна привода зачерпування

$$N_{дв} = \frac{N_{зач}}{\eta_{пол} \cdot \eta_{мех}}; \quad (2.30)$$

де c_0 – питома енергія зачерпування різних матеріалів, $\left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3} \right]$;
 $k \approx 1,75$ - коефіцієнт динамічності;
 $\varphi \approx 1 \dots 0,92$ - коефіцієнт кусковатості.

Зусилля змикання щелеп грейфера при зачерпуванні матеріалу $S_{зм}$, кН

$$S_{зм} = \frac{3600 \cdot v \cdot c_0 \cdot \varphi \cdot k}{n}, \quad (2.31)$$

де n - зближення траверз, м.
 Кратність стягуючого поліспасти

$$a = \frac{S_{зм}}{S_k \cdot \eta_n}. \quad (2.32)$$

Криві зачерпування залежать від:

- фізико-механічних властивостей матеріала;
- конструктивних особливостей, розмірів, перерозподілу ваги елементів грейфера.

Згідно рекомендації ГОСТ24599 попередньо можна задатися вагою елементів грейфера:

- $G_{щел} \approx 0,25 \cdot G_{гр}$ - маса щелеп, т;
- $G_{в.трав} \approx 0,3 \cdot G_{гр}$ - траверси верхньої, т;
- $G_{н.трав} \approx 0,2 \cdot G_{гр}$ - траверси нижньої, т;
- $G_{вант} \approx (0,37 \dots 0,6) \cdot G$ - маса зачерпнутого вантажу, т;
- G – вантажопідйомність, т.

2.5 Електромагніти

Електромагніти ВП (вантажопідйомні) застосовують для перевантаження феромагнітних вантажів - сталевих і частково чавунних виробів і матеріалів. Вони являють собою електромагніти з плоским якорем, характеризуються великою підйомною силою при малому ході (малим зазором між якорем і замикаючим магнітний потік вантажем) і мають круглу або прямокутну форму.

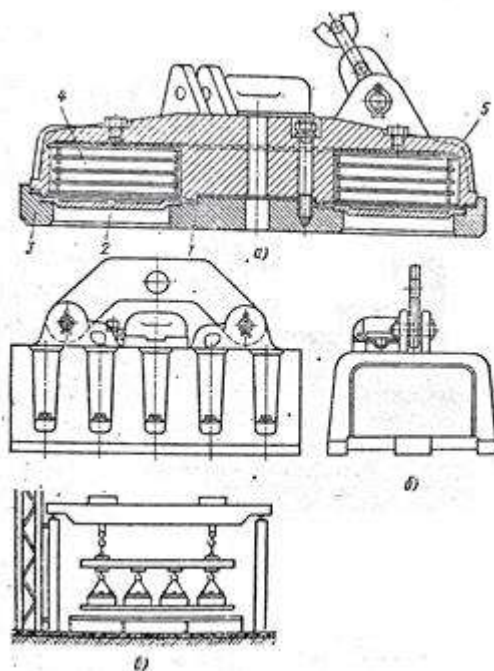
Електромагніти ВП пристосовані для перевантаження вантажів будь-якої форми - сталевих брил і листів, чавунних чушок, скрапу, металобрухту та ін., в тому числі і гарячих вантажів з граничною температурою до 500° С. Разом з тим від форми вантажу і його температури залежить і вантажопідйомність електромагніти ВП. Якщо при перевантаженні сталевих брил і листів вантажопідйомність ВП магніта прийняти за 1, то при перевантаженні чавунних чушок і сталевих скрапу вона складатиме 0,33-0,06, а при перевантаженні сталевих стружки – 0,013-0,02.

При температурі вантажу вище 200° С магнітна проникність, а отже, і вантажопідйомність магніта значно знижуються і при температурі 720° С остання дорівнює нулю.

На рис. 2.19 показані електромагніти ВП круглої і прямокутної форм. У сталевому масивному корпусі 5 зі сталі з високою магнітною проникливістю розміщена котушка електромагніта 4 з полюсами 3 і 1 і немагнітна (з високомарганцювистої сталі до 15%) шайба 2. Обмотка електромагніта, розміщена в герметичній оболонці і виконана секційною, причому кожна секція намотана мідною стрічкою. Витки секцій ізольовані тонким азбестовим папером, просоченим ізоляційним теплостійким лаком або скловолокнистою стрічкою і залиті під тиском теплостійкою масою, яка заполімеризована, що забезпечує хорошу електричну і механічну міцність котушки, а також і хороше відведення тепла.

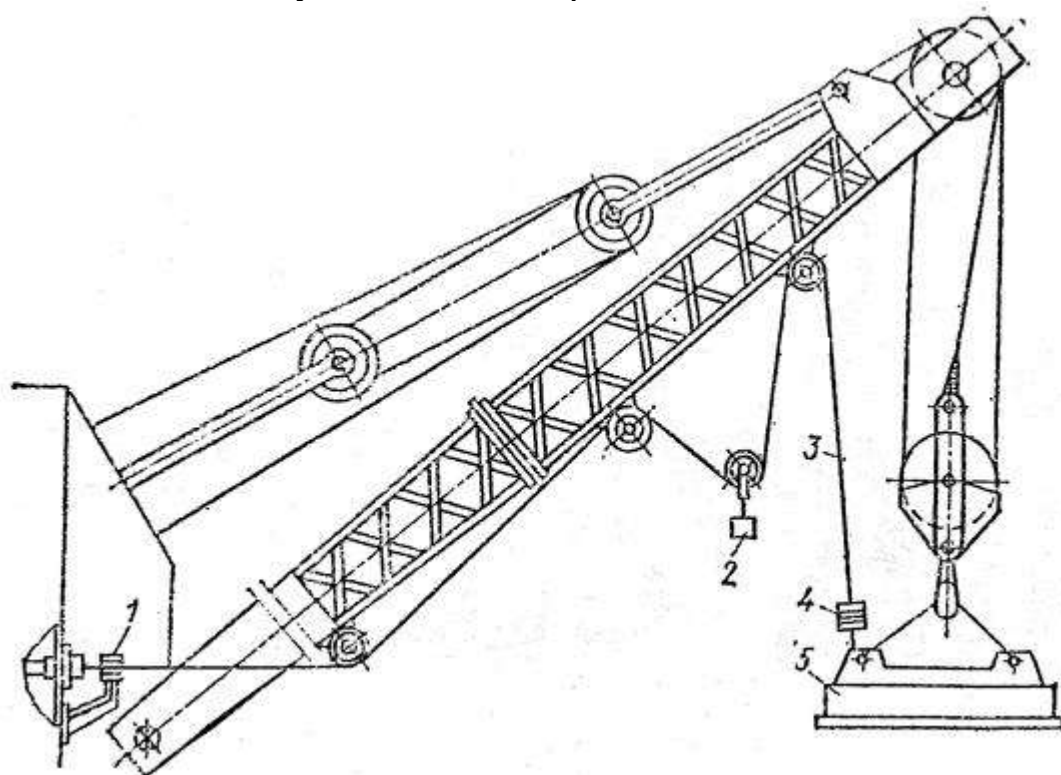
Котушка електромагніта розрахована на напругу 220 В постійного струму при тривалості включення ПВ = 50%. Полюси 3 і 1 електромагніту можуть бути приварені (механічно закріплені).

Зварювання забезпечує більш високу міцність і водонепроникність, але ускладнює заміну цих зношуваних елементів.



а - круглої форми; б - прямокутної форми; в - установка декількох електромагнітів на траверсі

Рисунок 2.19 - Електромагнітний ВП



1 - кронштейн для закріплення кабелю; 2 - натяжний вантаж; 3 - кабель;
4 - роз'ємне з'єднання струмопроводу; 5 - електромагніт

Рисунок 2.20 - Встановлення електромагніту ВП на стріловому крані

Найбільш поширені електромагнітні ВП круглої форми. При необхідності перевантаження вантажів поздовжньої форми можна застосовувати прямокутні магніти або, що робиться частіше, траверси з підвішеними до них декількома, найбільш часто двома, електромагнітами (рис. 2.19, в).

Підведення електроенергії до електромагніту здійснюється кабелем. При невеликих висотах підйому кабель закріплюють петлеподібно, і при зміні висоти підйому змінюється його провис. При великих висотах підйому на крані встановлюють підпружинені кабельні барабани, автоматично підтримуючі кабель з необхідним натягом. При використанні електромагніта ВП для підйому гарячих вантажів ізоляція кабелю повинна бути теплостійкою.

Електромагнітами ВП в основному обладнують крани, зазвичай, мостові або козлові. На самохідних стрілових кранах електромагніти ВП встановлюють рідко. Однак, при необхідності електромагніти ВП можна встановлювати і на самохідному крані з використанням стандартного обладнання (рис. 2.20). Автономний генератор для живлення електромагніту встановлений на поворотній платформі крана і приводиться в рух від базового двигуна крана з можливістю відключення при використанні останнього на роботах без електромагніта ВП.

Вантажопідйомні електромагніти повинні експлуатуватися при наступних умовах: висота над рівнем моря не більше – 2000 м; температура навколишнього середовища $\pm 50^{\circ}\text{C}$; відносна вологість повітря – до 100% при температурі навколишнього середовища до $+ 35^{\circ}\text{C}$; навколишнє середовище – не вибухонебезпечне, не містить газів і парів, що руйнують метали і ізоляцію, допускаються одиничні удари з прискоренням, що не перевищує 3g. Напруга електроживлення - 220 В постійного струму з допустимим коливанням 85 ... 105% від номіналу. Режим роботи з холодними вантажами - ПВ = 50%.

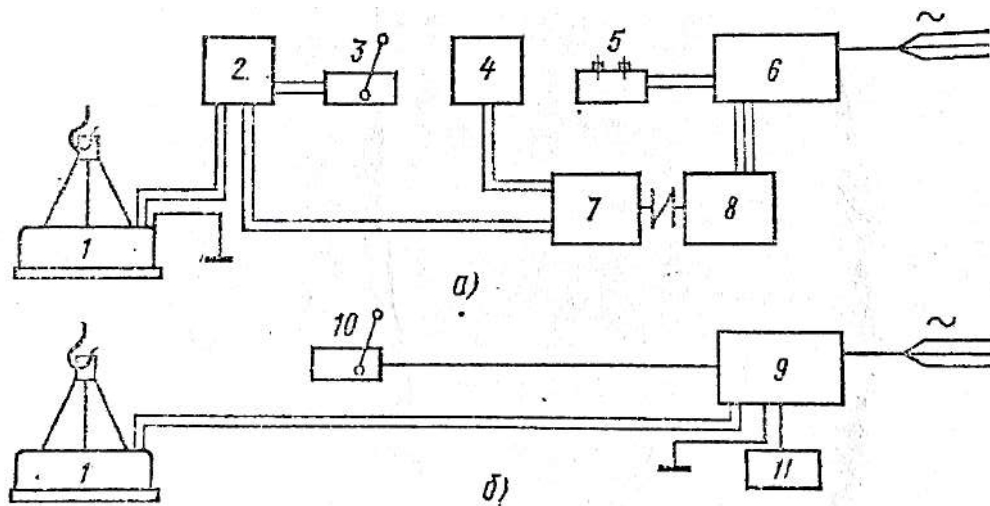
При роботі з ПВ > 50% необхідно знижувати напругу на котушці електромагніту до

$$u = 1555 / \sqrt{\text{ПВ}_d},$$

де ПВ_d - дійсне значення ПВ, %.

Параметри вантажопідйомних електромагнітів повинні відповідати вимогам ГОСТ 10130, кінематичне виконання і категорії розміщення - У1 по ГОСТ 15150 і Т1 за ГОСТ 15543. Так як вантажопідйомні електромагніти застосовують на кранах з електроживленням змінним трифазним струмом, для отримання постійного струму напругою 220 В можна використовувати перетворювачі.

Схеми підключення вантажопідйомного електромагніту до зовнішньої електромережі наведені на рис. 2.21.



а - при обертовому перетворювачі; б - при статичному перетворювачі;
 1 - вантажопідйомний електромагніт; 2 - магнітний контролер;
 3 - командоконтролер; 4 - регулятор збудження; 5 - кнопковий пулт керування; 6 - магнітний пускач; 7 - генератор постійного струму; 8 - асинхронний електродвигун; 9 - магнітний контролер; 10 - командоконтролер; 11 - набір опорів

Рисунок 2.21 - Блок-схеми підключення електромагніту до зовнішньої електромережі

Таблиця 2.2 - Приклади можливого використання вантажопідйомних електромагнітів

| Тип | Число електромагнітів, що працюють одночасно | Вантаж | | | | |
|-----|--|------------------------------|-------------------------|---------------------|----------|----------|
| | | Вид | Розмір, мм | Найбільша кількість | Маса, кг | |
| | | | | | штучна | загальна |
| М42 | 1 | Виливниці | - | 1 | До 12500 | 12500 |
| | 1 | Сталеві пробки для виливниць | Діаметр 300, висота 100 | 16 | 64 | 1000 |
| | 1 | Лист | 60x2000x6000 | 1 | 5650 | 5650 |
| | 2 | Листи | 5x1400x4500 | 11 | 250 | 2750 |
| | 2 | » | 12x1800x7300 | 3 | 1250 | 3750 |
| | 2 | » | 26x1250x7400 | 3 | 1900 | 5700 |
| | 4 | » | 6x1300x12000 | 8 | 750 | 6000 |
| | 4 | » | 8x1600x12000 | 5 | 1200 | 6000 |
| | 4 | » | 10x1950x1200 | 4 | 1850 | 7400 |
| | 4 | » | 12x2500x12000 | 3 | 2850 | 8500 |

| Тип | Число електромагнітів, що працюють одночасно | Вантаж | | | | |
|------|--|-----------------------------|--------------------------------|---------------------|----------|----------|
| | | Вид | Розмір, мм | Найбільша кількість | Маса, кг | |
| | | | | | штучна | загальна |
| М62 | 1 | Обрізки блюмів (при 120° С) | Приблизно 90x110x230 Дрібні | 12 | - | 2000 |
| | 1 | Обрізки рейок | | - | - | 800 |
| | 1 | Рулони сталі (при 300° С) | | 4 | 2500 | 10000 |
| | 1 | Пресовані пакети | | 3 | 1000 | 3000 |
| ПМ15 | 1 | Лист | 6x1000x1750 | 8 | 85 | 680 |
| | 1 | » | 6x1400x4200 | 4 | 280 | 1120 |
| | 1 | » | 14x1000x6000 | 2 | 660 | 1320 |
| | 1 | » | 100x1000x4000 | 1 | 3200 | 3200 |
| | 1 | Квадрат | 450x450x4500 | 1 | 7200 | 7200 |
| ПМ25 | 1 | Блюми (при 200° С) | 300x300x4500 | 4 | 3200 | 12800 |
| | 1 | Блюми (при 200° С) | 270x270x4500 | 5 | 2700 | 13500 |
| | 1 | Сляби | 108x1010x4200 | 3 | 3600 | 10800 |
| | 1 | » | 112x760x4200 | 5 | 2800 | 14000 |
| | 2 | Рейки Р-50 | Довжина 12500 | 10 | 625 | 6250 |
| | 2 | » Р-65 | Довжина 12500 | 9 | 813 | 7300 |
| | 2 | Рейки Р-75 | 7x1800x7000 65x65x6000 | 7 | 938 | 3575 |
| | 2 | Листи | Довжина 25000 | 10 | 700 | 7000 |
| | 2 | Квадрати | Довжина 25000 | 21 | 200 | 4200 |
| | 4 | Рейки Р-50 (при 500° С) | | 10 | 1250 | 12500 |
| | 4 | Рейки Р-65 (при 500° С) | | 9 | 1625 | 14600 |
| | 4 | Рейки Р-75 (при 500° С) | | 7 | 1875 | 13150 |

Таблиця 2.3 - Параметри круглих вантажопідйомних електромагнітів нової серії

| Параметр | M02 | M12 | M22 | M42 | M62B | M62BM | M82 |
|--|--------------|--------------|-------------|-------------|------------|--------------|--------------|
| Вантажопідйомність, т: гранична (відри- вна) | 5,5 | 10,1 | 23,5 | 44,7 | 65 | 71,5 | 105 |
| рекомендована: при підйомі плит при підйомі скрапу | 1,8 0,25 | 3,5 0,8 | 7 0,75 | 16 0,95 | 20 2 | 22 2,5 | 45 3,2 |
| Споживана поту- жність, кВт: на початку роботи в робочому стані | 1,84 1,26 | 2,86 1,56 | 4,5 2,82 | 9,26 5,9 | 14 8,78 | 18,8 11,8 | 24,1 15,4 |
| Діаметр, мм | 520 | 650 | 800 | 1200 | 1600 | 1600 | 2000 |
| Маса, кг | 190 | 405 | 710 | 2500 | 4650 | 5500 | 9800 |

Магнітні контролери ПМС і ПСМ дозволяють здійснювати противмикання для розмагнічування, що прискорює відрив вантажу, автоматично відключати електромагніт після відриву вантажу, а також регулювати час противмикання для зміни часу відриву вантажу.

В окремих випадках для підйому вантажів з гладкою поверхнею - листів, балок та ін. можна застосовувати гальмові електромагніти постійного струму типу МП. Зазвичай при використанні на траверсі закріплюють кілька електромагнітів.

Для використання цих електромагнітів в якості підйомних видаляють якір і кришку і закріплюють ковпак з немагнітного матеріалу, наприклад латуні. Живлення електромагнітів може бути від генераторної установки або від напівпровідникових випрямлячів.

В якості вантажопідйомних пристроїв можуть бути використані електромагніти іншого різновиду, наприклад, постійні магніти.

Їх застосовують для підйому відносно невеликих по масі плоских, наприклад, листових феромагнітних вантажів при крановому обслуговуванні різних технологічних процесів. Зручність їх застосування полягає в незалежності від зовнішніх джерел енергоживлення і більшій безпеці виробництва. Вантаж захоплюється при безпосередньому опусканні на нього магніту, для від'єднання магніта від вантажу потрібні спеціальні пристрої, які замикають магнітний потік в магніті ВП, і тим самим звільняють вантаж від магніта.

2.6 Спредери

Сьогодні загальна контейнеризація охопила весь світ. Буквально все, від зубної пасти до замороженої яловичини, перевозять, перевантажуючи з одного

виду транспорту на інший, саме в такій тарі. Відповідно до стандарту ISO вантажні контейнери, які можуть бути універсальними або спеціалізованого призначення, зазвичай мають ширину 8 футів (2,44 м) і висоту від 8 футів до 9 футів 6 дюймів. Їх довжина може бути різною. Найбільш часто в міжнародній торгівлі використовують контейнери довжиною 20, 40, 45, 48 або 53 фути при стандартних розмірах по ISO 20 (TEU) або 40 (FEU) футів.

Складно уявити собі, якою була б міжнародна торгівля сьогодні, якби півстоліття назад не винайшли те, що сьогодні називають "великотоннажним вантажним контейнером"; довгу, що герметично закривається, металеву скриньку, справжній міні-склад. У ньому найрізноманітніші товари не тільки перевозять різним транспортом, а й надійно зберігають в будь-яку погоду під відкритим небом на терміналах портів і залізничних станцій.

До того, як був винайдений перший контейнер, вантажі завантажували на вантажні автомобілі або в вагони поштучно. Після доставки в порт кожен коробку або мішок вивантажували в доці, перш ніж підняти на судно. Такий спосіб транспортування був досить трудомістким і дорогим. І лише півстоліття тому йому знайшли гідну альтернативу. Вважається, що ідея перевезення вантажів в одній і тій же тарі, яка не змінюється протягом усього перевезення різними видами транспорту - судами, автомобілями і залізницею, належала американському підприємцю Малькольму МакЛіну (Malcolm McLean). МакЛін розробив перший металевий контейнер для переміщення вантажів в 1956 р, але сама ідея прийшла до нього 20-ма роками раніше, після довгих роздумів про те, наскільки багато вимагає фізичних сил і часу традиційне навантаження-розвантаження вручну. Пізніше винахідник заснував власний вантажний транспортний бізнес в рамках компанії Sea Land Inc., яку в 1999 р придбав провідний світовий морський вантажоперевізник – датська компанія Maersk.

Основним вантажозахватним органом - "рукою" будь-якого засобу для перевалки контейнерів (наприклад, контейнерного штабелювальника, річстакера, навантажувача з бічним розташуванням вил, автоконтейнеровоза, підйомного крана), яка служить для маніпуляцій з контейнером і знаходиться з ним в прямому контакті, є так званий спредер (від англ. spreader, дослівно - "розкладне пристосування, розпірка"). Німецька назва *containergeschirr* (буквально - "контейнерне оснащення") за змістом є куди більш точним.

Спредери - це спеціальні вантажозахоплюючі пристрої, що застосовуються для перевантаження контейнерів. По кутах контейнерів розміщені спеціальні елементи - фітинги, які використовуються як опори контейнерів при їх штабелюванні та як елементи для захоплення контейнерів при їх перевантаженні. У кожному фітингу є по три отвори: бічні, торцеві і верхні. Верхні отвори служать для захоплення контейнерів спредером за допомогою поворотних штирів.

Уніфіковані відстані між отворами фітингів дозволяють застосовувати спредери для роботи з контейнерами різних розмірів.

Більшість спредерів оснащено спеціальними поворотними замками, які міцно і жорстко захоплюють контейнер за кутові фітинги.

Існують спредери, які можуть захоплювати контейнери зверху (вони отримали назву Top Lift Attachment) або збоку (Side Lift Attachment). Спредери можуть бути "жорсткими", тобто що не змінюють свою довжину (призначені тільки для контейнерів одного розміру), і телескопічними. Останні можна застосовувати для роботи з контейнерами довжиною від 20 до 40 футів без будь-яких конструктивних змін.

Телескопічний спредер важить досить пристойно - приблизно 6800 кг. Є також конструкції спредерів, призначені спеціально для роботи з автотранспортними причепами, а також пристрої для перевантаження одночасно двох контейнерів.

Спредер, незважаючи на уявну простоту конструкції, є дуже відповідальним вузлом, оскільки він піддається великим знакозмінним динамічним навантаженням і від його надійності і функціональності залежить не тільки продуктивність машин, але і безпека робіт. За статистикою саме з порушеннями в роботі цього вузла пов'язано 90% всіх поломок контейнерних навантажувачів, оскільки він є найбільш завантаженим компонентом обладнання. Основні проблеми, зазвичай, виникають через вібрації і удари, які призводять до порушень роботи електричних або гідравлічних систем спредера.

По конструкції спредери розрізняють як:

- жорсткі, які не змінюють габаритів і розраховані на контейнери певного типу (рис.2.22, 2.23);
- телескопічні, обладнані спеціальною розсувною рамою, призначені для контейнерів обох типів (рис.2.24);
- спеціальні, призначені для роботи з автоконтейнеровозами і трейлерами;
- спеціальні, призначені для перевантаження двох і більше контейнерів.

За способом підвіски спредери поділяють на:

- канатні - захоплюючі пристрої на просторовій багатоканатній підвісці, застосовуються на контейнерних кранах;
- безканатні - пристрої на жорсткій підвісці, оснащені механізмами нахилу розсувної рами з чотирма ступенями волі. Для керування приводом такого спредера всередині телескопічної стріли прокладені електро- та гідромагістралі. Вони застосовуються на річстакерах.

За способом захоплення контейнера спредери бувають:

- з захопленням зверху;
- з захопленням збоку.

Спредери оснащені спеціальними поворотними замками, які міцно і жорстко захоплюють контейнер за кутові фітинги.

Замки захоплюючого пристрою містять поворотні штирі, які при посадці вводяться зверху або збоку, в залежності від конструкції, в отвори фітингів по чотирьох кутах контейнера, з наступним повертанням їх на кут 90°. Після пе-

реміщення контейнера, його звільняють від захватів, здійснюючі дії в зворотному порядку. При порушенні діагональних розмірів між фітингами контейнери вважаються деформованими, а отже, не можуть бути оброблені спредерами.

В якості приводу поворотних замків захватного пристрою може бути використаний індивідуальний або централізований електричний, гідравлічний або пневматичний привід.

Для спредерів телескопічної конструкції спосіб полягає в переміщенні за допомогою електромеханічного або гідравлічного приводів закріплених на розсувній рамі поперечних балок з кутовими замками в потрібне положення.

Для забезпечення точної посадки на контейнер, спредер оснащують центруючими лапами, що встановлені на металоконструкції основної захоплювальної рами. На центруючих лапах встановлені тактильні датчики і датчики положення, які призначені для контролю виконавчих органів захватного пристрою. Датчики інформують про процес стопоріння, передаючи цифрові, звукові і світлові сигнали в систему керування механізмом і на панель візуального контролю.

Спеціальний спосіб запасування канатів (квадропідвіска) пристрою приводиться до механізму підйому вантажного візка крана. Це забезпечує точність посадки, постійну орієнтацію контейнера в просторі і запобігає небажаному розгойдуванню при можливих вітрових і інерційних навантаженнях. Спредер додатково може бути обладнаний механізмом для повороту вантажної рами в горизонтальній площині і механізмом її нахилу, для протидії зміщенню центру мас контейнера.

Спреди фіксованої довжини для кранів з гаком для козлових, порталних, мостових кранів приведені на (рис.2.22, 2.23).

Це напівавтоматичні спреди які навішуються на гаки козлових, мостових або порталних кранів, керування захватними голівками яких здійснюється механічно за рахунок натягу спеціального каната. При цьому зачеплення і відчеплення відбувається без використання робітників. Цей вид спредерів відрізняється простотою і зручністю установки, що дозволяє в короткі терміни переводити кран з гакового в контейнерний (рис. 2.22).

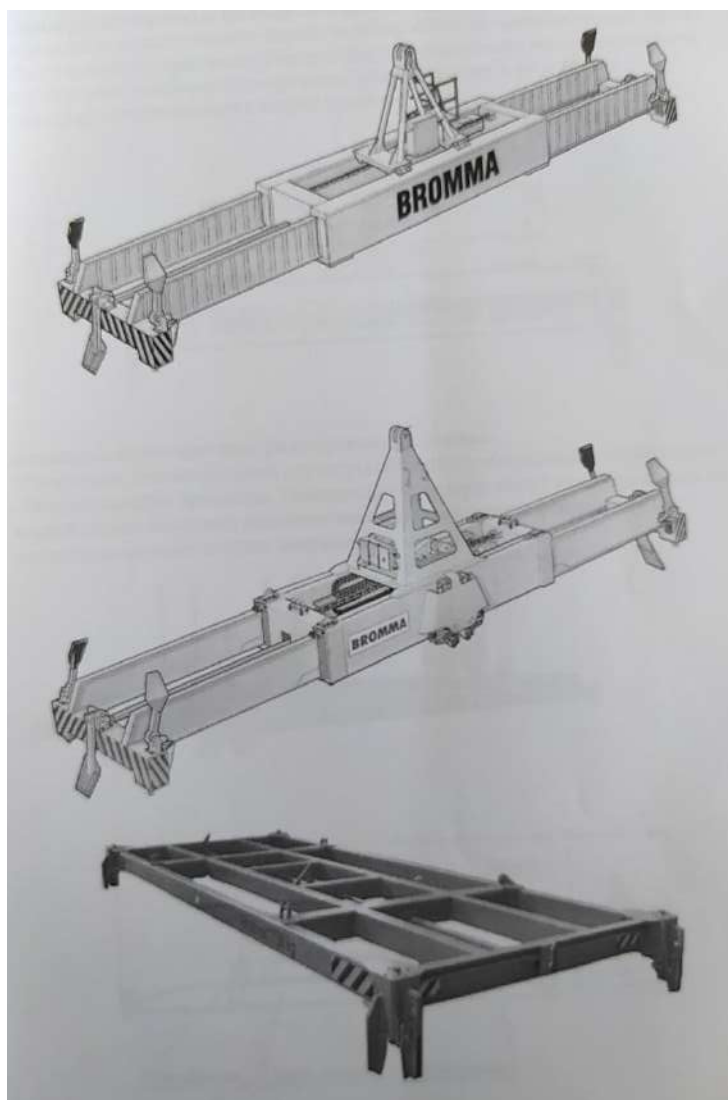


Рисунок 2.22 - Спредери з'ємні фіксованої довжини (неповоротні)

Поворотні автоматичні спредери (рис. 2.23) оснащені власним приводом, що забезпечує обертання.

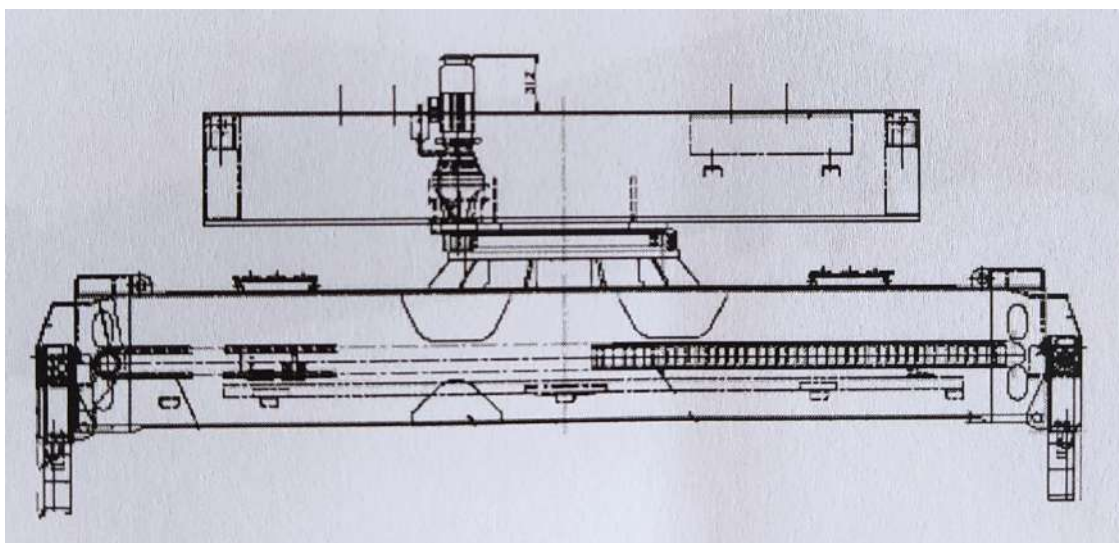


Рисунок 2.23 – Спредер автоматичний поворотний фіксованої довжини

Поворотні спредери можуть використовуватися на контейнерних козлових або мостових кранах. Захоплення і відчеплення контейнера здійснюється оператором з кабіни.

Телескопічні спредери (рис. 2.24) застосовуються на всіх типах кранів, де в процесі роботи потрібне постійне перемикання з одного типу контейнерів на інший. Зміна довжини спредера під потрібний розмір контейнера здійснюється автоматично оператором з кабіни управління.

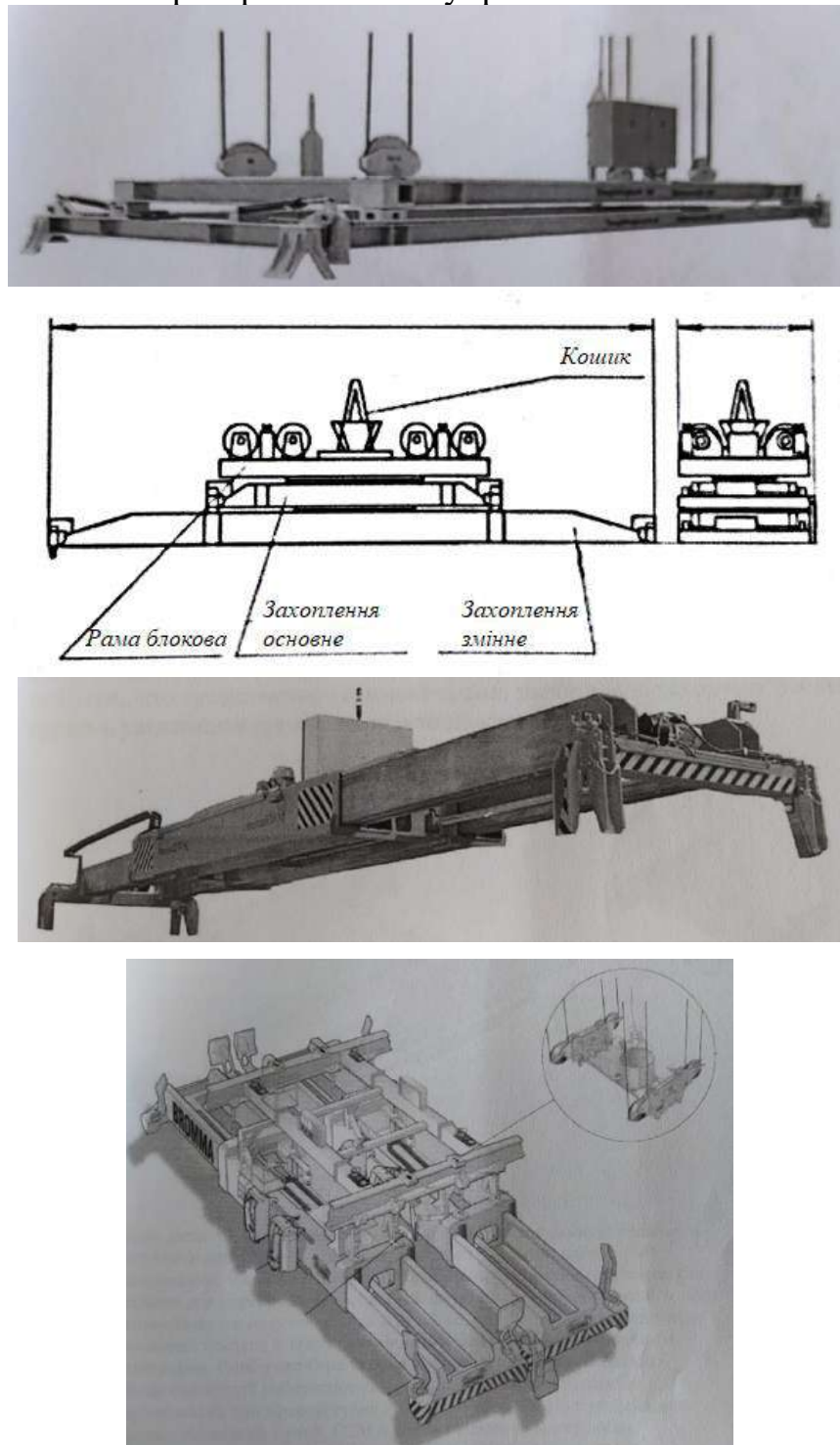


Рисунок 2.24 - Телескопічні спредери для контейнерних кранів

Перевага розсувних спредерів в тому, що можливість телескопування для 20-30-40-45 футових (ft) контейнерів дозволяє перевантажувати контейнери всіх типів на одному майданчику без перезачеплення. Параметри захоплення задаються оператором дистанційно з пульта в кабіні не більше ніж за 30 с, що істотно заощаджує час, значно прискорюючи обробку вантажів і збільшуючи продуктивність крана.

Спредери з кліщами для нижнього підхоплення призначені (рис.2.25) для перевантаження контейнерів 20 і 40 футових.

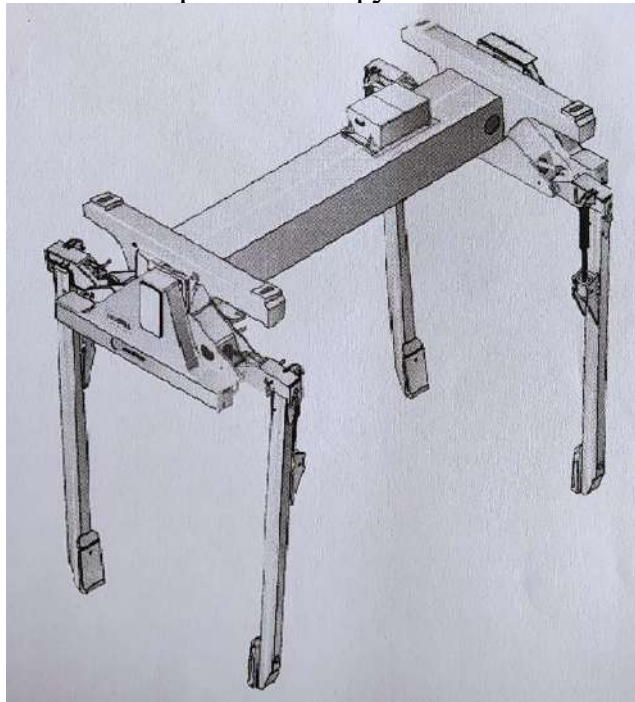


Рисунок 2.25 - Спредер з кліщами для нижнього підхоплення

Спредери для навантажувачів і річстакерів (рис.2.26) мають можливість бокового монтажу на жорсткій стрілі маніпулятора. Крім того, ним можна захоплювати контейнери різних типорозмірів та маніпулювати ними в просторі.

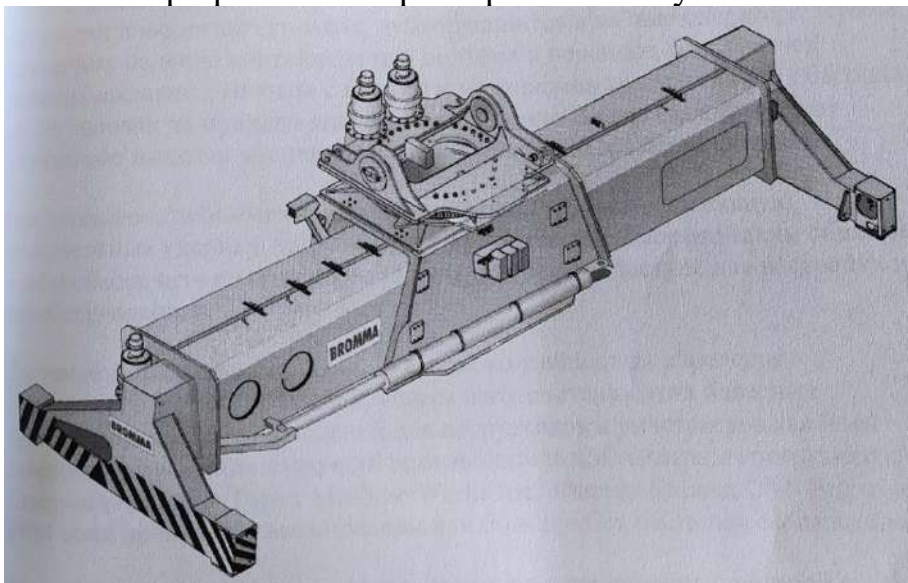


Рисунок 2.26 – Спредер для річстакерів

Дуже важливим експлуатаційним фактором є клімат регіону, в якому буде працювати контейнерний кран. З урахуванням впливу екстремально низьких температур розроблені спеціальні технічні рішення для спредерів. Власна шафа з електрообладнанням має автономну систему опалення та вентиляції, повністю герметична від попадання опадів і пилю, електродвигуни оснащені вбудованим підігрівом. Особливо міцні кабелі мають гнучку ізоляцію, що забезпечує працездатність при багаторазових згинах і скручуваннях при температурах до -40°C і стійку до впливу прямих сонячних променів, ГСМ та механічних пошкоджень. Металоконструкції спредера виконані з високоякісної холодостійкої сталі із захисним антикорозійним покриттям. Мастило розсувних елементів також розраховане на низькі температури і не застигає на морозі. Для регіонів з рясними сніжними опадами розроблена спеціальна конструкція вантажної рами, що дозволяє спредеру надійно захоплювати контейнер зверху, навіть якщо на ньому лежить замет.

Спредери також можуть бути забезпечені механізмом повороту вантажної рами в горизонтальній площині на 30° , 180° , 360° , що розширює експлуатаційні можливості підйомного крана. Спеціальне квадро-запасування канатів блокової рами, до якої кріпиться спредер, забезпечує стабільну орієнтацію контейнера в просторі і усуває небажане розгойдування спредера і вантажу, яке може виникнути під дією інерційного або вітрового навантаження.

Система безпеки спредера передбачає візуальне сповіщення (лампи індикації на світлодіодах) про посадку спредера на контейнер і стан поворотних голівок, що дублюються в кабіні оператора. Щоб виключити падіння контейнера при підйомі і перенесенні, блокується поворот захватних голівок спредера і механізмів крана, якщо хоча б одна із 4-х голівок не прийняла заданого положення. Також забезпечене блокування від випадкового натискання кнопки відкриття поворотних замків спредера.

Всі перемикачі мають систему амортизації, що витримує значні ударні навантаження, а їх розташування вибрано таким чином, щоб забезпечити їх надійний захист при легкому доступі для наналагоджування і техобслуговування.

Згідно з експертними даними 75% всіх контейнерних спредерів виробляють в Європі. Найбільшим виробником цих навісних вантажозахоплюючих пристроїв для навантажувачів і річстакерів є шведська фірма Elme. Провідний виробник контейнерних навантажувачів в Північній Америці Taylor Machine Works Inc. Фірми Kalmar, CVS Ferrari і PPM самі виробляють всі спредери або більшу частину для своїх машин.

Elme вдалося запатентувати багато різних за конструкцією спредерів з великим числом функцій, тому іншим виробникам поки дуже складно зробити подібні пристрої, не порушуючи авторське право. Існують і інші незалежні виробники спредерів, наприклад, Smits Spreaders і сінгапурська фірма RAM Spreaders, котрі виготовляють ці вироби для підприємств, які не бажають робити це самостійно. Точних даних про кількість всіх щорічно випускаємих

спредерів немає, але відомо, що Elme, Kalmar і Fantuzzi - три найбільших виробника спредерів в світі - в сукупності щорічно виробляють приблизно 2000 одиниць цього обладнання.

Спредер вітчизняної конструкції ВНДПТМАШ (рис. 2.27) складається з блокової рами прямокутної форми, на якій розташовані канатні блоки, що огинаються канатами механізму підйому спредера. Для запобігання перекоосу і розгойдування спредера з контейнером в процесі перевантаження канатні блоки, розташовані уздовж коротких сторін рами, зблоковані між собою попарно кінцевою зубчастою передачею.

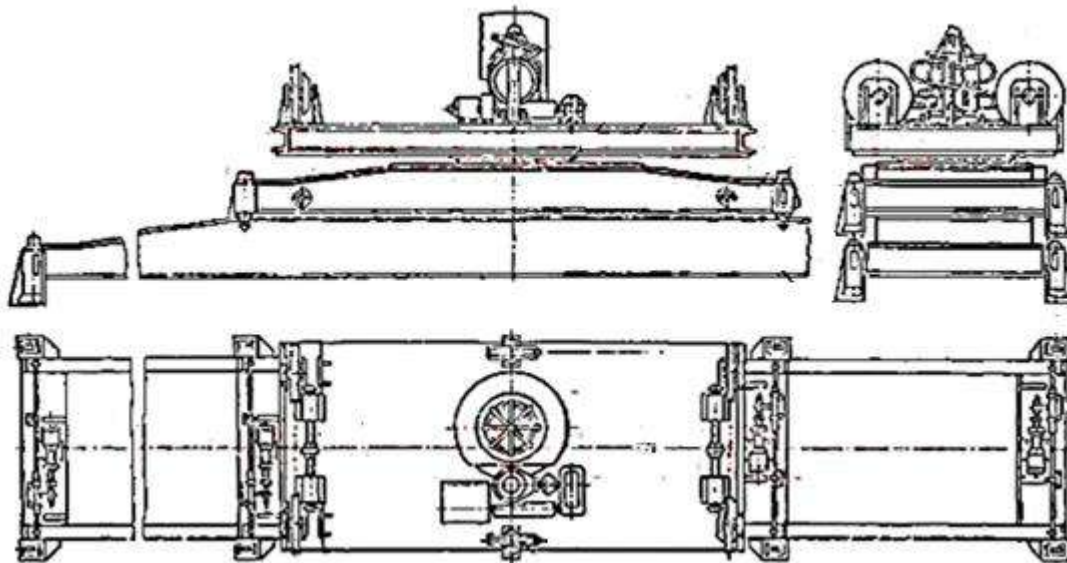


Рисунок 2.27 - Спредер ВНДПТМАШ

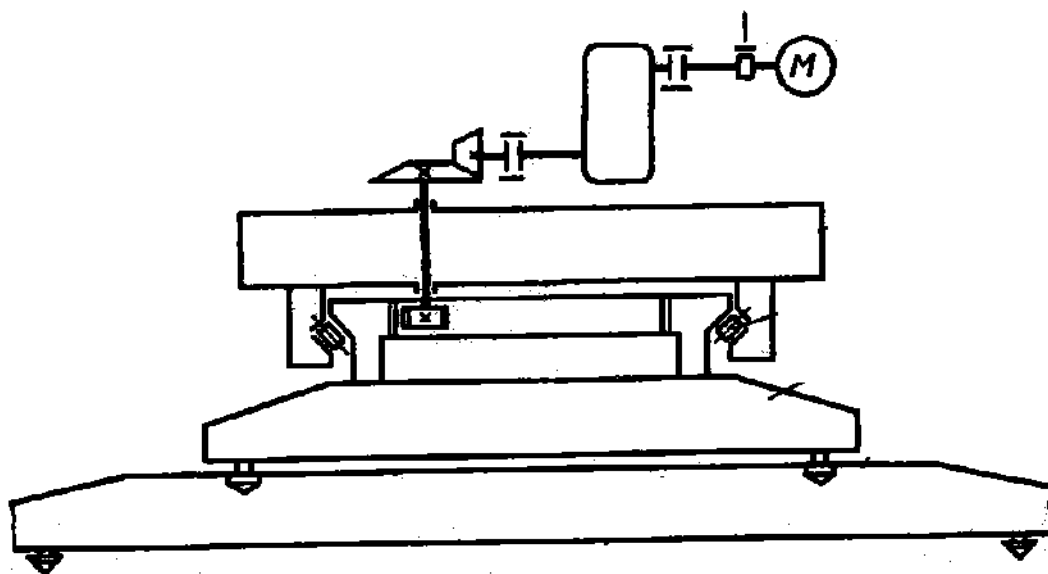


Рисунок 2.28 – Схема опорно-поворотного пристрою спредера (ОПП)

Під блоковою рамою розміщено опорно-поворотний пристрій (ОПП) кранового типу. Поворот внутрішнього кільця ОПП здійснюється за допомо-

гою механізму повороту, що складається з електродвигуна *M*, редуктора і конічної зубчастої передачі (рис. 2.28). Кут повороту пристрою в горизонтальній площині щодо основного положення може бути прийнятий від 60° до 240° . До внутрішнього кільця ОПІ прикріплена прямокутна вантажозахватна рама, несуча по кутах поворотні штирі (рис.2.29).

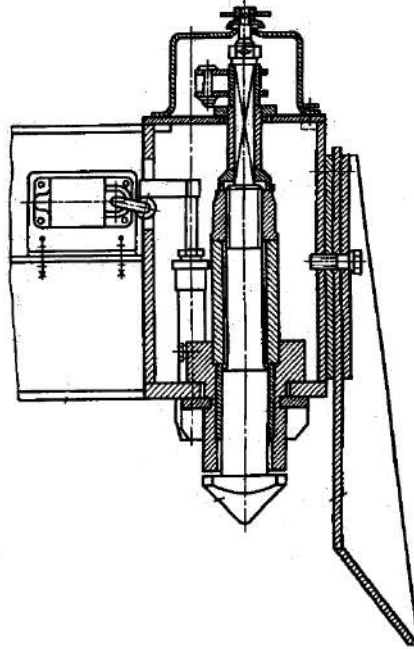


Рисунок 2.29 - Вузол захоплювача контейнера (замок, лапа)

Після опускання спредера на контейнер штирі 7 входять у верхні отвори фітингів і спеціальними механізмами 11, розташованими на вантажозахватній рамі, повертаються і зчіпляються з фітингами. Механізми повороту штирів виконані у вигляді пари гвинт-гайка, де гвинт безпосередньо пов'язаний з валом електродвигуна, а гайка, переміщуючись по гвинту, діє на стержень, який рухається в напрямних і повертає кронштейни штирів. Для підвищення надійності механізм повороту забезпечений контрольними пристроями, що запобігають підйому контейнера, якщо який-небудь з штирів не повернувся і не зайняв робочого положення. Для зручності роботи рама б забезпечена напрямними башмаками 8, які охоплюють контейнер при посадці на нього спредера.

Керування електродвигунами механізмів повороту рами і штирів здійснюється з кабіни крана за допомогою кабелю, що укладається при зміні висоти підйому спредера в спіральний жолоб 1, розташований в центрі блокової рами 4. Спредер розрахований для роботи з контейнерами типу 1С. Для роботи з контейнерами великого розміру типу 1А спредер постачають додатковою вантажозахватною рамою 9, яка за конструкцією аналогічна рамі б, але має великі розміри по довжині, що відповідають розмірам контейнера типу 1А. Ця рама кріпиться до основної рами б за допомогою штирів 7. Основні розміри і параметри спредерів регламентовані ГОСТ 23002. У ряді конструкцій передбачені пристрої, що забезпечують нахил спредера на кут до 10° при необхідності захоплення контейнера, що стоїть похило.

3. СПЕЦІАЛЬНІ КРАНИ МОСТОВОГО ТИПУ

3.1 Спеціальні мостові крани

Конструкції спеціальних мостових кранів є досить різними. Ці крани можуть переміщуватися поступально по підкрановим рейковим коліям або обертально навколо вертикальної вісі.

До обертальних кранів відносяться хордові, радіальні та обертальні, ходові колеса яких переміщуються по одній кільцевій рейці, та кільцеві, ходові колеса яких переміщуються по двох кільцевих рейках.

Поступально-переміщуемі мостові крани мають однобалкові або двобалкові мости з нормальною довжиною прогону або збільшеною до 60 м. Вантажопідйомність таких кранів досягає 500 т та більше (рис.3.1).

Спеціальні мостові крани можуть бути оснащені гаками, скобами або спеціальними вантажозахоплюючими пристроями: магнітами, грейферами, механічними кліщами. Мостові крани мають візки, призначені для підйому та переміщення вантажів вздовж головних балок. Вони можуть бути опорного та підвісного типу, а також можуть мати опорно-поворотний пристрій.



Рисунок 3.1 – Двобалковий та однобалковий спеціальні мостові крани

3.2 Магнітно-грейферний кран

Магнітно-грейферні крани призначені для перевантаження феромагнітних вантажів (стружки, металобрухту, відливок, чавуну, скрапу та ін.), а також сипких та шматкових вантажів. Для захоплення феромагнітних вантажів використовують електромагніт, а для сипких і шматкових - двощелепний або багатощелепний грейфер.

Залежно від призначення їх виконують з двома візками: магнітним і грейферним або з одним візком, обладнаним магнітною і грейферною лебідками (рис.3.2).

Як магнітно-грейферні можуть використовуватися мостові крани важкого режиму роботи.

За компоновкою ці крани близькі до кранів загального призначення, але мають на гаку електромагніт, зв'язаний з візком гнучким струмопідводом, та грейфер, підвішений на замикаючому та підйомному канаті. При знятті магніта та грейфера кран можна використовувати як гаковий. Монтажні крани працюють в режимі, що відповідає групі БК-8К.

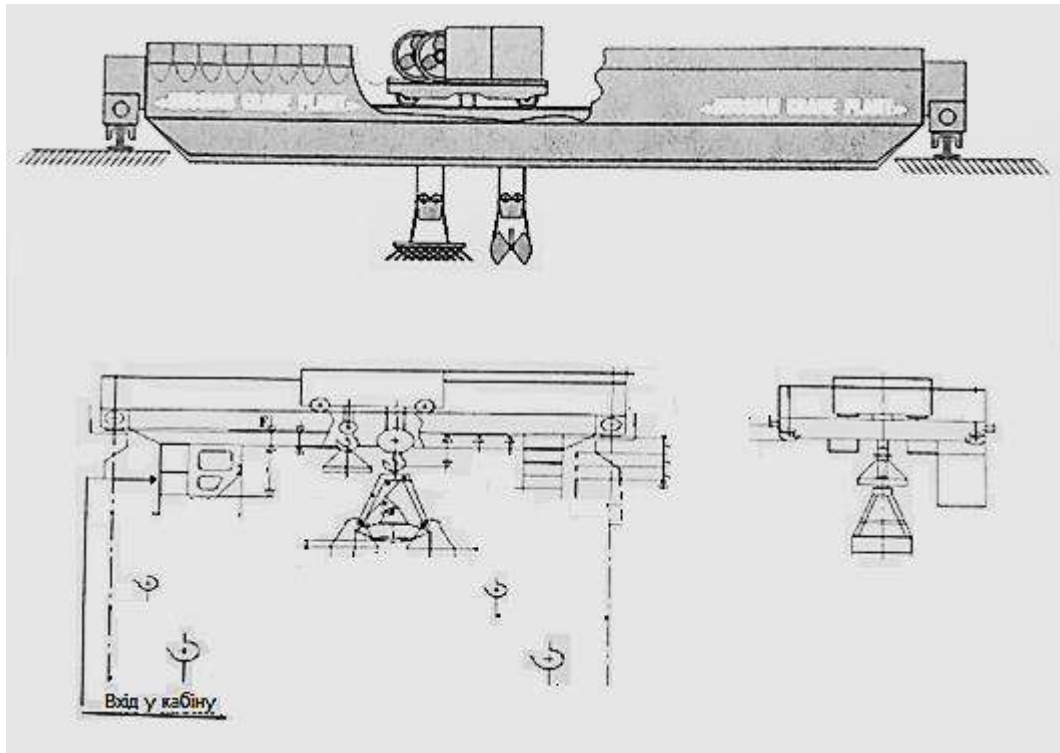


Рисунок 3.2 - Магнітно-грейферний кран

У магнітно-грейферних кранів кабель живлення електромагніту повинен намотуватись на допоміжний барабан, кінематично пов'язаний з головним барабаном.

При невеликій висоті підйому кабель закріплюється петлеподібно і при зміні висоти змінюється його провисання.

Найчастіше (при $H > 8\text{м}$) використовують кабель-барабан, кінематично пов'язаний з барабаном механізму підйому зубчастою або ланцюговою передачею з необхідним передавальним числом u .

1. Вибирають електромагніт за довідником по V та I – струму

$$I = \frac{P}{10^3 V}, \quad (3.1)$$

де P – потужність, кВт;

V – напруга, В.

За I визначається площа поперечного перерізу однієї жили кабелю S (мм²)

$$S = \frac{\sqrt{I^3}}{35} - 0,35, \quad (3.2)$$

де I – сила струму, А.

Вибираємо кабель з двома жилами, одною – фазою, іншою – землею, та d_k кабелю.

По d_k визначаємо діаметр D_k кабельного барабана.

$D_k \geq 16d_k$ для КРПТ кабеля, або вибираємо діаметр барабана;

$D_k \geq 10d_k$ для КРПГ кабеля.

Швидкість опускання магніту повинна бути відповідно до швидкості розмотування кабелю. Тоді передавальне число між барабанами дорівнюватиме

$$u = \frac{D_k \cdot i}{D_B}, \quad (3.3)$$

де i – кратність поліспасти.

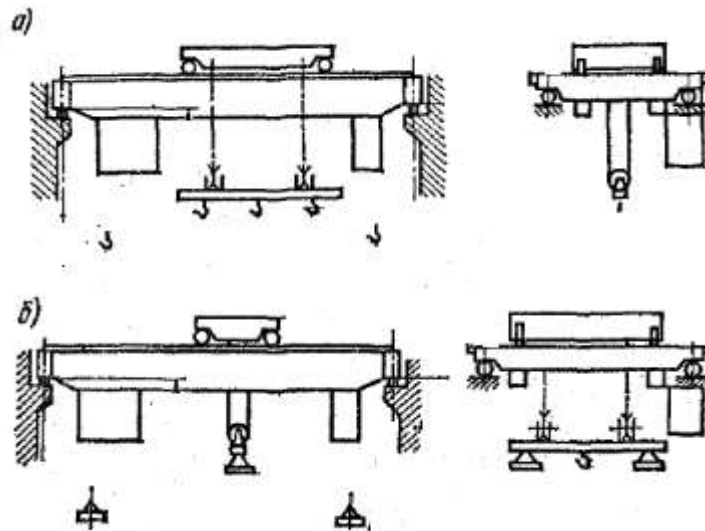
Для збільшення продуктивності роботи магнітних кранів використовують два або більше магнітів, підвішених на ланцюгах до підйомної траверси (рис.3.3).



Рисунок 3.3 – Парномагнітний спеціальний мостовий кран на перевалці скрапа

3.3 Крани з траверсою на гнучкому підвісі

Крани з траверсою призначені для транспортування довгомірних вантажів (рис. 3.4). Режим їх роботи у металургійному виробництві належить до групи 8К. Ці крани випускають із траверсою, розміщеною вздовж або поперек мосту. Крани можуть працювати з гаками або магнітами, для живлення яких на візку встановлюють кабельний барабан, синхронізований з механізмом підйому.



а) траверса вздовж мосту; б) траверса поперек мосту
Рисунок 3.4 - Кран з траверсою на гнучкому підвісі

3.4 Крани з обертаючимся візком

Крани з обертаючим візком призначені для транспортування сортового і листового прокату, бунтів дроту і рулонів стрічки в цехах і на складах металургійного виробництва. Вони мають міст і візок, що складається із двох частин. Верхня частина, на якій розташовані механізми підйому та обертання, спирається на кругову рейку, встановлену на нижній частині, що має механізм пересування візка. Траверса механізму підйому обладнана гаками чи магнітами. Крани працюють у режимах, що відповідають групам 6К-8К.

3.5 Однобалкові мостові крани

Досить поширені у використанні однобалкові мостові крани з консольним або підвісним вантажним візком (рис. 3.1). Такі крани легші за двобалкові аналоги на 10...40%. Крім того вони дозволяють краще обслуговувати підкрановий простір, а також ефективно можуть працювати у тандемі.

Недоліком однобалкових мостових кранів з консольним візком є те, що прогінна балка працює на згин і додатково на кручення (рис. 3.5).

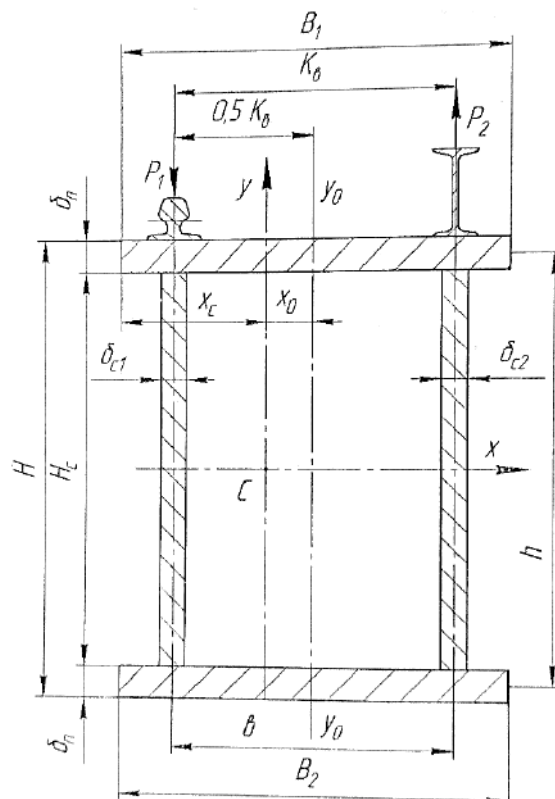


Рисунок 3.5 – Поперечний перетин головної балки крана з консольним візком

Консольна конструкція вантажного візка передбачає наявність опорних коліс та контр-коліс. Сили тиску P_1 та P_2 можна визначити через суми моментів відносно осей А-А та Б-Б (рис. 3.6).

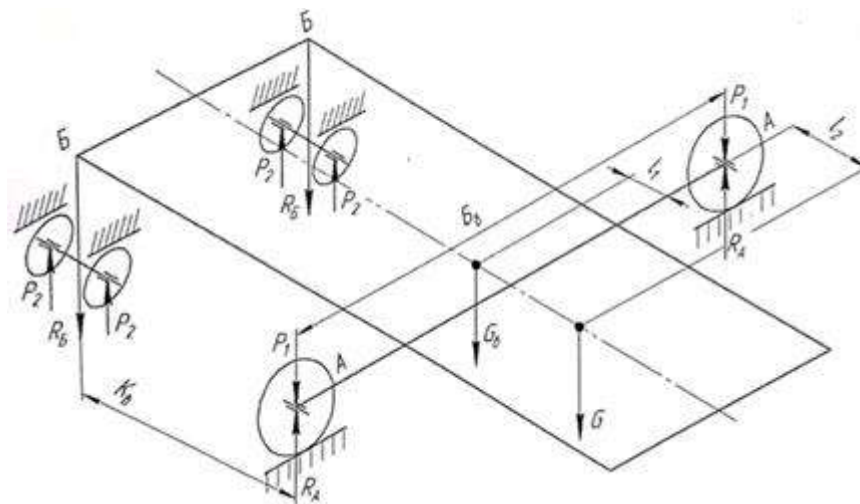


Рисунок 3.6 – Схема сил, що діють на консольний візок

$$R_B = \frac{G \cdot l_2 - G_B \cdot l_1}{k_B}; \quad (3.4)$$

$$R_A = \frac{G(l_2 + k_B) + G_B(k_B - l_1)}{k_B}, \quad (3.5)$$

де G – сила ваги піднятого вантажу та гакової підвіски, кН;

G_B – сила ваги візка, кН.

Силу ваги піднятого вантажу з урахуванням інерційних навантажень можна визначити за рівнянням

$$G = \varphi_d(G_Q + G_n), \quad (3.6)$$

де G_Q – сила ваги вантажопідйомності, кН;

G_n – сила ваги гакової підвіски, кН;

φ_d – коефіцієнт динамічності.

Тоді сила тиску коліс та контр коліс дорівнює

$$P_1 = \frac{R_A}{2}; \quad P_2 = \frac{R_E}{4}. \quad (3.7)$$

Для вибору коліс та роликів для консольного візка, а також для розрахунку опору пересування візка можна користуватися спрощеною схемою (рис. 3.7).

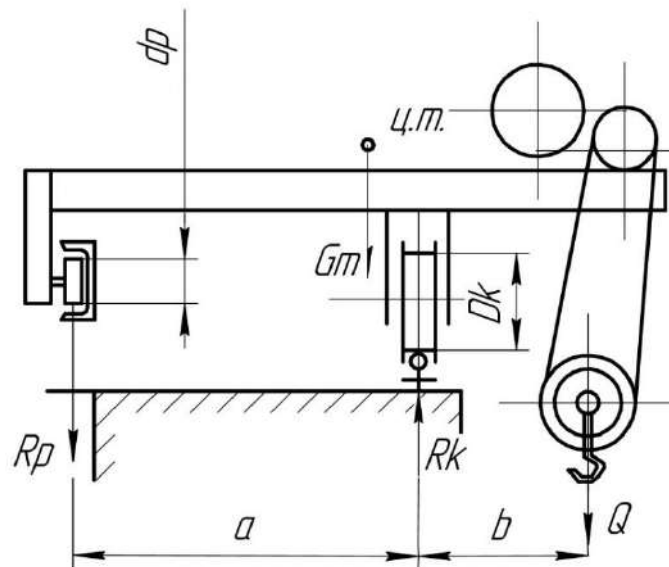


Рисунок 3.7 – Схема навантажень консольного візка

Для завантаженого візка тиск на опорні колеса дорівнює

$$R_k = \frac{Q(a+b) + G_T(a-c)}{a}, \quad (3.8)$$

де $R'_k = \frac{R_k}{n}$ – навантаження на одне опорне колесо, кН;

n – кількість опорних коліс, шт;

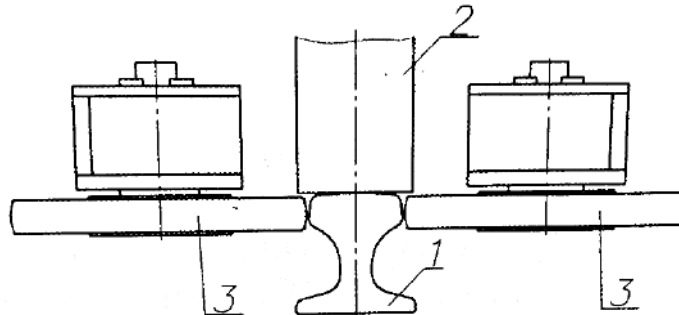
$R_p = \frac{Q \cdot b - G_T \cdot c}{a}$ – навантаження на контрролики, кН;

$R'_p = \frac{R_p}{z}$ – тиск на один ролик, кН;

z - кількість роликів, шт.

Особливості розрахунків приводів пересування з безребордними ходовими колесами.

Опір пересуванню навантаженого візка (рис. 3.8)



1 - підкранова рейка; 2 – безребордне кранове ходове колесо;
3 – горизонтальні ролики

Рисунок 3.8 - Встановлення горизонтальних роликів на балансирних балках крана

$$W_T = R_k \cdot \frac{2\mu + fd}{D_k} + R_p \cdot \frac{2\mu' + fd'}{d_p}. \quad (3.9)$$

Кріплення опорних підкранових та підвізкових рейок з можливістю регулювання приведені на рис. 3.9.

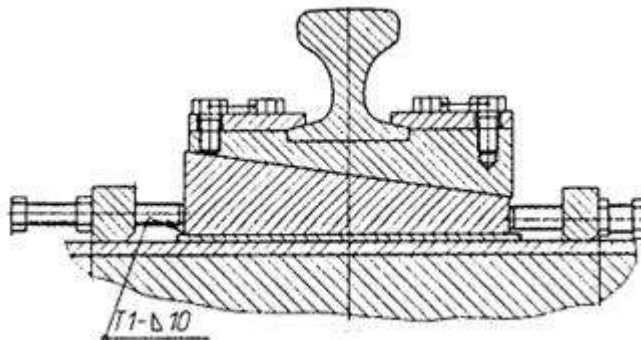


Рисунок 3.9 - Кріплення підкранової рейки

3.6 Монтажні мостові крани

Монтажні мостові крани призначені для переміщення важких відповідальних вантажів, переважно: цехове обладнання, машини, ротори турбін, верстати, обладнання прокатних станів, судові двигуни і ін. під час монтажу та ремонту об'єктів галузевого машинобудування. Зазвичай монтажні крани не мають важких режимних груп роботи. Особливістю таких кранів є можливість переміщувати вантаж з регульованою швидкістю до рівня монтажно-установчої, а також забезпечення достатньої точності і позиціонування монтажних одиниць та тривале утримання їх в заданій позиції з числовою фіксацією її.

На рис. 3.10 приведені мостові крани призначені для монтажу та ремонту обладнання машинного зала ГЕС.



Рисунок 3.10 – Монтажні мостові крани в машзалі ГЕС

Для переміщення особливо важких монтажних одиниць іноді доцільно використати два крана для роботи в тандемі. При цьому керування всіма приводами обох кранів, синхронізація їх роботи може бути здійснена із кабіни кожного крана, або взагалі дистанційно (онлайн).

На рис. 3.11 приведена робота двох мостових кранів в тандемі, які об'єднані однією траверсою, для монтажу роторів турбін в машзалі однієї з ГЕС.

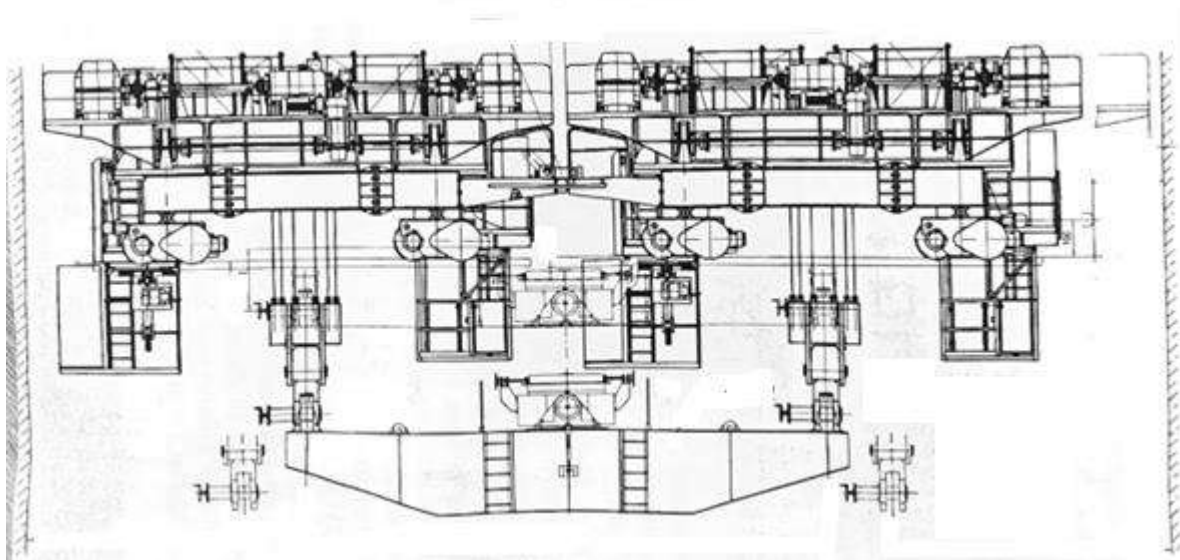


Рисунок 3.11 – Захоплення двома мостовими кранами траверси
вантажопідйомністю 720 т

3.7 Кільцеві мостові крани

В залежності від технологічних вимог та експлуатаційних функцій спеціальні мостові крани мають різні конструктивні особливості та ускладнення. Так кільцевий металургійний мостовий кран (рис. 3.12) призначений для обслуговування електросталеплавильних печей та конверторів. Особливістю крана є наявність 6-7 механізмів для технологічних

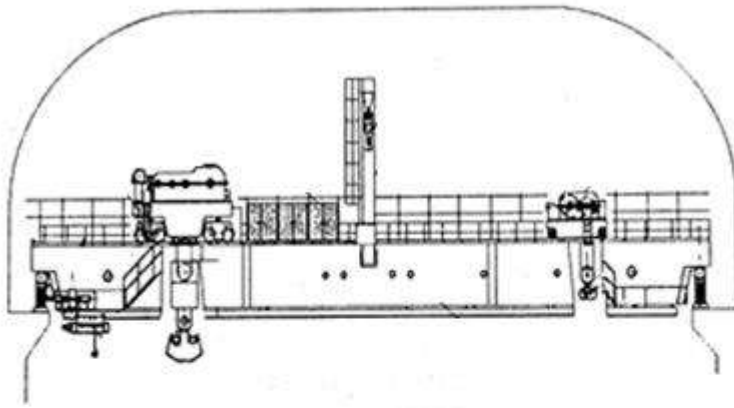
переміщень захоплюючого пристрою. Переміщення крана здійснюється по кільцевим коліям навколо обслуговуваного технологічного об'єкту.



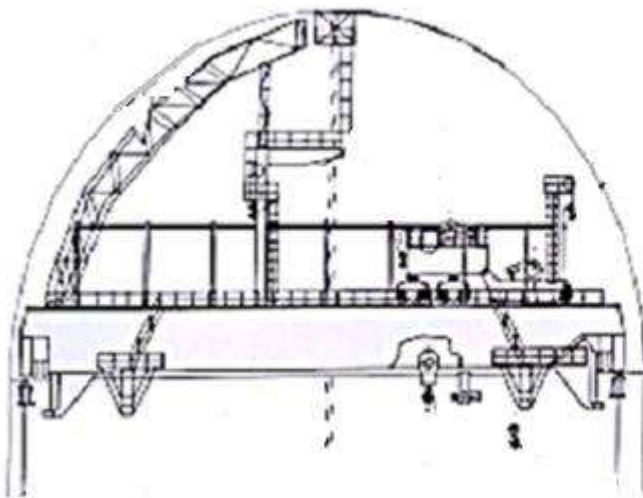
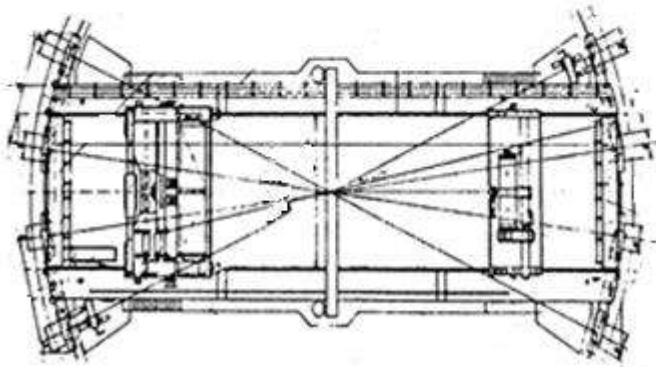
Рисунок 3.12 – Кільцевий металургійний мостовий кран

3.8 Полярні мостові спеціальні крани

Полярні мостові крани служать для заміни топливних елементів в ядерних реакторах АЕС (рис. 3.13, а) та для ремонту і обслуговування купола реактора АЕС (рис. 3.13, б).



a)



б)

а) для заміни топливних елементів; б) для ремонту купола реактора
Рисунок 3.13 – Спеціальні полярні крани

Основною особливістю полярних кранів є рух крана (обертання) по коловим підкрановим рейкам, рух візка здійснюється діаметрально.

4. МЕТАЛУРГІЙНІ КРАНИ

На відміну від звичайного мостового крана, який обслуговує кранівник і стропальник, металургійний кран, зазвичай, керується тільки машиністом. Відсутність стропальника потребує повної механізації вантажозахоплюючих органів металургійного крана. Щоб здійснити захоплення вантажу, органи захоплення більшості металургійних кранів мають жорстку підвіску, завдяки якій полегшується механізація керування підйомно-транспортними операціями крана з кабіни машиніста. Багато металургійних кранів використовують не тільки для підйомно-транспортних, але і для технологічних операцій. Наприклад, за допомогою колодязьних кранів, що обслуговують відділення нагрівальних колодязів прокатних цехів, здійснюють очищення подин нагрівальних печей від окалини та шлаку за допомогою спеціальних лопат. Напольно-завалювальні машини та завалювальні крани використовують для "планування" шихти в полум'яному просторі мартенівської та сталеплавильної печей. Долучення металургійних кранів до виконання технологічних операцій сприяє підвищенню продуктивності агрегатів, наприклад, мартенівських печей, оскільки прискорюється плавка шихти після її "планування".

Подальший розвиток металургійної промисловості висуває нові вимоги до конструкцій металургійних кранів, їхньої надійності, продуктивності, вантажопідйомності, механізації та автоматизації керування. Якщо багато конструкцій металургійних кранів наблизилися за конструктивними особливостями до маніпуляторів, тобто до машин, здатних без стропальника захопити і звільнити вантаж, то в найближчі роки вирішуватиметься складніше завдання - автоматизація керування металургійними кранами.

Мости кранів бувають балочними та гратчастими. Більшість з них забезпечені двома механізмами пересування. На мостах кувальних кранів розташовані по чотири роздільні механізми пересування. Залежно від власної ваги і ваги вантажу, що піднімається, мости можуть спиратися на чотири, вісім, дванадцять або шістнадцять ходових коліс.

Деякі крани мають по одному візку, наприклад, крани для роздягання зливків, посадкові, з лапами. Інші крани забезпечені двома візками - головним і допоміжним, наприклад, мульдо-магнітні, завалювальні, ливарні, колодязні, кувальні, гартувальні. Деякі з допоміжних візків обладнують двома механізмами підйому (ливарні крани). За конструктивним виконанням допоміжні візки мало відрізняються від візків мостових кранів загального призначення.

4.1 Вантажопотоки металургійних виробництв

Так як Запоріжжя входить в металургійний регіон, доцільно розглянути вантажопотоки Запорізьких металургійних комбінатів «Запоріжсталь» та ДСС.

До складу металургійного комбінату «Запоріжсталь» входять цехи основного і допоміжного виробництва.

Цехи основного виробництва:

- доменний;
- сталеплавильний (мартенівський, конвертерний);
- прокатний цех;
- ковальсько-пресовий;
- цех гнутих профілів.

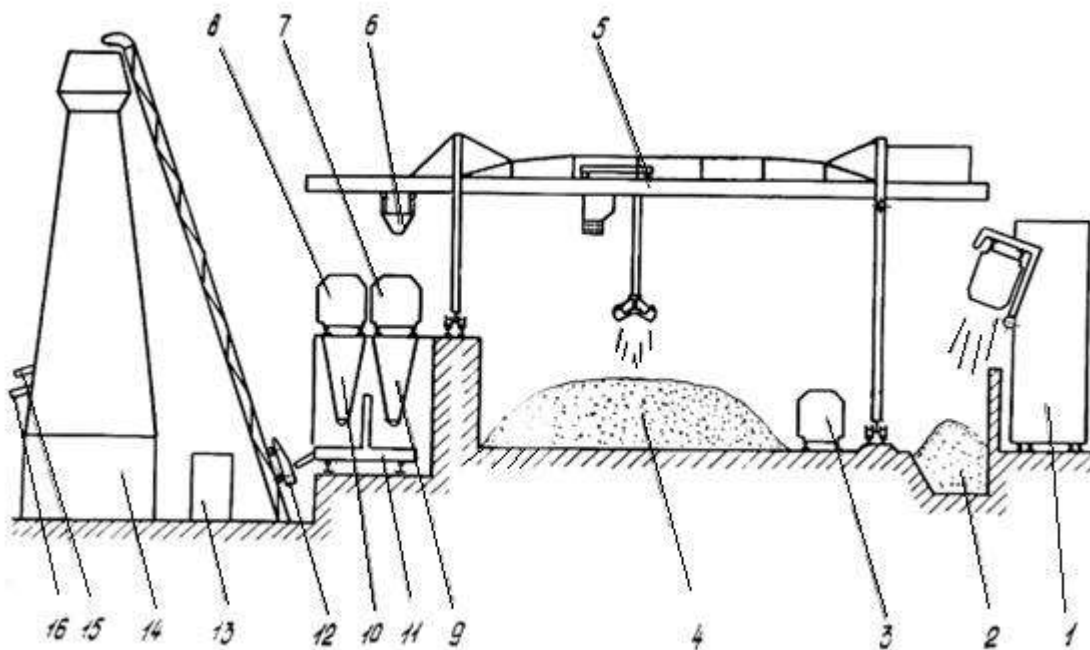
Допоміжні цехи:

- аглофабрика;
- копровий;
- цех вогнетривів;
- енергетичний цех (ТЕС, кисневий цех, компресорна станція, цех водопостачання, ремонтні цехи, транспортний цех).

Транспортні затрати складають від 35-45% загальних затрат металургійного виробництва.

Крім того – 45-55% робітників в металургії пов'язано з транспортом.

Рудне подвір'я облаштовано вагоноперекидачами та перевантажувачами (рис. 4.1).



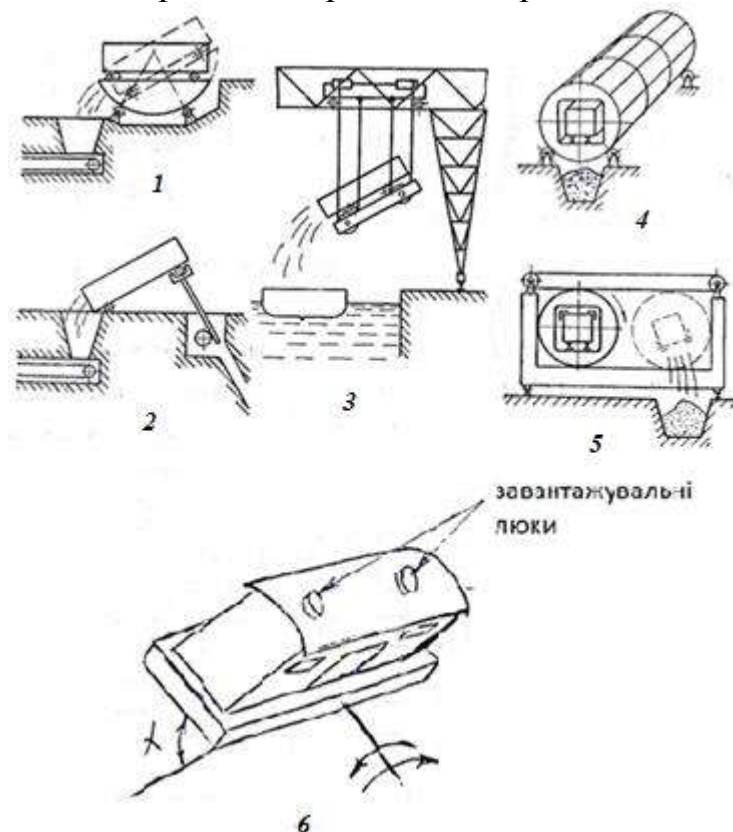
- 1 – вагоноперекидач; 2 – траншея розвантаження рудних матеріалів;
 3 – трансферкара; 4 – штабель шихти; 5 – мостовий перевантажувач (рудно-грейферний кран); 6 – воронка; 7 – трансферкара;
 8 – напіввагони з коксом та рудою; 9, 10 – бункери для руди та коксу;
 11 – вагон-ваги; 12 – скіповий підйомник; 13 – машинне відділення скіпового підйомника; 14 – домна; 15, 16 – шлаковий та чавунний жолоби;
 17, 18 – чавуновіз, шлаковіз

Рисунок 4.1 – Схема рудного двору доменного цеху

Сировина (руда, концентрат, кокс, вапно, окатиші) доставляється в доменний цех залізничними напіввагонами, розвантажуються вагоноперекидачем 1 в рудну траншею 2. Із траншеї руда грейферами мостових перевантажувачів 3 перевантажується в штабель 4, де створюється деякий запас, а також усереднюється склад шихти. Із штабеля руда, грейферним візком перевантажується через направляючу 6 в самохідний вагон (трансфекару) 7. Цим вагоном руда доставляється на аглофабрику, а звідти поступає агломерат, який засипається в бункер 10 бункерної естакади. В сусідній бункер засипається кокс. Під бункера переміщуються вагони-ваги 11, через які сировина завантажується у скіп 12 скіпового підйомника. По похилому мосту підйомника завантажений скіп піднімається на завантажувальний пристрій доменної печі 14. В процесі безперервної роботи доменної печі періодично через лютку 15 рідкий чавун зливається в чавуновізний ківш 17, а шлак – в ківш 18. Робота скіпового підйомника забезпечується лебідкою, що розташована в машинному залі 13.

4.2 Вагоноперекидачі

Вагоноперекидачі служать для високопродуктивного розвантаження сипких матеріалів із залізничних напіввагонів. Найбільш широко використовуємі вагоноперекидачі приведені на рис. 4.2.

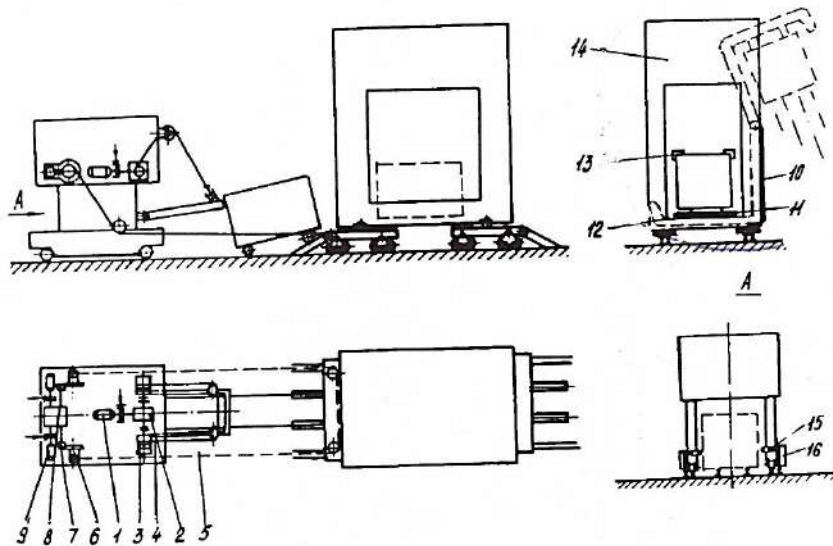


1, 2 – торцеві стаціонарні; 3 – торцевий пересувний; 4 – роторний стаціонарний; 5 – роторний пересувний; 6 – комбінований

Рисунок 4.2 – Схеми вагоноперекидачів

4.2.1 Бічний баштовий вагоноперекидний комплекс

Цей комплекс (рис. 4.3) надійно відпрацював більше 70 років на комбінаті «Запоріжсталь». Він заслуговує на те, щоб розглянути його конструкцію та роботу.



- 1 – електродвигун; 2 – редуктор; 3 – барабани; 4 – канат підйому стріли;
 5 – канат механізму наочування; 6 – барабани; 7 – відкрита зубчаста передача; 8 – редуктори; 9 – електродвигуни; 10 – люлька; 11 – платформа;
 12 – ролики; 13 – механізм затискання вагона; 14 – механізм перекидання люльки; 15 – електродвигун механізму пересування вагоноперекидача;
 16 – редуктор

Рисунок 4.3 – Схема бічного баштового вагоноперекидача

Бічний баштовий вагоноперекидний комплекс служить для механізованого розвантаження сипких матеріалів через бокову стінку напіввагона. Він складається з двох машин: наштовхувача напіввагонів і власне вагоноперекидача.

Наштовхувач напіввагонів є самохідним пристроєм на 4-х приводних колесах. Металоконструкція його виконана у вигляді порталу, всередині якого проходить залізничний потяг. На порталі наштовхувача розташовані механізми підйому стріли і наочування вагонів.

Механізм підйому стріли (рис.4.3) складається з електродвигуна 1, черв'ячного редуктора 2, двох барабанів 3, сталевих канатів 4, який закріплено кінцями на барабанах і охоплює блоки закріплені на кінці стріли.

Механізм наштовхування вагонів призначений для переміщення навантаженого вагона по похилому пандусу і подолання складової ваги вагона. Механізм наштовхування вагонів запобігає проковзуванню коліс при наочуванні вагонів на похилому пандусу. Всі чотири колеса наштовхувача привідні. Привід, складається з електродвигуна, вертикального зубчастого редуктора і гальма. Захопивши черговий завантажений вагон, наштовхувач переміщує його на люльку перекидача, чим зіштовхує з неї порожній вагон.

На рамі наштоувувача розташовані дві лебідки і кабіна машиніста. Лебідка механізму підйому стріли складається з електродвигуна, черв'ячного редуктора і двох барабанів, на яких закріплені кінці каната підйому стріли. Лебідка 9 механізму наштоувування вагонів складається з двох електродвигунів 2, зубчастого редуктора 8 і відкритої зубчастої передачі 7, що з'єднує редуктор з двома барабанами 6, на які намотуються канати 5 механізму.

Заштовхування завантаженого напіввагона здійснюється за рахунок підтягування наштоувувача до вагоноперекидача канатом 5.

Механізм пересування наштоувувача складається з чотирьох електродвигунів 15, чотирьох вертикальних редукторів 16 і чотирьох гальм.

Бічний баштовий вагоноперекидач складається з ґратчастої металокопструкції, що опирається на чотири 8-ми колісні візки. Всі колеса привідні.

До металокопструкції шарнірно кріпиться Г-подібна рама – люлька 10. По горизонтальній частині люльки на роликах 12 може пересуватися в бік платформи 11, на якій закріплені залізничні рейки. На рейки вкочується завантажений напіввагон, який фіксується механізмом затиску 13. У верхній частині вагоноперекидача розташовано привід механізму перекидання люльки 14.

При контуванні люльки на кут $10-15^\circ$ платформа із завантаженим напіввагоном зміщується до привалювальної стінки, а потім закріплюється захватами механізму затиску напіввагонів.

4.2.1.1 Механізм затиску вагонів

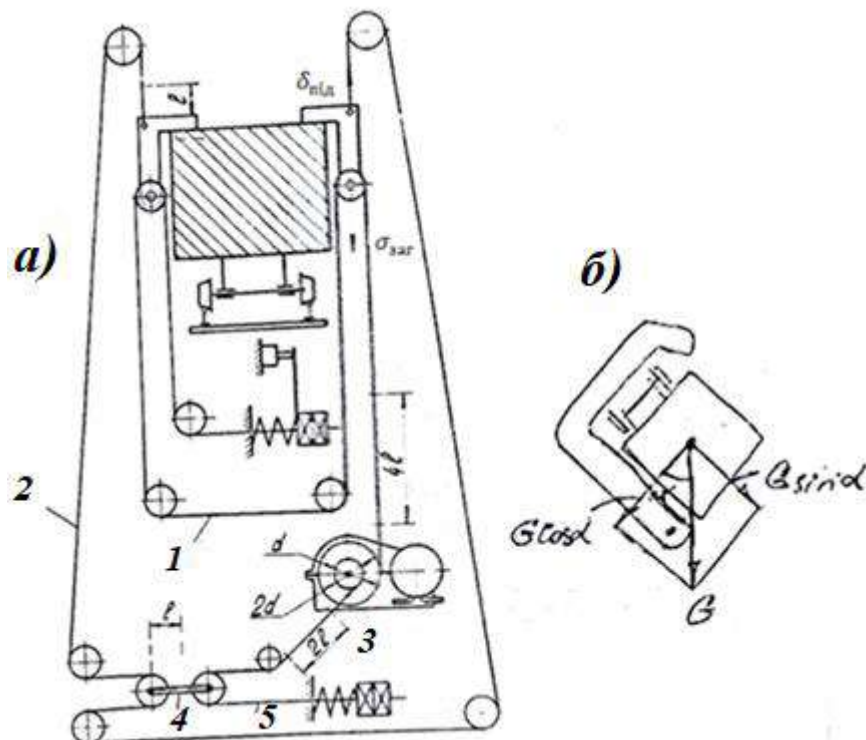


Рисунок 4.4 – Схема розрахунку механізму затиску напіввагонів

Механізм затиску вагонів (рис. 4.4) складається з чотирьох пар затисків з окремим приводом на кожну пару. Затиски накладаються на борти напіввагона канатами 1. При цьому затиски на привалювальній стінці люльки пересуваються тільки по вертикалі, а протилежні затиски – і по горизонталі завдяки шарнірній паралелограмній системі важелів, сполучених з платформою. При цьому можливий затиск напіввагонів різної ширини і висоти. Спочатку підйому люльки вмикаються приводи 3. Кожен привід складається з електродвигуна, еластичної муфти з гальмом, триступінчастого редуктора і барабану. Рівномірний притиск затисків при їх різному положенні по висоті із-за нерівностей бортів напіввагону досягається за допомогою ковзаючої каретки 4 і каната 5. Затиск напіввагону закінчується до повороту люльки на 90°. Потім шляховий вимикач вимикає електродвигуни і приводи утримуються від провертання електромагнітними гальмами. Підіймаються затиски канатами 2 при обертанні приводу в зворотньому напрямку.

Кратності підйомних канатів дорівнюють 2, затискних – 4.

Необхідне (рис.4.4, б) зусилля затиску напіввагонів дорівнює

$$\sum S_{\text{зат}} = G \sin \alpha - G \cos \alpha \cdot f = G(\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha). \quad (4.1)$$

4.2.1.2 Канатний механізм контування (перекидання) люльки

Схема канатного механізму контування (перекидання) люльки приведена на рис. 4.5.

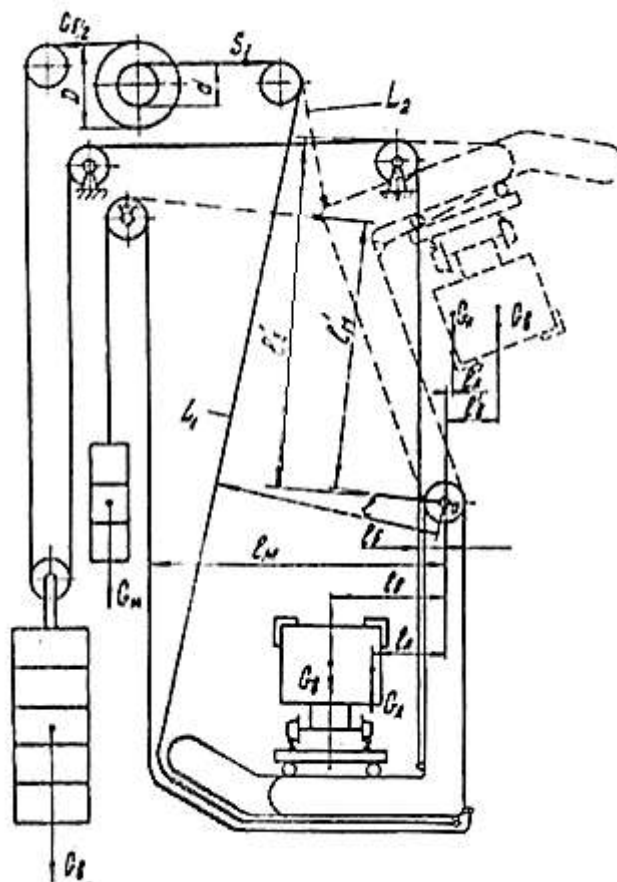


Рисунок 4.5 – Канатний механізм контування (перекидання) люльки

Визначення ваги противаг.

Перша умова – рівновага порожньої люльки (рис. 4.5)

$$\begin{aligned} \sum M_0 &= 0; & G_B &= 0; \\ G_L \cdot l_L &\geq \left(G_M \cdot l_M + \frac{G_B}{2} \cdot l_B \right) \cdot \eta_{\delta L}. \end{aligned} \quad (4.2)$$

Друга умова – повернення в початкове положення люльки з нерозвантаженим напіввагоном (із замерзлою рудою)

$$G_B \cdot l'_B + G_L \cdot l'_L \leq \left(G_M \cdot l'_M + \frac{G_B}{2} \cdot l'_B \right) \cdot \frac{1}{\eta_{\delta L}}. \quad (4.3)$$

Вирішуючи разом рівняння (4.2) і (4.3), визначимо вагу малої та вагу великої противаг: G_M і G_B .

Вибір канатів.

Використовуючи G_B і G_M , визначимо натяг в канатах

$$S_1 = \left(G_B \cdot l_B + G_L \cdot l_L - \frac{G_B}{2} \cdot l_B - G_M \cdot l_M \right) \cdot \frac{1}{l \cdot \eta_{\delta L}}. \quad (4.4)$$

Після повороту люльки з напіввагоном на певний кут, визначається S_2 . Далі вибирається по S_{max} тяговий канат.

Наступним визначається потужність електродвигуна

$$N = \frac{\Delta S \cdot v_{cp}}{6120 \cdot \eta_m \cdot \psi}, \quad (4.5)$$

де ΔS – приведенне зусилля на барабані, кН;

$$\Delta S = S_{max} - \frac{G_B}{2} \cdot \frac{D}{d};$$

$$v_{cp} = \frac{L_k}{t_{конт}};$$

$$L_k = L_1 - L_2(\text{графічно}), \text{ м};$$

ψ – кратність середньопускового моменту;

η_m – ККД механізму;

$t_{конт}$ – час контування ≈ 60 с.

Визначаємо U_{cp} .

Обираємо редуктор.

Обираємо гальмо.

4.2.1.3 Механізм пересування вагоперекладача

Механізм дозволяє здійснити привід на 16 привідних колесах з 32-ох опорних (рис. 4.6).

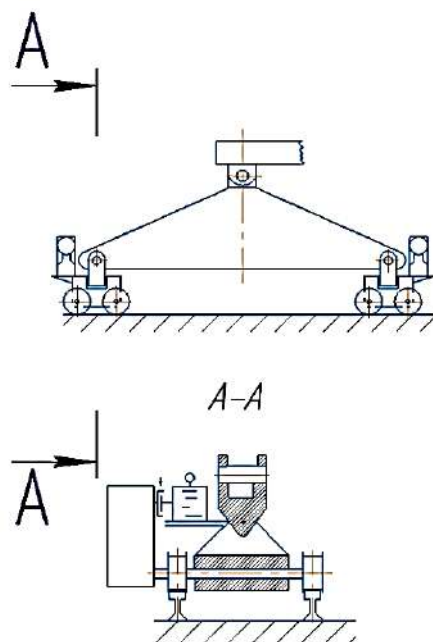


Рисунок 4.6 – Схема опорно-ходового балансиру перевантажувача

4.2.2 Роторний стаціонарний вагоперекладач

Схема роторного стаціонарного вагоперекладача приведена на рис. 4.7. Розвантаження завантаженого напіввагона здійснюється шляхом обертання ротора на опорних роликах на 180° . При цьому напіввагон є затиснутим в роторі.

Недолік: з траншеї треба вибирати насипаний вантаж (шихту).

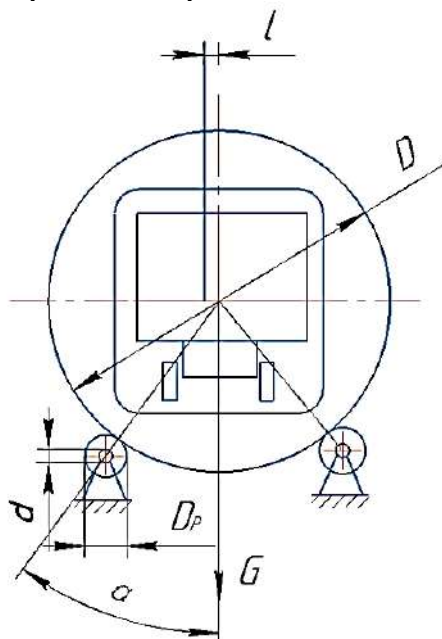


Рисунок 4.7 – Схема роторного стаціонарного вагоперекладача

Потужність електродвигуна механізму обертання ротора завантаженого вагоноперекидача дорівнює

$$p = \frac{T \cdot \omega}{10^3 \cdot \eta \cdot \psi'} \quad (4.6)$$

$$T = T_{mp} + T_{in} + T_e. \quad (4.7)$$

Момент опору від сил тертя складає

$$T_{mp} = \frac{G(2\mu + fd_0)}{2 \cos \alpha} \left(\frac{D}{d_p} + 1 \right). \quad (4.8)$$

Момент від сил інерції дорівнює

$$T_{in} = \frac{J_{пр} \cdot \omega}{t_p}. \quad (4.9)$$

Момент від ексцентриситету дорівнює

$$T_e = G \cdot e, \quad (4.10)$$

де μ – коефіцієнт втрат на перекочування ротора на опорних роликах;
 f_0 – коефіцієнт тертя в осях роликів;
 $J_{пр}$ – приведений момент інерції ротора з вагоном відносно осі обертання, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;
 e – ексцентриситет дії ваги вагона, відносно осі обертання ротора, м.

4.2.3 Роторний (з перекоченням) рухомий вагоноперекидач

Розвантаження напіввагона роторним рухомих вагоноперекидачем (рис.4.8) здійснюється за рахунок перекочування ротора по лінійним напрямним.

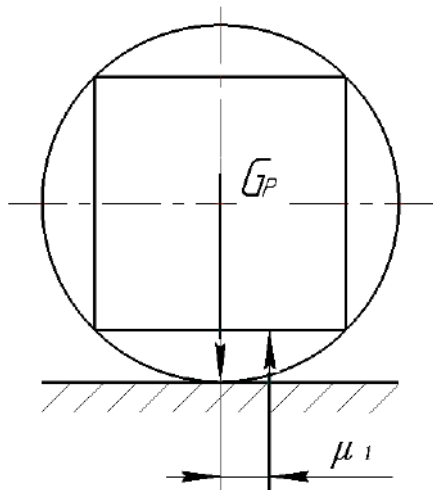


Рисунок 4.8 – Схема роторного рухомого вагоноперекидача

Момент опору сил тертя при перекочуванні ротора

$$T_{\text{тр}} = G_p \cdot \mu_1, \quad (4.11)$$

де μ_1 – коефіцієнт тертя кочення.

4.2.4 Порівняння мас та потужностей різних вагоперекидачів

Роторний перекидач:

| | |
|------------|------------------------------|
| маса | $G_p \approx 150 \text{ т};$ |
| потужність | $P_p = 150 \text{ кВт.}$ |

Баштовий перекидач:

| | |
|------------|--------------------------|
| маса | $G_6 = 600 \text{ т};$ |
| потужність | $P_6 = 250 \text{ кВт.}$ |

4.3 Спеціальні крани та механізми мартенівських цехів

До металургійних кранів, що використовуються в мартенівських цехах металургійних заводів, відносяться ливарні крани (міксерні, заливні та розливні), напольно-завалювальні машини та крани для роздягання мартенівських зливків.

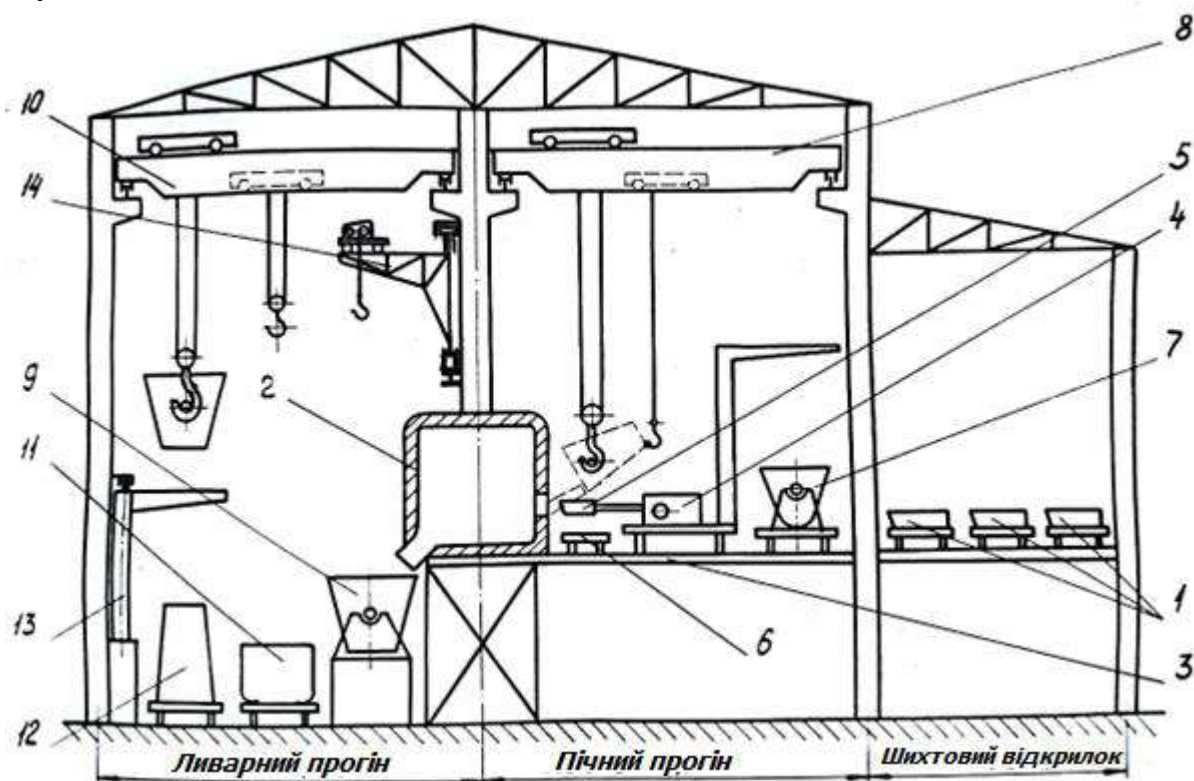


Рисунок 4.9 - Крани мартенівського виробництва

Головна будівля мартенівського цеху (рис. 4.9) складається з трьох прогонів: I – шихтове відділення; II – пічний прогін; III- ливарний прогін. Потяг, що складається з візків 1 з мульдами, доставляється в шихтове відділення, яке є прибудовою головної будівлі. В шихтовому відділенні на рівні робочого майданчика пічного прогону укладено три залізничних колії, на які виставляються візки із завантаженими і порожніми мульдами. Шихту для завалки доставляють до самої печі.

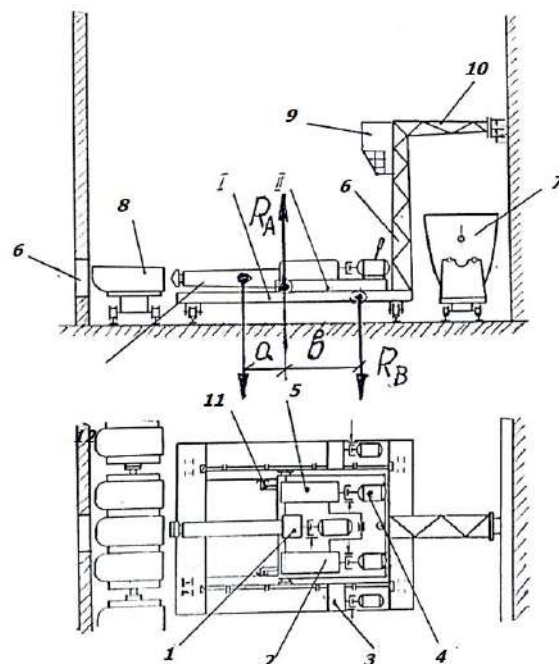
В пічному прогоні розташовані в ряд мартенівські печі 2. Завалку печей і спостереження за ходом процесу здійснюють з робочого майданчика 3. Тверді шихтові матеріали завантажують в мартенівську піч крізь завалювальні вікна завалювальною машиною 4 напольного типу, яка пересувається по рейкам уздовж цеху. Завалювальна машина за допомогою хобота знімає мульду 5 з шихтою з візка 6, вводить її крізь вікно в піч, обертанням хобота перевертає її і висипає з неї шихтові матеріали. Зворотним рухом порожня мульда виводиться з печі і опускається на візок.

Після того як тверда частина шихти достатньо прогріється, в піч заливають рідкий чавун. Ківш 7 з рідким чавуном з міксерного відділення доставляють в пічний прогін тепловозом. Тут ківш з рідким чавуном знімається з візка мостовим заливним краном 8, переноситься до печі, і чавун зливається по жолобу через вікно завалки в піч. В ливарному прогоні до кожної печі під випускними жолобами ставлять на стенді чотири ковши: два – для шлаку і два – для готової сталі 9. Після закінчення випуску сталі ківш зі шлаком мостовим розливним краном 10 переставляється із стенду на залізничний візок 11 і вивозиться на шлаковий двір. Тим же краном ківш зі сталлю подається на розливання до виливниць 12, встановлених на платформи. Виливниці накривають кришками за допомогою велосипедного крана 13. Консольний кран 14 служить для допоміжних і ремонтних робіт.

Сталь розливають у виливниці крізь отвір в дні ковша двома способами: зверху і знизу. При обох способах розливання виливниці встановлюють на платформах на піддони. Після кристалізації сталі потяг з виливницями вивозять у відділення для роздягання зливків.

4.3.1 Напольно-завалювальна машина

Напольно-завалювальна машина (рис. 4.10) служить для завантаження шихти в мартенівську піч, а також для переміщення потягу з мульдами вздовж печей.



I – міст машини; II – візок; 1 – механізм обертання хобота; 2 – механізм коливання хобота; 3 – механізм пересування моста; 4 – механізм замикання мульди; 5 – механізм пересування візка; 6 – завалювальне вікно мартенівської печі; 7 – чавуновізний ківш; 8 – потяг з мульдами; 9 – кабіна; 10 – щогла струмомоз'ємна; 11 – сковзун; 12 – хобіт
Рисунок 4.10 – Напольно-завалювальна машина

Машина може пересувати потяг уздовж печей хоботом.

4.3.1.1 Механізм пересування візка

Розглянемо механізм пересування візка та моста.

Центр ваги візка з мульдою розташований трохи попереду і задні колеса перекочуються по верхнім напрямним, контрміра проти перекидання тіла. Без мульди візок котиться по нижнім напрямним. Щоб він не зійшов з рейок, є бокові напрямні сковзуни.

Потужність електродвигуна пересування візка визначається при його перекосі. Розрахунковим є випадок, коли центр ваги візка знаходиться поза контуром опори (рис. 4.10)

$$\rho = \frac{(W + W_{\text{ін}}) \cdot v}{10^3 \cdot \eta \cdot \psi}, \quad (4.12)$$

$$W = W_A + W_B + W_{\text{пер}} + W_{\text{ш}}; \quad (4.13)$$

де W – опір пересуванню, кН;

W_A, W_B – опори пересуванню в опорно-ходових колесах, кН;

$W_{\text{ін}}$ – інерційні сили, кН.

Опори пересування в опорних колесах візка

$$W_A = R_A \cdot \frac{2\mu + f d_A}{D_A} = G \frac{a+b}{b} \cdot \frac{2\mu + f d_A}{D_A}; \quad (4.14)$$

$$W_B = R_B \cdot \frac{2\mu + f d_B}{D_B} = G \frac{a}{b} \cdot \frac{2\mu + f d_B}{D_B}. \quad (4.15)$$

Зусилля на розрівнювання шихти та перекосу візка

$$W_{\text{ш}} = 0,5 \cdot G_{\text{м}} \cdot f_1, \quad (4.16)$$

$$W_{\text{пер}} = 0,1(R_A + R_B)f_2; \quad (4.17)$$

- де d – діаметр цапфи колеса, м;
 D – діаметр колеса, м;
 $W_{\text{ш}}$ – опір розрівнюванню шихти, кН;
 $W_{\text{пер}}$ – опір перекосу, кН;
 G – вага візка, кН;
 $f_1 \leq 0,3$ – коефіцієнт тертя мульты по шихті;
 $f_2 = 0,15$ – коефіцієнт ковзання коліс по рейках;
 $G_{\text{м}}$ – вага шихти, кН;
 f – коефіцієнт тертя при обертанні валів в опорах;
 v – швидкість візка, м/с;
 η – ККД приводу пересування візка
 μ – коефіцієнт тертя кочення коліс.

4.3.1.2 Особливості розрахунку приводу пересування мосту

Потужність двигуна приводу пересування крана (рис. 4.11)

$$\rho = \frac{(W + W_{\text{ш}}) \cdot v}{10^3 \cdot \eta \cdot \psi},$$

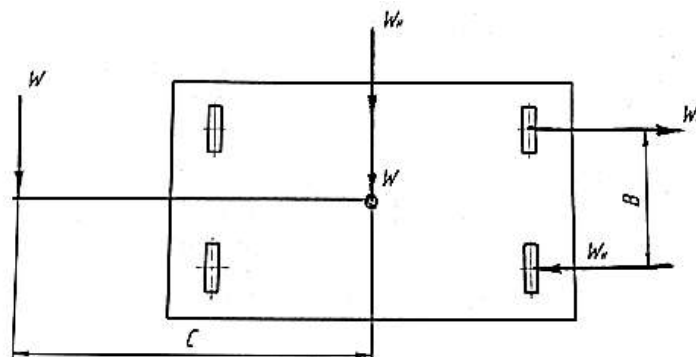


Рисунок 4.11 – Сили, що діють на міст при його пересуванні

Опір пересуванню крана

$$W = W_M + W_{\text{пот}} + W_{\text{пер}}; \quad (4.18)$$

$$W_M = G_M \cdot \frac{2\mu + fd}{D}; \quad (4.19)$$

$$W_{\text{пот}} = \frac{G_{\text{пот}}(2\mu + fd_{\text{пот}})}{D_{\text{пот}}}; \quad (4.20)$$

$$W_{\text{пер}} = W_H \cdot f'' = 2W_{\text{пот}} \frac{c}{h} \cdot f'', \quad (4.21)$$

де W_M – опір пересуванню моста, кН;
 $W_{\text{пот}}$ – опір пересуванню потяга з мутьдами, кН;
 $W_{\text{пер}}$ – опір від перекоосу моста, кН;
 W_H – сила перекоосу моста, кН;
 $G_{\text{пот}}$ – вага потяга, кН;
 $D_{\text{пот}}, d_{\text{пот}}$ – діаметри коліс та цапф потяга, м;
 f'' - коефіцієнт бокового тертя реборд коліс мосту по рейкам.

4.3.2 Ливарні крани

До ливарних кранів відносяться: міксерні, заливні, розливні крани. Вони мають головний і допоміжний візки.

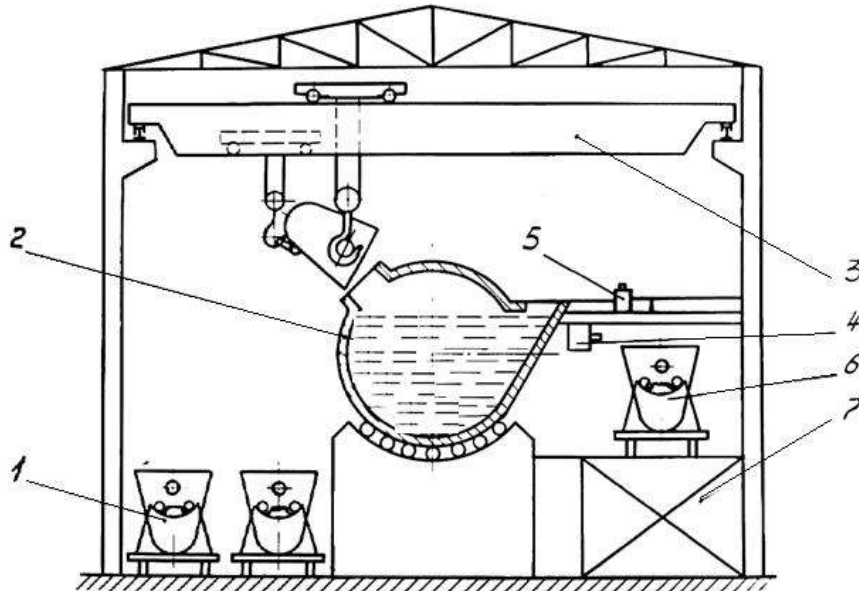


Рисунок 4.12 - Міксерне відділення

4.3.2.1 Міксерні крани

Міксер (рис. 4.12) встановлено у окремій будівлі на високому фундаменті. В будівлі три робочих майданчика: нижній – для подавання рідкого чавуну з доменного цеху чавуновозами; середній – на рівні робочого майданчика пічного прогону мартенівського цеху; верхній – для обслуговування міксера.

Потяг чавуновозів *1* прибуває на одну із вільних нижніх колій міксерної будівлі, в середині якої пересувається мостовий міксерний кран *3*.

За допомогою мостового крана ковші по черзі знімають з платформ, піднімають і контують для зливу рідкого чавуну в міксер *2* через його верхній люк. Після розвантаження кран опускає порожній ківш і встановлює його на платформу. Аналогічний ківш *6* подається під розливний носок міксера. Він заповнюється усередненим по хімічному складу рідким чавуном при температурі 1500°C в результаті контування міксера, далі зважується на вагах *7* і доставляється електровозом в головну будівлю до мартенівських печей.

На верхньому майданчику розташовані машина *5* для скачування шлаку з міксера, а також установка *4* для уловлювання графіту.

Відмінностями розливних кранів є ті, що на допоміжному візку є 2 механізми підйому. Крім того, вантажопідйомність розливних кранів може доходити до 600 тонн ($Q = 630 + 80/16$); де 630 т – головний візок; 80 т – головний підйом допоміжного візка; 16 т – допоміжний підйом допоміжного візка.

4.3.2.2 Розливні та заливні ливарні крани

Ливарні крани бувають з чотирибалковими, що більш широко використовується, та двобалковими мостами. У перших головний та допоміжний візки можуть автономно переміщуватися по своїм головним балкам. У двобалкових кранах допоміжний візок переміщується по колії, що розміщена на головному візку.

Ливарні мостові крани є основним (технологічним) підйомно-транспортним обладнанням, яке використовується на металургійних підприємствах для транспортування, заливання та розливання рідкого металу. В основному вони застосовуються для заливання розтопленого чавуну в конвертери, мартенівські печі або в завантажувальний отвір електричної печі. Також вони служать для транспортування ковша з розтопленою сталлю на приймальний пристрій, де її розливають у виливниці, або для транспортування розтопленої сталі на установку піч-ківш, де рафінують метал.

Ливарні крани призначені для обслуговування конвертерних, мартенівських та електросталеплавильних цехів металургійних підприємств. Вони розраховані на важкий та надважкий режим роботи, який включає високі, пов'язані з технологією виробництва, статичні, динамічні та ударні навантаження.

Ливарні крани мають нормальний ряд вантажопідйомностей: 75 (80)/20, 100/32, 125/32, 140/40, 160/40, 180/50, 200/50, 225/50, 225/63, 240/63, 280/63 (80), 300/80, 320/80, 360/80, 450/80, 480/80 (100), 540, 630 т.

Основна швидкість підйому вантажів становить 6-12 м/хв.

Ливарні металургійні крани поділяють на транспортувальні, заливні та розливні крани.

Транспортувальний кран призначений для передачі ковша з розтопленим металом зі сталевозу на поворотний стенд машини безперервного литва заготовок (МБЛЗ), або піч-ківш.

Заливний кран обслуговує пічне відділення цеху та заливає з ковшів рідкий чавун у міксери, мартенівські печі, конвертери або електросталеплавильні печі.

Розливний кран використовують для розливання мартенівської або конверторної сталі у виливниці або форми.

Ливарні металургійні крани мають, як правило, кілька механізмів підймання: головний, призначений для переміщення ковша з розплавленим металом; перший допоміжний (а при необхідності другий і третій) механізм підйому, який контує ківш при заливці, а також інші механізми підйому, призначені для виконання робіт з обслуговування обладнання в прогоні.

Головний підйом, як правило, розміщується на окремому головному візку. На окремому допоміжному візку розташовуються механізми допоміжних підйомів, зазвичай, кілька механізмів. Інші механізми підйомів, необхідні замовнику, можуть розташовуватися на цих і/або додаткових візках і/або являти собою пересувні електротельфери, встановлені на окремих монорейках на мосту крана.

На одному візку можуть бути розміщені і головний, і перший допоміжний механізми підйому. У цьому випадку перший допоміжний механізм підйому встановлюється на окремі рейки, встановлені на візку головного підйому, з можливістю керованого переміщення по рейкам для підведення гака до ковша та відстеження переміщення гака при заливці або контуванні ковша.

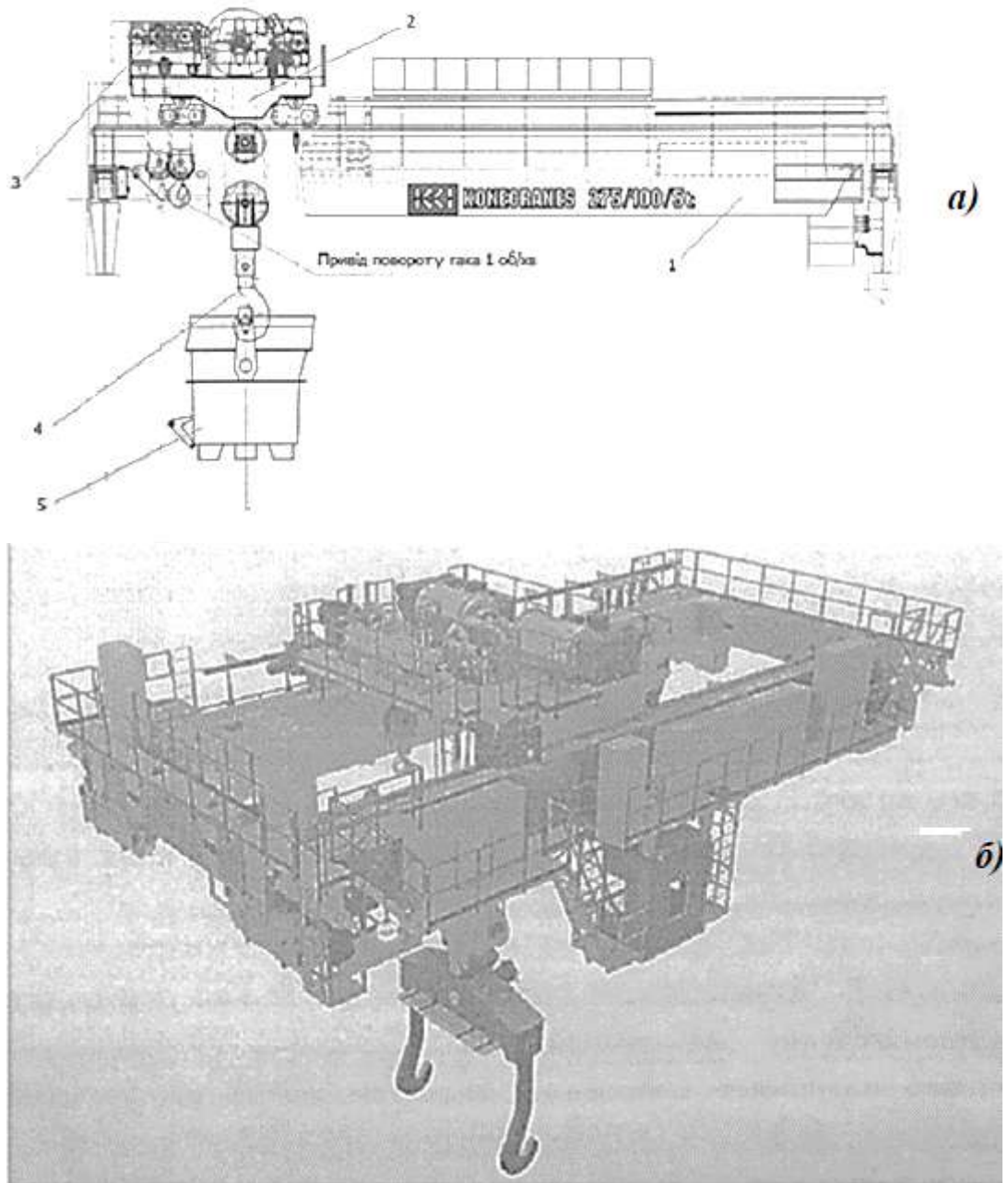
Залежно від кількості візків та технологічних умов експлуатації ливарні мостові крани можуть мати дві, три або чотири прогінні балки, які за допомогою торцевих балок зв'язуються в єдину раму-міст. Рама спирається на механізм пересування крана, який є, як правило, балансірною багатоколісною (8-24 коліс) і багатопривідною (4-8 приводів) системою.

Виходячи із загального кранового компонування кранову лінійку ливарних кранів поділяють на наступні групи.

Двобалкові ливарні крани з одним візком, на якому розміщено механізм головного підйому. Ці крани призначені тільки для транспортування вантажів та перенесення ковшів з рідким металом без їхнього контування. Вантажопідйомним органом може бути гакова підвіска або двогакова траверса.

Двобалкові ливарні крани з одним візком (рис. 4.13), на якому розміщено механізм головного підйому та один допоміжний механізм підйому, що встановлюється на окрему раму та має можливість переміщення по рамі візка. Ливарні крани цієї групи призначені для транспортування вантажів, перенесення ковшів з рідким металом та їх контування. Вантажопідйомним органом головного підйому може бути гакова підвіска або двогакова траверса для ковша. Допоміжний підйом має гакову підвіску. Вантажопідйомність головного підйому цих кранів – до 300 тон. При технологічній необхідності повороту ковша використовується поворотний візок.

Трибалкові ливарні крани використовуються при необхідності повороту ковша та вимог про наявність допоміжних механізмів підйомів великої вантажопідйомності (значно більшої, ніж у серійних електротельферів), або при необхідності спеціалізації цих допоміжних механізмів підйомів (грейферний та/або магнітний). У цьому випадку головний візок аналогічний іншій компоновальній групі ливарних кранів. Візки такого ливарного крана рухаються паралельно в одному рівні.



а) $Q = 275/100/5$ т – ф. Конє Крейнс; б) $Q = 100$ т – ХЕЗ ПТМ
Україна

Рисунок 4.13 – Двобалкові ливарні крани

Чотирибалкові ливарні крани (рис. 4.14) є найбільш затребуваними і завжди оснащуються двома візками: головним і допоміжним, які паралельно

переміщуються своїми прогінними балками мосту на різних висотних рівнях. Допоміжний візок має можливість проїзду під головним візком (рис. 4.15). Вантажопідйомність головного підйому цих ливарних кранів досягає до 600 т.

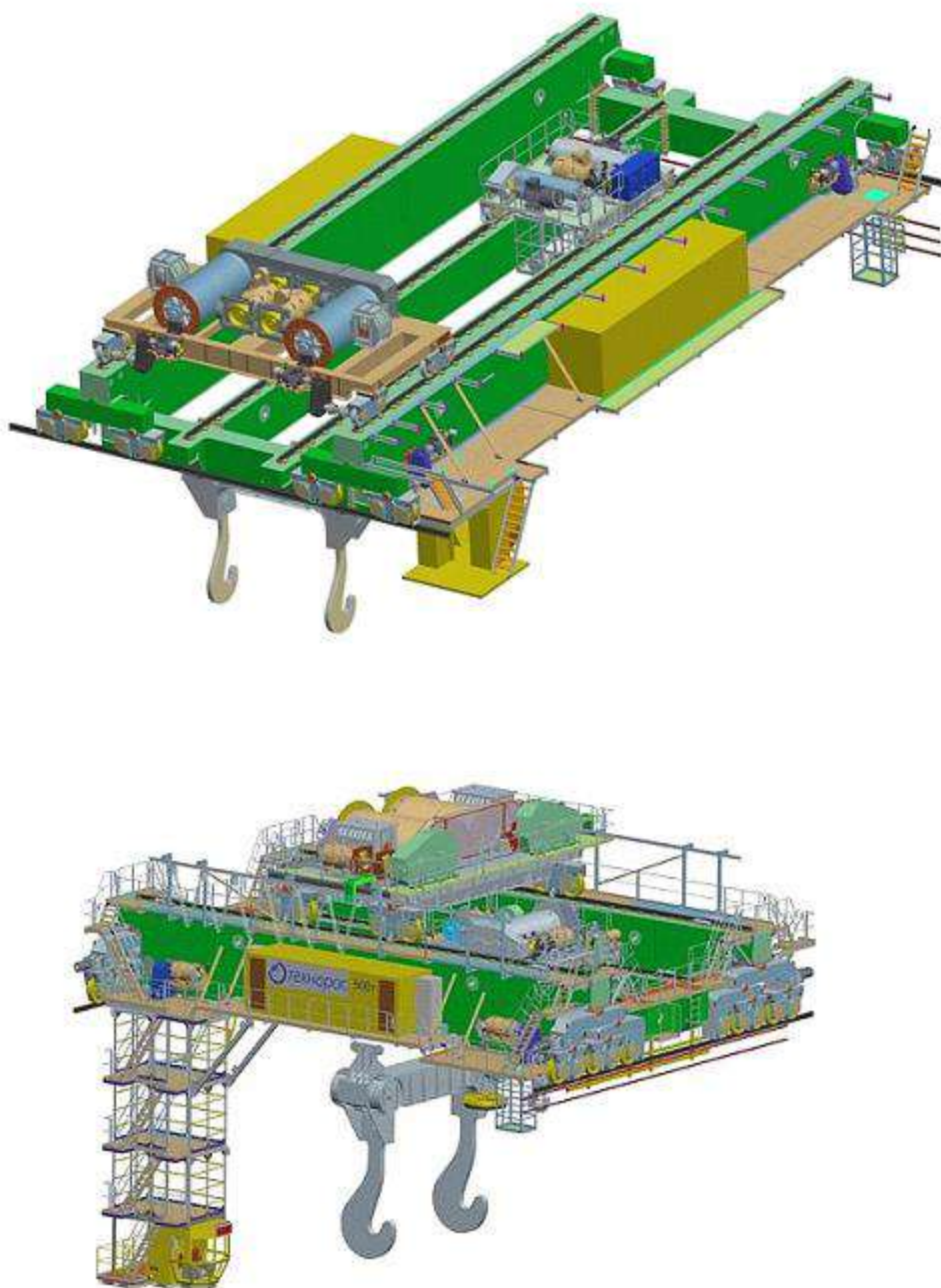


Рисунок 4.14 – Чотирибалкові ливарні крани різних виробників

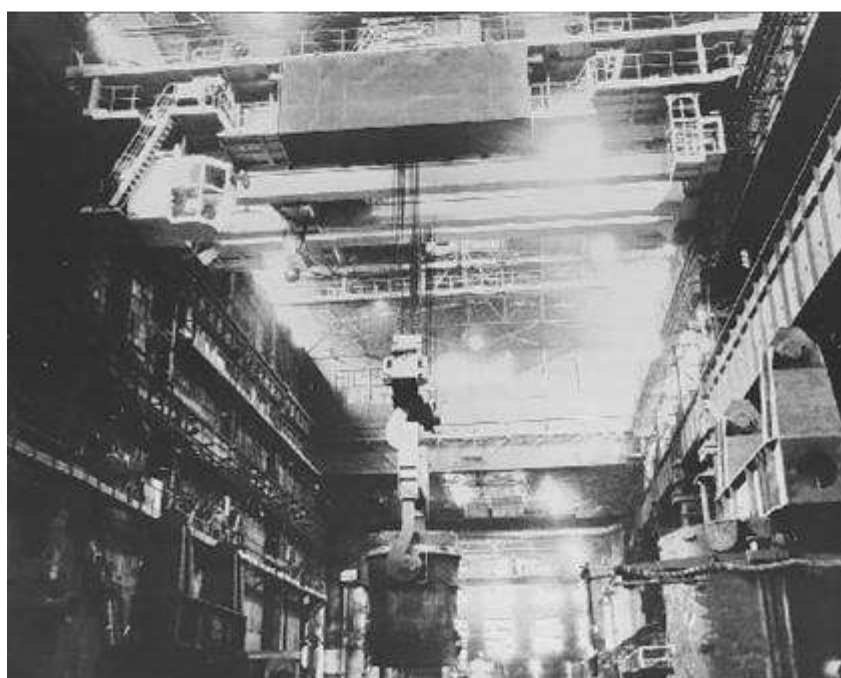
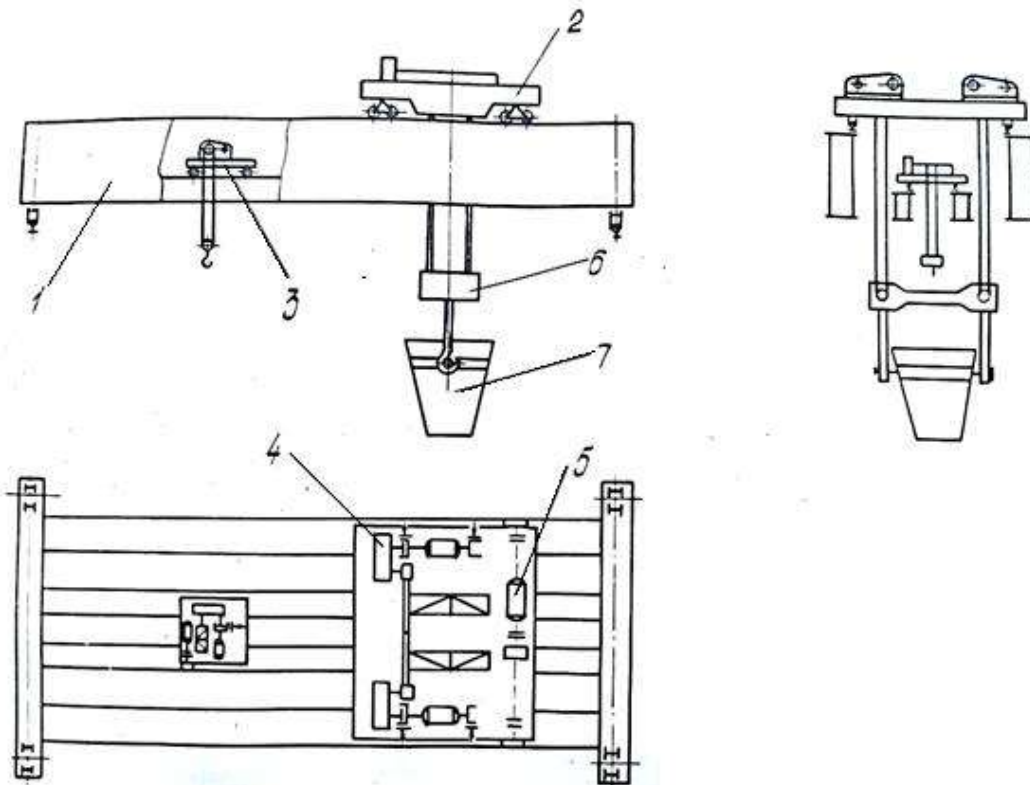


Рисунок 4.15 – Чотирибалкові ливарні крани в робочій зоні

4.3.2.3 Схема чотирибалкового ливарного крана

Типовий чотирибалковий ливарний кран (рис. 4.16) складається з мосту 1, головного 2 та допоміжного 3 візка, механізму головного підйому 4, пересувного механізму 5, підйомного стропа порталного типу 6, ковша 7, електроприводів, контролерів, запобіжних механізмів, звітних пристроїв тощо.

Головний візок переміщується по рейкам головних балок, а допоміжний візок - по рейкам допоміжних балок і може проходити під головним візком. Підйомний строп порталного типу (вантажопідйомна траверса) підвішується за допомогою головного вантажопідйомного механізму. Приводні пристрої пересувного механізму крана розташовані всередині головних балок по чотирьох кутах моста. Міст крана є сталевим несучим каркасом (рамою), що складається з головних і допоміжних балок, зв'язаних між собою кінцевими балками в жорстку пласку раму. Опорно-колісні візки шарнірно приєднані до кінцевих балок. Всі електроприлади розташовуються, зазвичай, всередині головних балок.



1 – міст крана; 2 – головний візок; 3 – допоміжний візок; 4 – механізм підйому головного візка; 5 – механізм пересування головного візка; 6 – траверса з пластинчастими гаками; 7 – сталерозливний ківш

Рисунок 4.16 – Схема чотирибалкового ливарного крана

Головний візок чотирибалкового ливарного крана має здубльований привід для забезпечення максимально безпечної роботи. У механізмі підйому використовують храповий механізм для випадку виходу одного з двигунів з ладу. При цьому можна працювати іншим приводом.

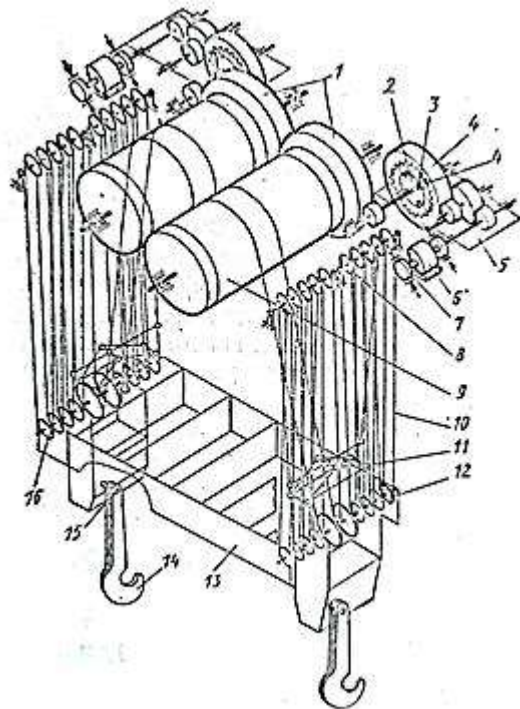
4.3.2.4 Особливості механізму головного підйому

При рівних числах обертів $n_1 = n_2$ (рис. 4.17) храпове колесо – замкнуте.

При $n_1 > n_2$ зберігається частота обертання барабанів.

Перший двигун, будучи перевантаженим, знижує оберти. Другий двигун буде збільшувати оберти, що дозволить рівномірно завантажити обидва двигуни, тобто частоти обох двигунів зрівняються $n_1 = n_2$.

При виході з ладу одного з двигунів знеструмлюється електроланцюг цього двигуна, а гальма автоматично загальмовують цю половину привода для того, щоб зробити підйом іншим двигуном, що можливо здійснити при здубльованому приводі підйому завдяки роботі храпових механізмів.



- 1 – зчеплені зубчасті колеса на барабанах; 2 – внутрішній храповий механізм; 3 – собачки храпового механізму; 4 – відкритий редуктор; 5 – постіль приводу підйому; 6 – двигун механізму підйому; 7 – гальма механізму підйому; 8 – нерухома блочна коробка поліспасти; 9 – барабани механізму підйому; 10 – канати поліспасти; 11 – канати підйомні (йдуть на барабан); 12 – рухома блочна коробка; 13 – траверза; 14 – гаки; 15 – термозахистний лист траверзи

Рисунок 4.17 - Схема механізму підйому головного візка чотирибалкового ливарного крана

4.4 Спеціальні крани прокатних цехів

До прокатного цеху відносять стріперне відділення та відділення нагрівальних колодязів. У вказаних відділеннях та в самому прокатному цеху більшість основних технологічних та підйомно-транспортних операцій виконують спеціальні крани: крани для роздягання зливків (стріперні),

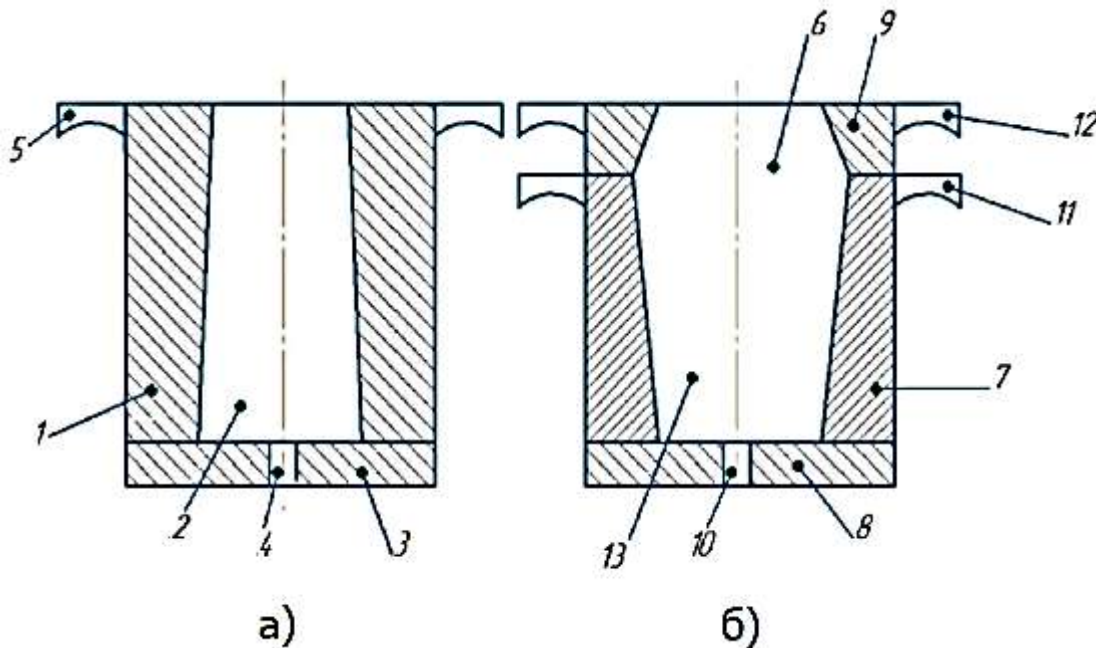
кліщові (колодязні), кран з лапами (пратцен-кран), крани для транспортування (передачі) слябів, крани для передачі рулонів сталі.

Слід відзначити, що спеціальні крани прокатних цехів переважно працюють з металевими вантажами, розігрітими до температури 1500°C.

4.4.1 Крани для роздягання зливків (стриперні)

Розливні крани розливають розтоплену сталь у виливниці.

У поперечному перерізі зливки можуть бути квадратними, круглими, шестигранними, восьмигранними. Крім того, зливки бувають з уширенням (рис. 4.18) вниз та наверх.

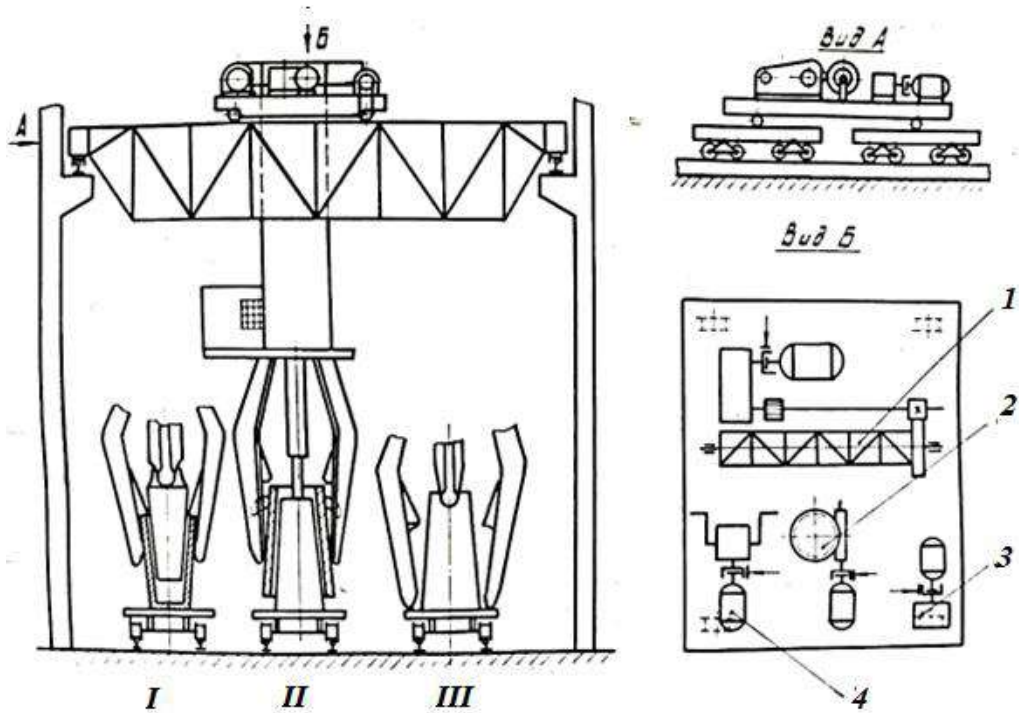


1, 7 – виливниці; 2, 13 – зливки; 3, 8 – піддони; 4, 10 – сифони; 5, 11 – вуха виливниць; 6 – прибуткова частина; 9 – надставка; 12 – вуха надставки
Рисунок 4.18 - Зливки у виливницях з уширенням *а)* вниз, *б)* наверх

Виливниці в середині перед заливкою сталі покривають вапняним розчином. Розчин входить в нерівності, утворюючи подушку. Рідку сталь заливають у виливниці знизу через сифон. Більшість зливків, приблизно 85% витягуються з виливниці вільно, а 15% зливків приварюються, дістають їх примусово.

Для вилучення зливків використовують триопераційні і двоопераційні крани.

Основними робочими органами стриперного крана (рис. 4.19) є великі кліщі, малі кліщі та наконечник.



1 – механізм підйому; 2 – механізм стріперування; 3 – механізм пересування візка; 4 – механізм керування великими кліщами

Рисунок 4.19 - Схема стріперного крана

Робочі операції стріперного механізму (рис. 4.19):

Операція I – витягання зливка із виливниці з розширенням наверх.

Своїми виступами великі кліщі упираються в краї виливниці. Механізм стріперування 2 вмикається на підйом штемпеля, який захоплює за собою обойму з проушинами. Ролики малих кліщів переміщуються в нижню частину пазів, розходячись при цьому. Нижні кінці малих кліщів зближуються, захоплюючи зливок за прибуткову частину. Після занурення кернів в тіло зливка рух роликів в пазах припиняється і подальша робота механізму стріперування призводить до відриву зливка від виливниці при одночасному його підйомі.

Операція II – зняття виливниці із зливка з розширенням вниз.

Перший спосіб. Механізмом керування розкривають великі кліщі і опускають їх до тих пір, поки проушини не опиняться на висоті вух виливниці.

Після закривання великих кліщів, виливниця захоплена за вуха. Якщо виливниця не приварилась до зливка, її знімають механізмом підйому. Якщо вона приварилась, її підіймають приблизно на 100 мм над піддоном, а потім включають механізм стріперування. При цьому обертовий момент від електродвигуна передається крізь квадратний вал і зубчастий двоступеневий редуктор на порожнистий гвинт, який від цього вигвинчується з гільзи-гайки вниз. Одночасно з цим з порожнистого гвинта вигвинчується гвинт, який закріплено на штемпелі. При цьому штемпель з наконечником опускається до упора наконечника в зливок. Подальша робота механізму призводить до

виштовхування зливка із виливниці. Підчас цієї операції обойма з провусиною опускається услід за штемпелем до тих пір, поки ролики малих кліщів не займуть верхнє положення в пазах. Нижні кінці малих кліщів максимально розводяться. Малі кліщі разом з траверсою і обоймою висять на гнучкій тязі, закріпленій до патрона.

Другий спосіб. Великими кліщами захоплюють виливницю за вуха. Включають механізм стриперування на опускання наконечника до упору в зливки. Подальша робота механізму стриперування при зупинці наконечника викликає переміщення наверх гвинта і гільзи-гайки, зв'язаної з патроном. А так як на патроні закріплені великі кліщі, вони будуть переміщуватися вгору, зриваючи виливницю із зливка.

Операція III – відрив зливка, що приварився до піддону. Виконується таким же чином, як і операція I. Тільки в цьому випадку великі кліщі своїми кінцями упираються в піддон, а зливки, з якого заздалегідь знята виливниця, малими кліщами відривається від піддону вгору за допомогою механізму стриперування.

Стриперним краном виконується штатна технологічна операція – прибирання окалини з робочої зони електромагнітом на траверсі, яка захоплюється великими кліщами.

4.4.1.1 Механізм керування великими кліщами

Великі кліщі 13 (рис. 4.20) шарнірно приєднані з двох сторін до патрону 14, який є корпусом стриперного механізму.

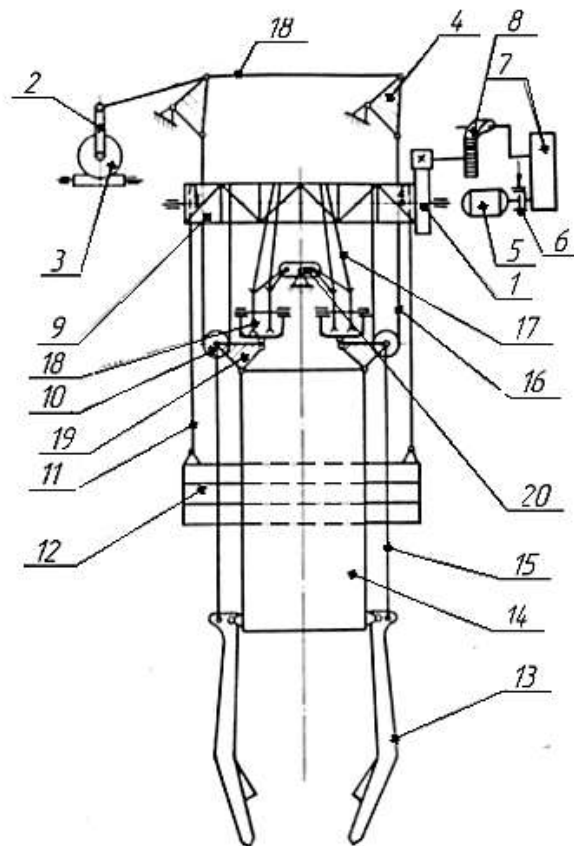


Рисунок 4.20 - Схема механізму керування великими кліщами

Патрон представляє собою порожній циліндр з двома виступами, який пересувається у вертикальних напрямних шахти.

За допомогою подвійних блоків 18, блоків 10 і коромисел 19 патрон підвішений на дванадцятьох гілках каната. Здвоєні канати 17 одним кінцем закріплені на зрівняльному важелі 20, а іншим навиваються на середню частину барабана 9 механізму підйому з лівою і правою нарізками. Поруч навиваються два канати 16 механізму керування великими кліщами. Два інші кінці цього каната закріплені на трикутних важелях 4, поворот яких відбувається за допомогою тяги 21 і кривошипа 2.

Останній насаджений на вихідному валу черв'ячного редуктора 3, який сполучений з електродвигуном муфтою з гальмом. При повороті трикутних важелів 4 у бік підйому каната 16 блоки 10 піднімаються і через тягу 15 розкривають великі кліщі. Це відбувається на будь-якій висоті, оскільки при підйомі або опусканні стріперного механізму одночасно подовжуються або скорочуються усі гілки каната.

Вага стріперного механізму частково врівноважена противагою 12, яка підвішена на гілках каната 11. Дві гілки цього каната навиваються праворуч і ліворуч на кінцях барабана 9, який обертається від електродвигуна 5, через сполучну муфту з гальмом 6, редуктор 7 і зубчасту пару 1. На вихідному валу редуктора встановлена муфта з храповим механізмом 8. Ця муфта забезпечує постійний натяг канатів в момент виштовхування зливка наконечником при включеному механізмі підйому. В цей час відсутній натяг підйомних канатів 17, і храпова муфта розмикається. Барабан 9 вільно повертається під дією ваги противаг. При звичайній роботі храпова муфта замкнута, оскільки вага противаги менше ваги стріперного механізму.

4.4.1.2 Механізм стріперування

Малі кліщі 1 (рис. 4.21) шарнірно приєднані до траверси 2, яка підвішена до патрону 3 на двох канатних амортизованих підвісках 4.

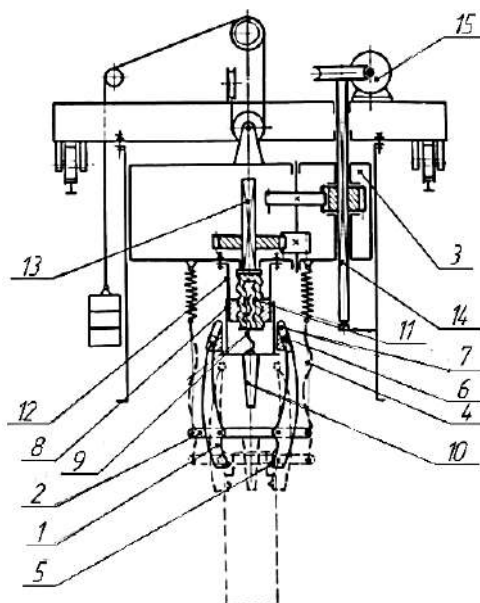


Рисунок 4.21 - Механізм стріперування

Нижні кінці важелів малих кліщів оснащені різцями 5 (кернами) для захоплення зливка за прибуткову частину. Верхні кінці важелів малих кліщів оснащені роликками 6, які пересуваються в похилих пазах рухомої обойми 7. Переміщення останньої здійснюється штемпелем 8, в якому закріплені гвинт 9 і з'ємний наконечник 10. Гвинт 9 угвинчується в порожнистий гвинт 11 з внутрішнім лівим і зовнішнім правим різьбленням. Останній угвинчується у внутрішню різь нерухомої гільзи-гайки 12. Порожнистий гвинт сполучений з квадратним хвостовиком 13, який входить в квадратний отвір маточини зубчастого колеса двоступінчастого циліндричного редуктора, корпус якого закріплений на патроні 3. При пересуванні патрона вгору і вниз зубчасті колеса редуктора можуть безперешкодно обертатися від вертикального квадратного вала 14, який як і квадратний хвостовик гвинта, проходить крізь квадратний отвір шестерні і обертається від привода механізму стриперування 15. В цей привід входить електродвигун, муфта з гальмом і черв'ячний редуктор.

При обертанні порожнистого гвинта 11 в одному напрямку відбувається вигвинчування гвинта 9 і, відповідно, опускання штемпеля 8 з наконечником 10. Вслід за штемпелем опускається рухома обойма 7, ролики 6 зближаються і малі кліщі 1 розкриваються. При обертанні порожнистого гвинта в іншому напрямку вся система підіймається, а малі кліщі змикаються. Якщо наконечник зустрічає перешкоду, то його рух вниз припиняється. Тоді починає рухатись вгору патрон з великими кліщами. Це відбувається при примусовому знятті виливниці із зливка (стриперуванні) з розширенням донизу.

4.4.1.3 Розрахунок приводів механізмів

Потужність двигуна механізму підйому

$$\rho = \frac{10(Q_3 + Q_B + Q_{II} - G_{II}) \cdot v}{\eta \cdot \psi}, \quad (4.22)$$

де ψ – середня кратність пускового моменту.
Розрахункове зусилля в канаті

$$Q_p^{max} = Q_3 + Q_B + Q_{II} + Q_{під} + Q_{ут.п.} \quad (4.23)$$

Потужність двигуна механізму стриперування

$$P_{ст} = \frac{T_{max} \cdot n_{дв}}{10^3 \cdot \eta \cdot \psi}; \quad (4.24)$$

$$T_{max} = T_{нар} + T_{вн}; \quad (4.25)$$

$$T_{нар} = F_{max} \cdot \frac{d_{нар}}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho); \quad (4.26)$$

$$T_{\text{вн}} = F_{\text{max}} \cdot \frac{d_{\text{вн}}}{2} \cdot \text{tg}(\alpha + \rho), \quad (4.27)$$

$$F_{\text{max}} = F_{\text{стр}} + G_{\text{п}} + G_{\text{з}} - G_{\text{пр}}; \quad (4.28)$$

$$G_{\text{пр}} \approx 0,5 \cdot G_{\text{п}}. \quad (4.29)$$

де F_{max} - максимальне зусилля виштовхування при стриперуванні, кН;
 $Q_{\text{з}}$, $Q_{\text{в}}$, $Q_{\text{п}}$, $Q_{\text{під}}$, $G_{\text{пр}}$ - сили ваги зливка, виливниці, патрона, піддона, противаги, кН.

Сили стриперування рекомендується вибирати в межах:

$$F_{\text{стр}} = 10Q_{\text{з}} \text{ при } Q_{\text{з}} > 200 \text{ кН};$$

$$F_{\text{стр}} = 20Q_{\text{з}} \text{ при } Q_{\text{з}} = 100 \text{ кН};$$

$$F_{\text{стр}} = 175 \text{ т при } Q_{\text{з}} < 100 \text{ кН};$$

$$F_{\text{стр}} = 250 \text{ т при } Q_{\text{з}} = 100 - 200 \text{ кН};$$

$$F_{\text{стр}} = 400 \text{ т при } Q_{\text{з}} > 200 \text{ кН};$$

$$F_{\text{стр}} = 10 \cdot Q + 75,$$

де Q - маса зливка, т.

4.4.2 Кліщові (колодязні) крани

В нагрівальних колодязях зливки доводяться до $t=1500^{\circ}\text{C}$. Кліщовий (колодязний) кран (рис. 4.22) призначений для перевантаження зливків з платформ 1 в нагрівальні колодязі 12 і з нагрівальних колодязів - на зливковіз 13.

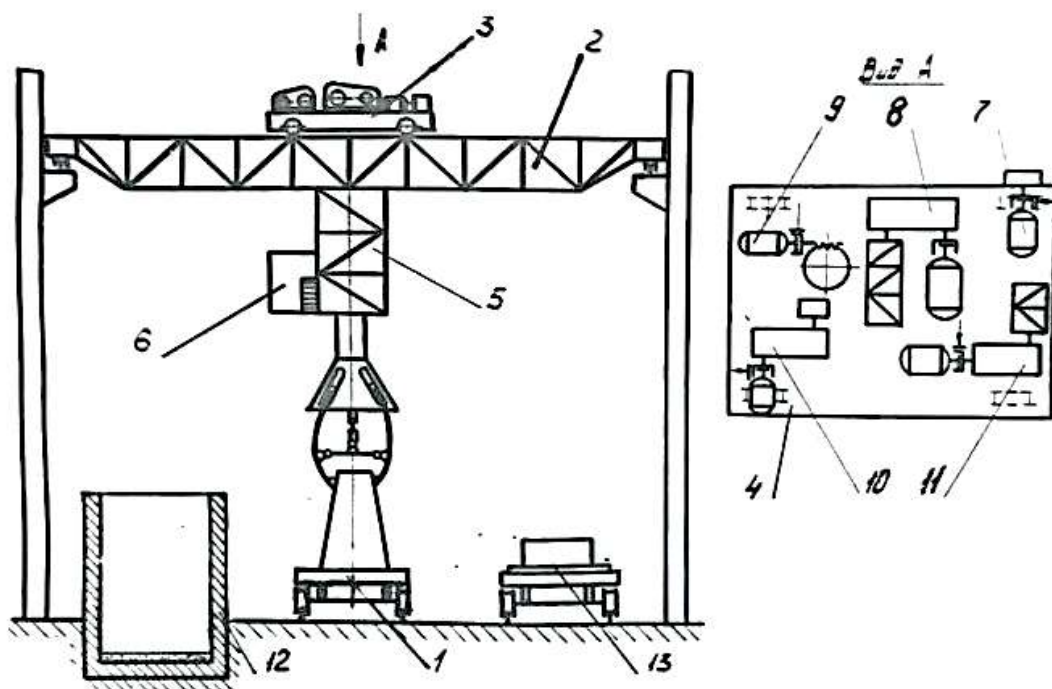


Рисунок 4.22 -Кліщовий кран

Основними частинами кліщового крана є міст 2 з механізмами пересування і візком 3. При роботі крана здійснюються пересування моста вздовж цеху, пересування візка вздовж моста, підйом і опускання кліщів, обертання кліщів відносно вертикальної осі, розведення і зімкнення кліщів.

Візок складається із рами 4, до якої знизу жорстко приєднана гратчаста шахта 5 з кабіною кранівника 6. На верхній рамі встановлено механізми пересування візка 7, підйому і опускання кліщів 8, обертання кліщів 9 відносно вертикальної осі, механізм керування кліщами 10 і допоміжного підйому 11.

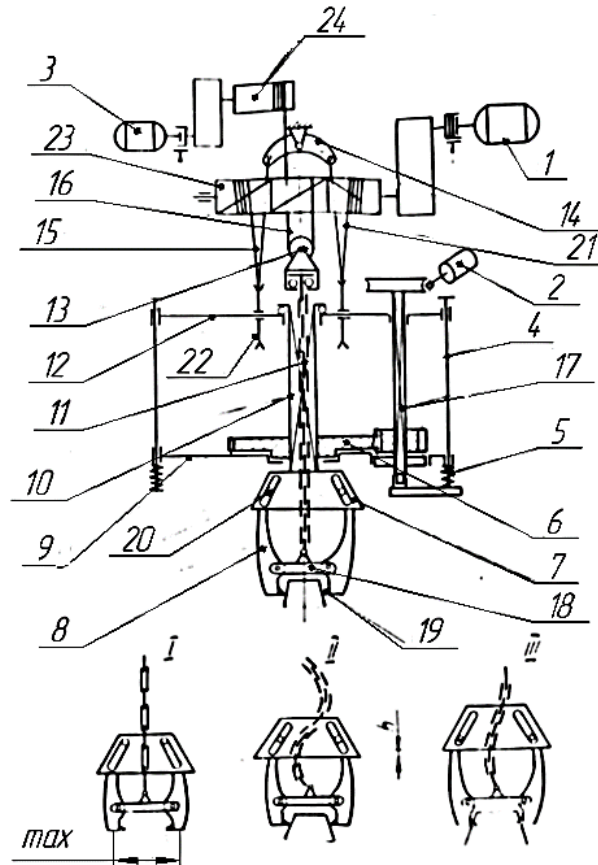


Рисунок 4.23 – Кінематична схема візка кліщового крана та операції затиску зливка

На візку кліщового крана встановлені механізми пересування візка, підйому і опускання кліщів, керування кліщами, обертання кліщів і допоміжного підйому. Кліщовий захват (рис.4.23) складається з двох важелів 8, шарнірно з'єднаних в середній частині траверсою 18. Нижні кінці важелів забезпечені вставними кернами 19 з твердого сплаву. Ролики 20 на верхніх кінцях важелів входять в похилі пази підвіски 7, яка жорстко сполучена з нижньою частиною порожнистої квадратної колони 10. Верхній кінець колони підтримується упорним підшипником, на який опирається гайка. Нижній кінець колони спрямовується вкладишами радіального підшипника нижньої траверси 9. Обидві траверси забезпечені сковзунами для пересування по вертикальним напрямним 4. В крайньому положенні нижня траверса опускається на нижні пружинні упори 5.

4.4.3 Кран з лапами (пратцен-кран)

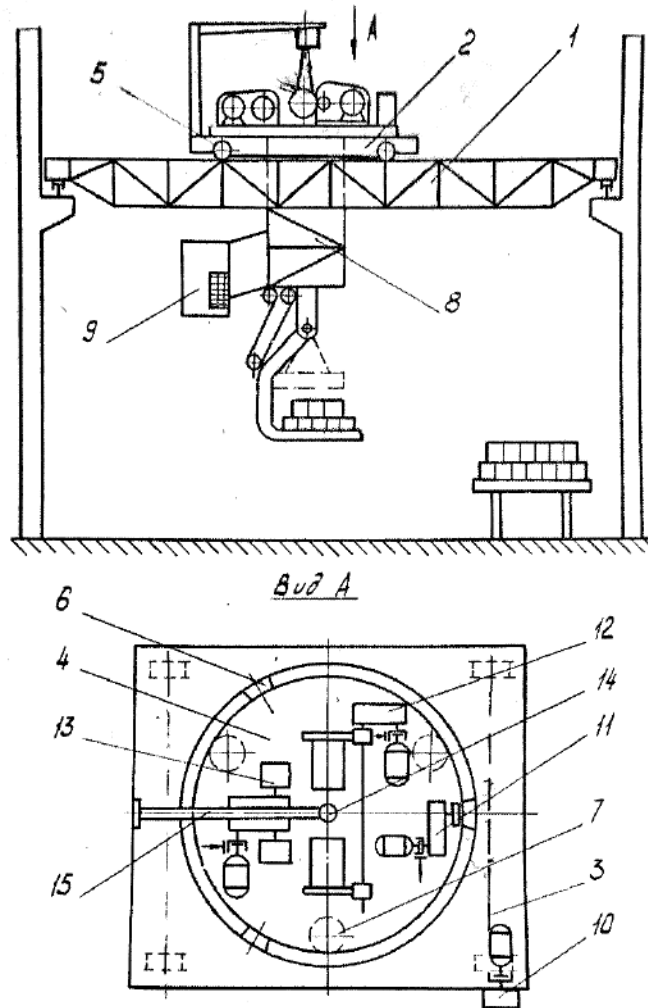


Рисунок 4.24 - Кран з лапами-підхватами (пратцен-кран)

Крани з лапами підхватами (рис. 4.24) призначені для перевантаження заготовок з холодильників і стелажів обтискових і прокатних станів на склади і до штабелю, а також подання їх із складів до завантажувальних пристроїв. На складах готової продукції за допомогою цих кранів сортують прокат і укладають його на стелажі, в штабелі і інш.

Розрізняють крани з жорсткою і гнучкою підвіскою лап-підхоплювачів. Кран з жорсткою підвіскою лап складається з моста 1. Міст опирається на чотири двоколісні балансирні візки з двома приводами. Основою візка 2 являється нижня неповоротна частина 3, на яку спирається верхня поворотна частина 4. Рама неповоротної частини виконана з чотирма ходовими колесами 5 і пересувається вздовж моста по рейкам, укладеним по верхньому поясу головних балок моста. На рамі закріплена кругова рейка, на яку опирається рама верхньої поворотної частини візка трьома конічними котками 6 і утримується від горизонтального зміщення бічними роликами 7 на вертикальних осях. До поворотної частини знизу прикріплена шахта 8 з кабіною керування 9. На неповортній частині розташовано механізм пересування візка 10, на поворотній частині – механізми обертання шахти 11, підйому і опускання робочого органу 12 і керування лапами-підхватами 13.

Підведення струму до механізмів поворотної частини здійснюється через кільцевий струмознімач 14. На неповоротній частині встановлена щогла струмознімача 15. Прокат захоплюється лапами-підхватами двома способами. Якщо прокат на направляючих холодильника або стелажих, то лапи заводяться під прокат і при підйомі підхоплюють вантаж. Якщо прокат лежить в штабелях і лапи-підхвати підвести неможливо, то захоплення здійснюється електромагнітами при піднятих вгору лапах. Потім лапи опускаються і на них складається вантаж в результаті вимкнення електромагнітів. Такий спосіб роботи значно скорочує витрати електроенергії. Звільняється вантаж поворотом лап. Прокат з'їжджає по похилих лапах в штабель або в приймальний пристрій (рис.4.25).

Розрахунок зусилля в канатах приводу керування лапами

$$G = 2Sa; \quad (4.30)$$

$$S = \frac{Gb}{2a}, \quad (4.31)$$

де G – сила ваги лап та прокату, кН.

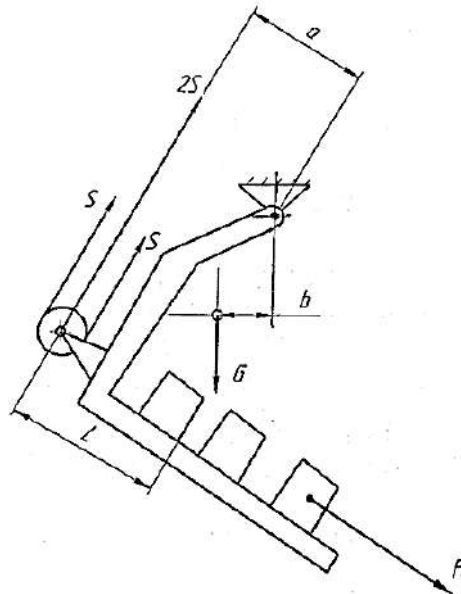


Рисунок 4.25 – Схема розвантаження лап

Потужність електродвигуна механізму керування лапами

$$P = \frac{\sum S \cdot v}{10^3 \cdot \eta \cdot \psi}. \quad (4.32)$$

Швидкість переміщення блоку

$$v = \frac{L}{t}. \quad (4.33)$$

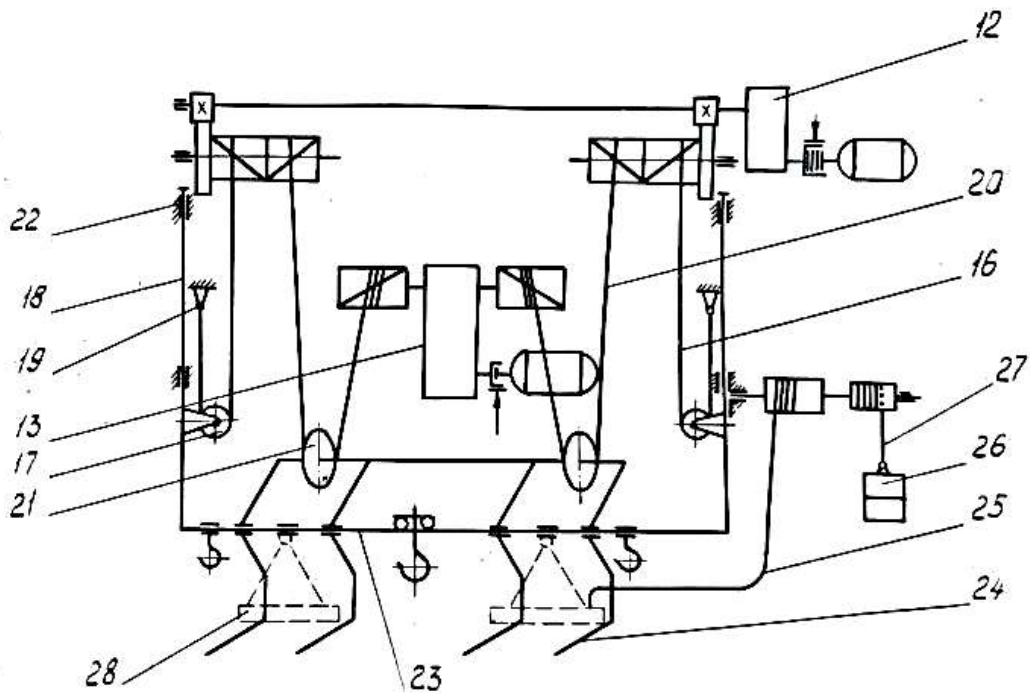


Рисунок 4.26 - Схема механізмів підйому та керування лапами

Механізм підйому і опускання 12 (рис.4.26) представляє собою лебідку, яка складається з електродвигуна, сполучно-запобіжної муфти, двоступеневого циліндричного редуктора, відкритої зубчастої передачі і двох барабанів з двома нарізками на кожному. Дві зовнішні гілки каната механізму підйому 16 огинають рухливі блоки 17, що закріплені на колонах 18, і приєднані до поворотної рами в точках 19. Дві внутрішні гілки каната механізму керування підхватами 20 огинають блоки 21 на лапах-підхватах і набігають на барабани механізму керування лапами-підхватами 13. Механізм складається з електродвигуна, сполучно-запобіжної муфти, гальма, триступінчастого редуктора з двома консольними барабанами. Всередині шахти є напрямні 22 для двох вертикальних колон 18, що знизу сполучені траверсою 23. До траверси шарнірно підвішені лапи-підхвати 24 і електромагніти 28. До електромагнітів струм подається по гнучкому кабелю 25, який намотується на барабан. Кабельний барабан встановлено в нижній частині шахти і приводиться до обертання вантажем 26 через канатний поліспаг 27.

При будь-якій висоті електромагніта забезпечується постійний натяг кабелю. Кінцеві положення лап-підхватів по висоті і куту повороту фіксується кінцевими вимикачами. При обертанні підйомних барабанів в одну або іншу сторону лапи-підхвати підіймаються або опускаються. При обертанні барабанів механізму керування лапи-підхвати повертаються на деякий кут відносно осі на траверсі. Так як на підйомні барабани одночасно набігають гілки підйомних і керуючих канатів, то обидва рухи можуть відбуватись окремо або одночасно. На будь-якій висоті лапи зберігають задане горизонтальне або похиле положення і можуть бути повернуті. Лапи-підхвати і електромагніти розраховані на захоплення і перенесення прокату, різного по

масі і довжині. У відповідності з цим встановлюють на траверсі кілька лап (4-8 шт.) і електромагнітів (2-4 шт.). На траверсі встановлені один центральний гак на повну вантажопідйомність крана і між лапами кілька менших гаків з вантажопідйомністю удвічі менше, ніж центральний гак.

4.4.4 Кран для транспортування (передачі) слябів

Кран для передачі слябів (КПС) призначений для прийому слябів з рольгангів установок безперервного розливання сталі (УБРС), транспортування їх в зону складування (накопичувач) і назад (рис.4.27). КПС за час циклу (150 с) виконує захоплення слябу на одному з струмків УБРС, транспортує та укладає їх в накопичувач, повертається до другого струмка. За такий самий період сляби передаються КПС із накопичувача на рольганги видачі УБРС для завантаження їх на рольганг-візок. Керування КПС здійснюється з пульта керування, встановленого поза КПС.

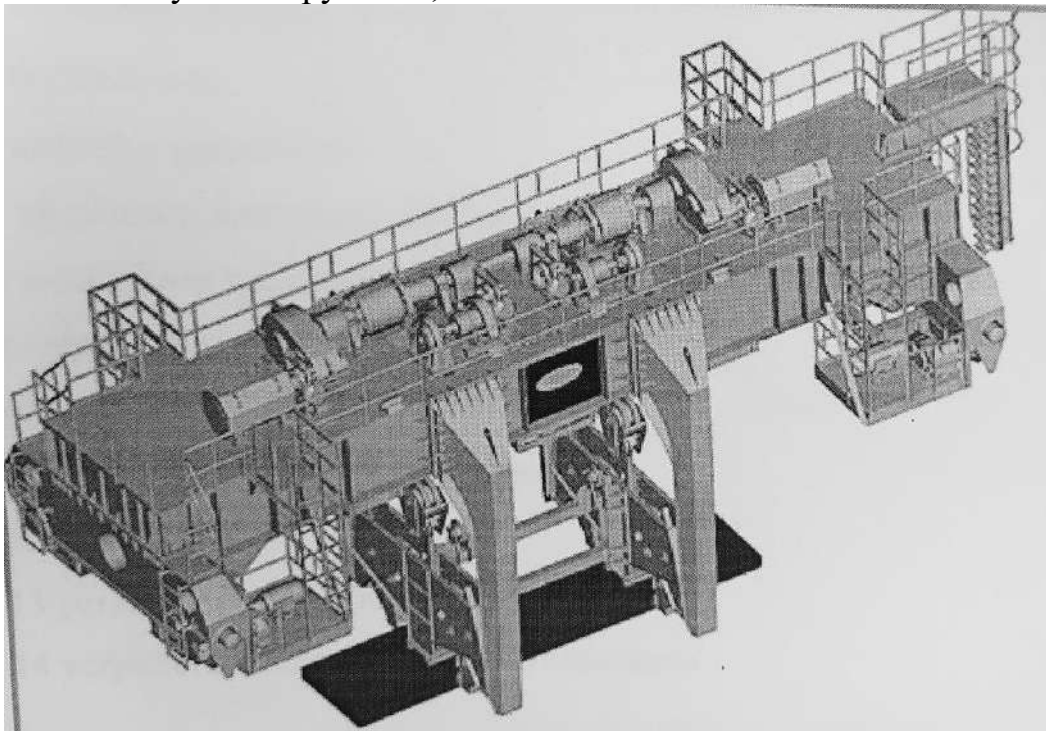
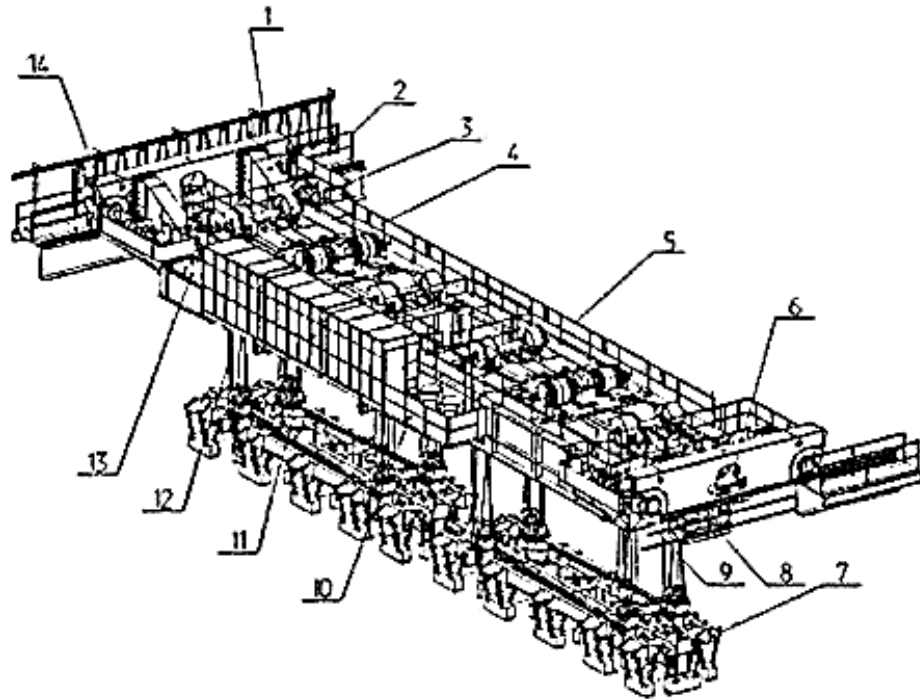


Рисунок 4.27 - Кран для передачі слябів (з механічними кліщами)

Захоплення слябів можливо здійснювати механічними кліщами (рис. 4.27), або декількома магнітами, розміщеними на траверсі (рис. 4.28).

Рулони прокатного сталевих листа зручно захоплювати спеціальними кліщами (рис. 4.29) з торців рулону, що дозволяє надійно транспортувати та технологічно укладати вантаж в штабель або транспортний засіб.



1 – міст; 2 – механізм пересування; 3 – обвідні блоки; 4 – механізм підйому траверси; 5 – огороження; 6 – колесо; 7 – траверса з електромагнітами; 8 - тролейний майданчик; 9 – ходове колесо; 10 – майданчики; 11 – приміщення електрообладнання; 12 – канати; 13 - установка кондиціювання повітря; 14 - пристрій підведення кабелів керування

Рисунок 4.28 – Схема крана для передачі слябів (з електромагнітами)



Рисунок 4.29 – Мостовий кран з автоматичними кліщами для передачі рулонів сталі

4.5 Спеціальні крани сталеплавильних виробництв

В сталеплавильних цехах завалювальні крани транспортують мульди з шихтою, яку перевалюють в піч. Вони є у всіх електроплавильних цехах та мартенах малої та середньої продуктивності.

Мульда має вирізи для закріплення на хоботі (рис. 4.30).

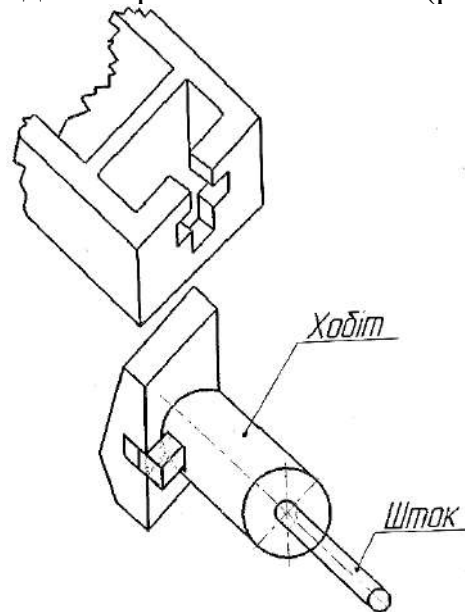


Рисунок 4.30 - Мульда

Вона використовується для завантаження електрометалургійних печей шихтою. Подається мульда в піч, де перевертається (розвантажується). Завалювальний кран має механізми підйому кабіни та механізм хитання мульди, який служить для швидкого підйому мульди. Мульдою потрібно потрапити у вікно печі. При нормальній роботі механізму обертання мульди утримувальні ролики не торкаються металоконструкції. При аварійному зіткненні мульди з перешкодою перекидання візка запобігається роликми. Є механізм замикання мульди.

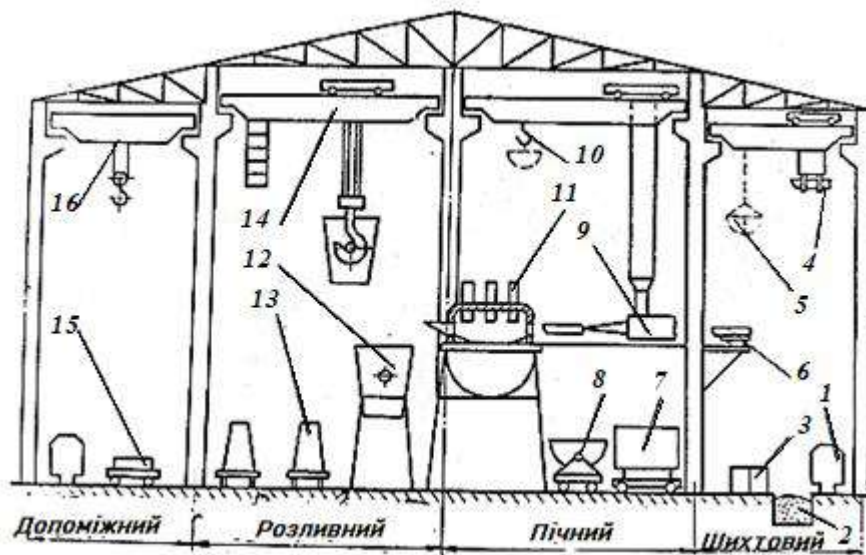


Рисунок 4.31 - Спеціальні крани сталеплавильного цеху

В сталеплавильному цеху (рис. 4.31) є чотири прогони: шихтовий, пічний, розливний, допоміжний.

В шихтовий прогін плавильні матеріали потрапляють на залізничних потягах 1. Розвантажуються матеріали мостовими мульдوماгнітними кранами 4, забезпеченими спеціальними вантажозахоплюючими пристроями. Скрап і чушковий чавун перевантажуються магнітами в заглиблені засіки 2, сипкі матеріали – грейферними кранами 5 в бункера 3.

В пічний прогін плавильні матеріали доставляються в переносних бункерах і мульдах. Мультдо-магнітні крани завантажують переносні бункера і мульди сипкими матеріалами і після зважування встановлюють їх на стелажі балкону робочого майданчика 6 пічного прогону, звідки ці мульди з матеріалами забираються завалювальним краном 9 і завантажуються в електропіч 11. Цебер 7 із скрапом, встановлений на самохідному електровізку, після зважування на залізничних вагах переміщується по поперечних рейкових шляхах в пічний прогін під робочий майданчик.

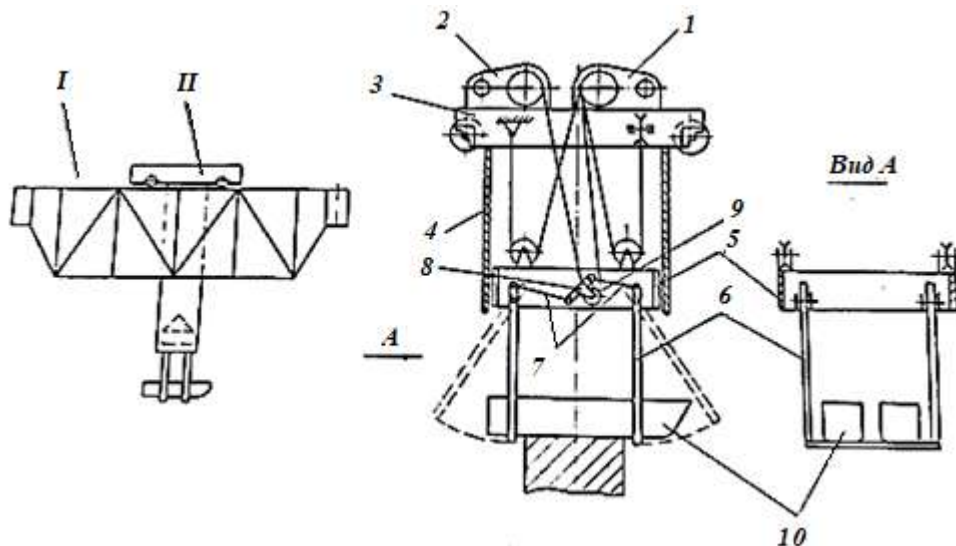
Мостовий кран 10, що пересувається по підкрановим коліям завалювального крана, знімає цебер з передавального візка, переносить його до електропечі і фіксує над нею. Склепіння електропечі повертається, і цебер опускається в піч. Секторне дно цебера розкривається, скрап перевантажується в піч. Порожній цебер виймається з печі і встановлюється на візок.

Шлак, що утворюється при плавці, видаляється через робоче вікно електропечі в ківш 8, встановлений на візку під робочим майданчиком. Для випускання готової сталі електропіч нахиляється у бік розливного прогону. Сталь по зливному носку зливається в ківш 12. Потім ківш переноситься розливним краном 14 до виливниць 13 для розливання сталі.

Отримані зливки направляють в допоміжний прогін за допомогою передавального візка 15. Звідки вони перевантажуються краном 16 і вирушають по залізничним коліям в прокатний цех.

4.5.1 Мультдо-магнітний кран

Мультдо-магнітний кран (рис. 4.32) призначений для захоплення мультд з шихтою, переміщення їх до мультдо-завалювального крана та переміщення порожніх мультд під завантаження шихтою.



I – міст крана; II – візок; 1 – механізм підйому мульд; 2 – механізм керування захоплювачами; 3 – рама візка; 4 – шахта, закріплена на візку; 5 – підйомна рама; 6 – П-подібні захоплювачі; 7 – тяги; 8 – двоплечий важіль; 9 – блок механізму керування захоплювачами; 10 - мульди

Рисунок 4.32 - Мульдо-транспортний кран (мульдо-магнітний)

Для розкриття підхватів канат механізму керування намотується на барабан механізму 2. Для визначення зусилля S в канаті механізму керування підхватами (рис. 4.33) слід використовувати графоаналітичний метод

$$\sum M_O = 0; \quad (4.34)$$

$$G_n \cdot a = 2F_T \cdot b; \quad (4.35)$$

$$\sum M_{O_1} = 0; \quad (4.36)$$

$$2 \cdot F_T \cdot b = 2S \cdot d; \quad (4.37)$$

$$S = \frac{F_T \cdot b}{d} = \frac{6n \cdot a}{2d}. \quad (4.38)$$

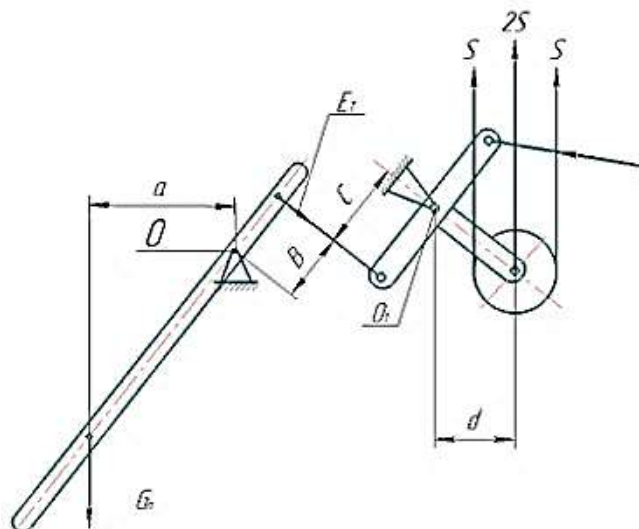


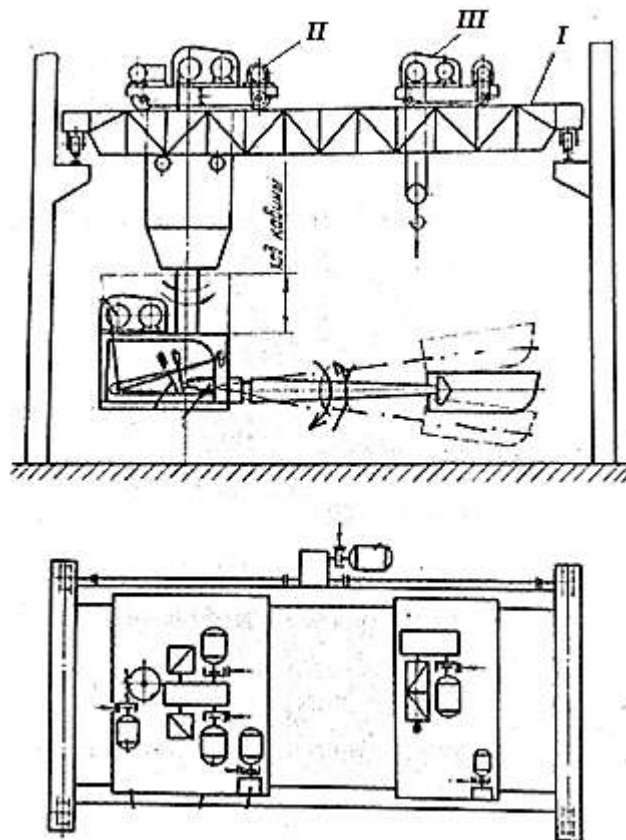
Рисунок 4.33 - Схема сил, що діють на механізм керування підхватами

Задавшись тривалістю розкриття підхвату, визначимо швидкість намотування каната на барабан механізму керування. Подальший розрахунок проводиться як розрахунок механізму підйому. Знаючи зусилля у канаті, визначаємо потужність та частоту намотування канатів на барабан керування.

Вибираємо двигун. Підбираємо редуктор по передавальному числу. Гальмівний момент залежить від моменту на барабані і коефіцієнта запасу гальмування. Механізм підйому має здвоєний двократний поліспаст. На барабани йдуть чотири канати.

4.5.2 Мульдо-завалювальний кран

Мульдо-завалювальний кран (рис.4.34) призначений для завантаження сталеплавильної печі шихтовими матеріалами та додатково для розрівнювання шихти в печі з метою прискорення плавки.



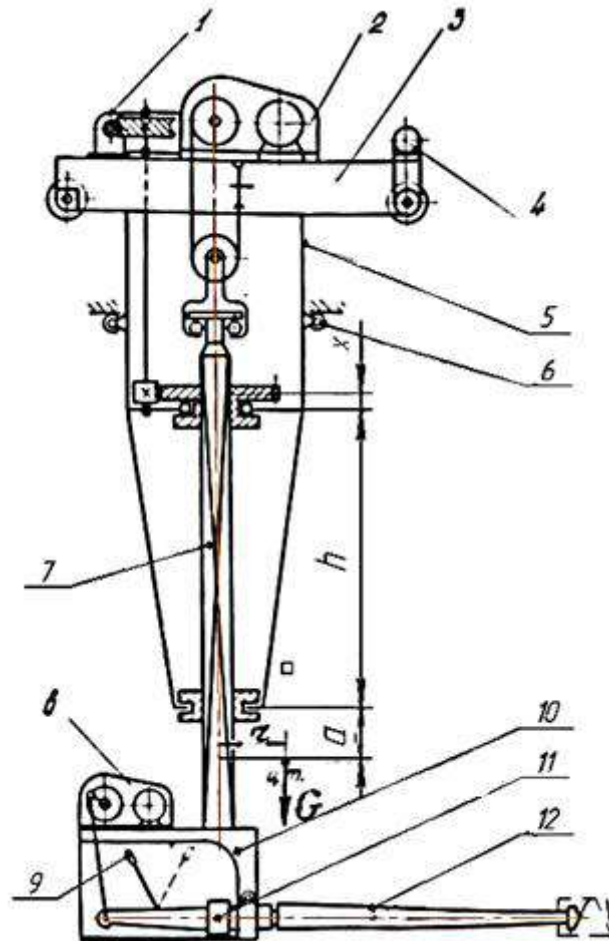
I – міст крана; II – головний візок; III – допоміжний візок
Рисунок 4.34 - Мульдо-завалювальний (шаржирний) кран

Міст крана гратчастої конструкції складається з двох головних ферм та двох допоміжних ферм, які між собою поєднані горизонтальними фермами і кінцевими балками коробчастої перетину. Міст крана спирається на чотири ходових колеса, два з яких привідні.

Основна робота (подача шихти в піч) і допоміжні операції (розрівнювання шихти, перестановка мульд на стелажах в потрібному порядку перед завалкою) краном виконуються за рахунок поєднання декількох рухів головного візка.

Допоміжний візок виконує всі підйомно-транспортні операції в пічному прогоні при ремонті печей. Вантажопідйомність візка розрахована на підйом склепіння печі, як найбільш важкого вантажу.

Міст крана (рис.4.34) оснащений механізмом пересування 7. На головному візку розташовані механізми обертання кабіни 1, підйому кабіни 2, пересування візка 3. На кабіні розташовано привід механізму гойдання хобота 4, механізми обертання хобота 5 і замикання мульди 6.



- 1 – механізм повороту кабіни; 2 – механізм підйому кабіни; 3 – рама візка;
 4 – механізм пересування візка; 5 – шахта; 6 – контрролик; 7 – колона;
 8 – механізм гойдання хобота; 9 – механізм замикання мульди; 10 – кабіна;
 11 – механізм обертання хобота; 12 – хобіт

Рисунок 4.35 - Головний візок завалювального крана

4.5.2.1 Механізм пересування візка

Тиск на ходові колеса візка (рис.4.35) мінливий і залежить від кута повороту колони з хоботом (так само як і в стрілових кранах). Потрібно знати max та min тиску. За max тиском вибирають колеса, за min – перевіряють коефіцієнт зчеплення ходових коліс з підвізковими рейками.

Передумови до розрахунку тиску опорно-ходових коліс головного візка мульдодозавалювального крана наступні:

- рама візка абсолютно жорстка;

- центр ваги опорної частини збігається із віссю обертання;
- вся система сил зводиться до пари сил та рівнодійної, прикладеної до осі обертання.

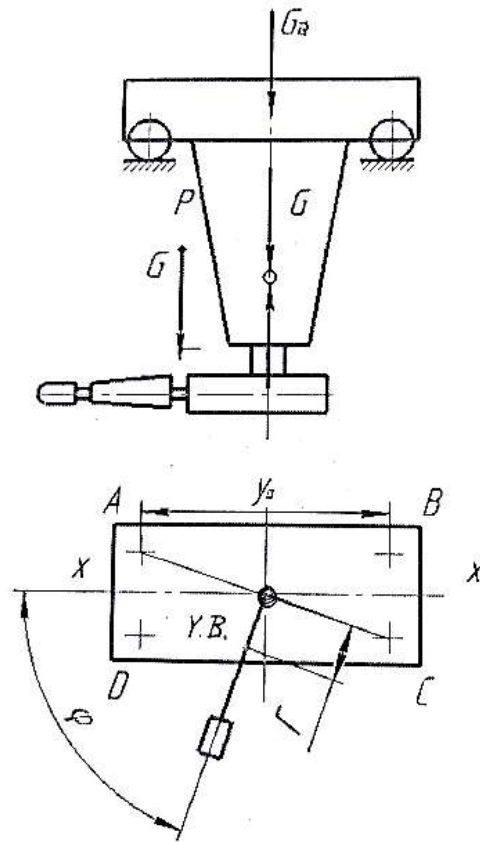


Рисунок 4.36 - Схема до розрахунку привода пересування візка

Переносимо G до осі колони (рис. 4.36)

$$A = \frac{G_T}{4} + \frac{G}{4} + \frac{G \cdot r \cdot \cos \varphi}{2a} - \frac{G \cdot r \cdot \sin \varphi}{2B}; \quad (4.39)$$

$$B = \frac{G_T}{4} + \frac{G}{4} - \frac{G \cdot r \cdot \cos \varphi}{2a} - \frac{G \cdot r \cdot \sin \varphi}{2B}; \quad (4.40)$$

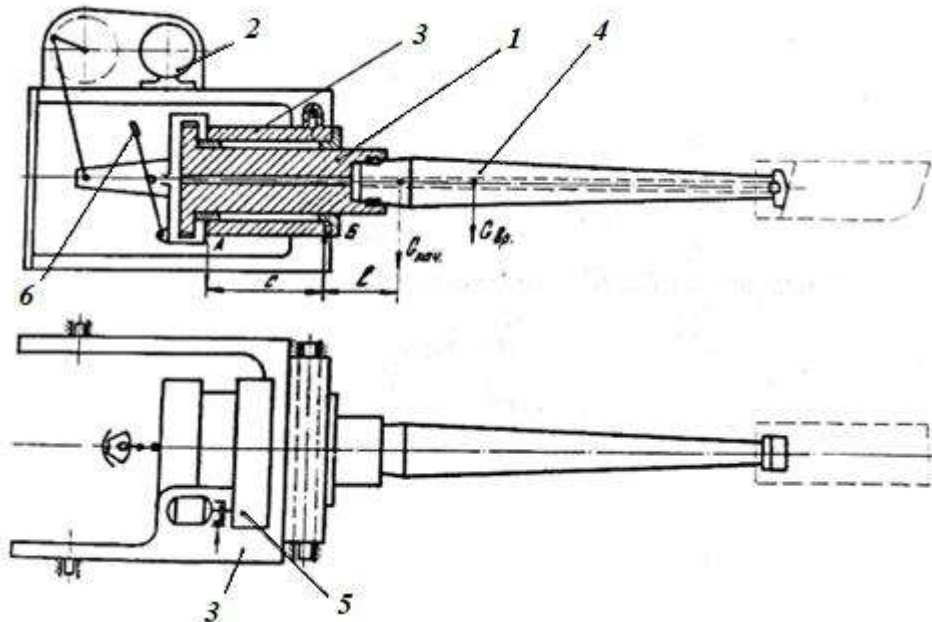
$$C = \frac{G_T}{4} + \frac{G}{4} + \frac{G \cdot r \cdot \cos \varphi}{2a} - \frac{G \cdot r \cdot \sin \varphi}{2B}; \quad (4.41)$$

$$D = \frac{G_T}{4} + \frac{G}{4} + \frac{G \cdot r \cdot \cos \varphi}{2a} + \frac{G \cdot r \cdot \sin \varphi}{2B}. \quad (4.42)$$

4.5.2.2 Механізми гойдання і обертання хобота

Згідно (рис.4.37) схеми механізм гойдання хобота виконаний на основі кривошипного механізму. Механізм обертання хобота включає в себе циліндричну зубчасту передачу з великим передавальним числом.

Механізм замикання мульди представлений в ручному варіанті.



1 – мундштук; 2 – механізм гойдання хобота; 3 – рама; 4 – хобіт;

5 – механізм обертання хобота; 6 – механізм замикання мульди

Рисунок 4.37 - Механізми гойдання і обертання хобота завалювального крана

Розрахункові залежності механізму обертання кабіни і мульди завантаженої згідно схеми (рис. 4.38) зведено до таблиці 4.1.

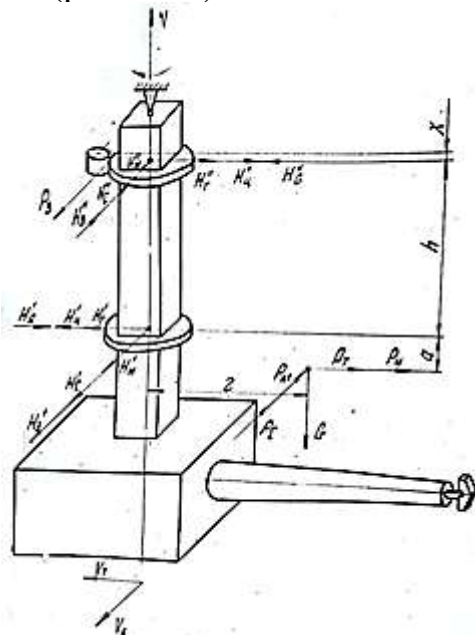


Рисунок 4.38 - Схема до розрахунку механізму повертання колони завалювального крана

Таблиця 4.1 – Розрахункові залежності для механізму обертання колони завалювального крана

| Сили | Величини сил | Реакції опор | | |
|-----------------------------|--|--|---|-------------------|
| | | нижня | верхня | упорний підшипник |
| Вага кабіни | G | $H'_G = G \cdot \frac{r}{h}$ | $H''_G = G \cdot \frac{r}{h}$ | $V = G$ |
| Сила інерції при русі візка | $P_T = \frac{G}{g} \cdot [a]_T$ | $H'_T = P_T \cdot \frac{a+h}{h}$ | $H''_T = P_T \cdot \frac{a}{h}$ | - |
| Сила інерції при русі моста | $P_M = \frac{G}{g} \cdot [a]_M$ | $H'_M = P_M \cdot \frac{a+h}{h}$ | $H''_M = P_M \cdot \frac{a}{h}$ | - |
| Відцентрова сила | $P_{\Omega} = \frac{G \cdot r \cdot n_k^2}{900}$ | $H'_{\Omega} = P_{\Omega} \cdot \frac{a+h}{h}$ | $H''_{\Omega} = P_{\Omega} \cdot \frac{a}{h}$ | - |
| Дотична сила інерції | $P_{\tau} = \frac{G \cdot r \cdot n_k}{936 \cdot t_p}$ | $H'_{\tau} = P_{\tau} \cdot \frac{a+h}{h}$ | $H''_{\tau} = P_{\tau} \cdot \frac{a}{h}$ | |
| Колове зусилля | $P_3 = \frac{M_{дв} \cdot i \cdot \eta}{r_{III}}$ | $H'_3 = P_3 \cdot \frac{x}{h}$ | $H''_3 = P_3 \cdot \frac{x+h}{h}$ | |

4.5.2.3 Порівняння завалювальних машин і кранів

Завалювальні машини.

Переваги:

- продуктивність: обслуговування 4 печей проти 2 печей за той же час;
- простота конструкції, ремонту та обслуговування.

Недоліки:

- відсутність свободи перед печами.

Крани.

Переваги:

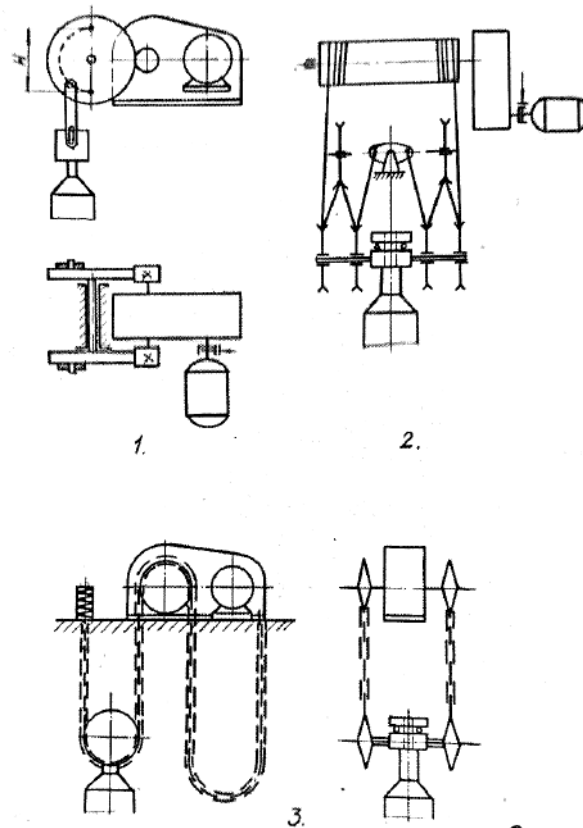
- не захаращують робочу площу;
- мають можливість краще розрівнювати шихту в печі.

Недоліки:

- складна конструкція;
- менша продуктивність (за рахунок менших швидкостей);
- ускладнена робота заливних кранів.

4.5.2.4 Механізм підйому

Механізм підйому кабіни разом з хоботом і мульдою завалювального крана може бути виконаний в різних конструктивних варіантах (рис. 4.39)



1 – шатуновий (H – хід шатуна); 2 – канатний; 3 – ланцюговий

Рисунок 4.39 – Схеми механізмів підйому кабіни завальовальних кранів

4.6 Спеціальні крани пресового виробництва

Крани пресового цеху призначені забезпечувати обробку зливків, що здійснюється куванням на молотах або обтисканням на пресах. Виготовляються заготовки для дисків, циліндрів, валів, зубчастих коліс, призм, кубів та ін. Заготовки після цього йдуть у обробку. Формотворення крупногабаритних заготовок відбувається в пресовому цеху (рис. 4.40).

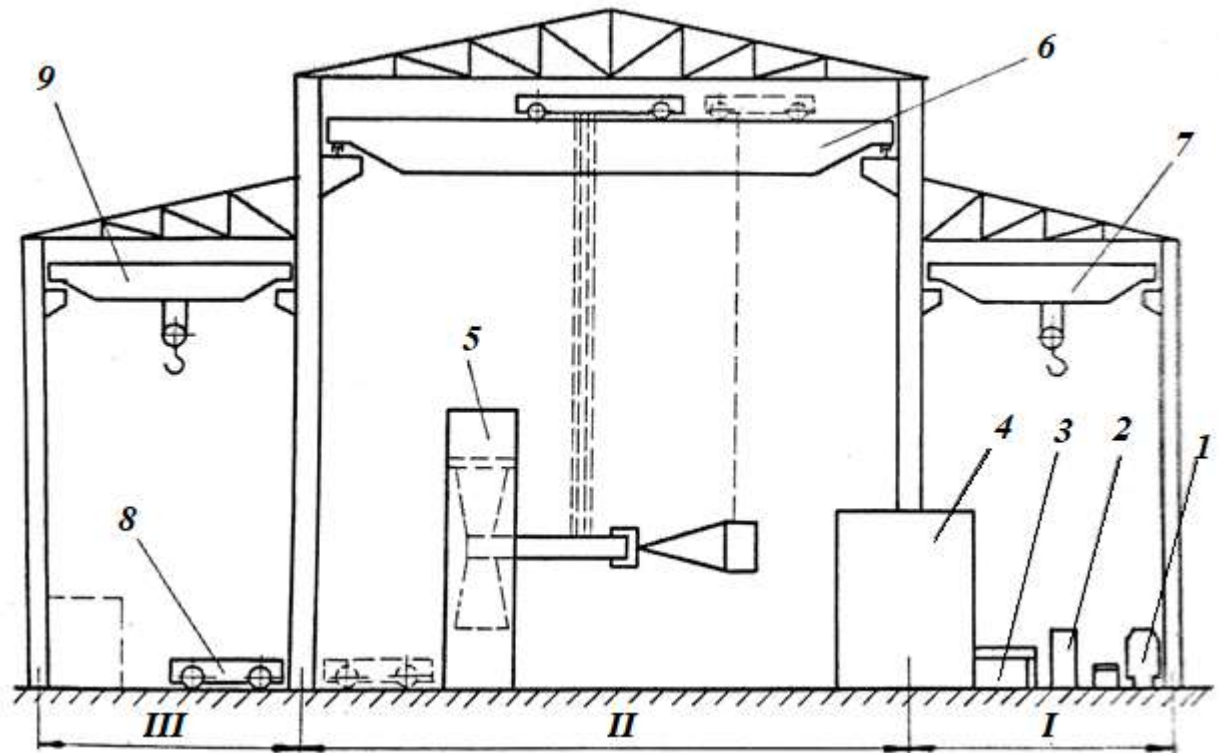


Рисунок 4.40 - Механізація ковальсько-пресового цеху

В *I* прогоні розташовано склад злиwkів, в *II* – молотове відділення, в *III* – відділення для охолодження, зачистки, травлення заготовок і склад заготовок. З обдирного цеху зливки після обдирання на рейкових електричних візках *1* доставляють на склад злиwkів, де вони мостовим краном *7* укладаються на стелажі. Тим же краном зливки подаються зі стелажів на стіл *3* перед рейковим штовхачем *2*, який заштовхує і просуває увесь ряд злиwkів через нагрівальну методичну піч *4*. Методична піч розташована упоперек цеху так, що її завантажувальний кінець знаходиться в складському прогоні, а розвантажувальний для видачі злиwkів є виходом в прогін молоткового відділення.

Зливки витягають з печі і подають під молот *5*. Зливok захоплюється і переноситься за допомогою врівноважуючого патрона, підвішеного до контуальника мостового куwального крана *6*.

Кування зливка здійснюється під молотами або пресами. В залежності від форми отримуваної заготовки зливok переміщується під час кування за допомогою мостового куwального крана вздовж, упоперек і обертається навколо поздовжньої осі.

Отримані із зливка гарячі заготовки передають в третій прогін у відділення для охолодження за допомогою візків *8*. Рейкові електричні візки розвантажують за допомогою мостового крана *9*, а потім заготовки укладають на стелажі для охолодження. Після охолодження заготовки зачищають на абразивних кругах, окремі заготовки проходять травлення і після цього їх відправляють на склад.

Спорідненою з вантажопідйомною машиною в ковальсько-пресовому цеху є куwальний маніпулятор.

4.6.1 Кувальний маніпулятор

Кувальним маніпулятором (рис. 4.41) називають спеціальну підйомно-транспортну машину, призначену для виконання транспортних і технологічних операцій, пов'язаних з наданням заготівці необхідної форми і розмірів.

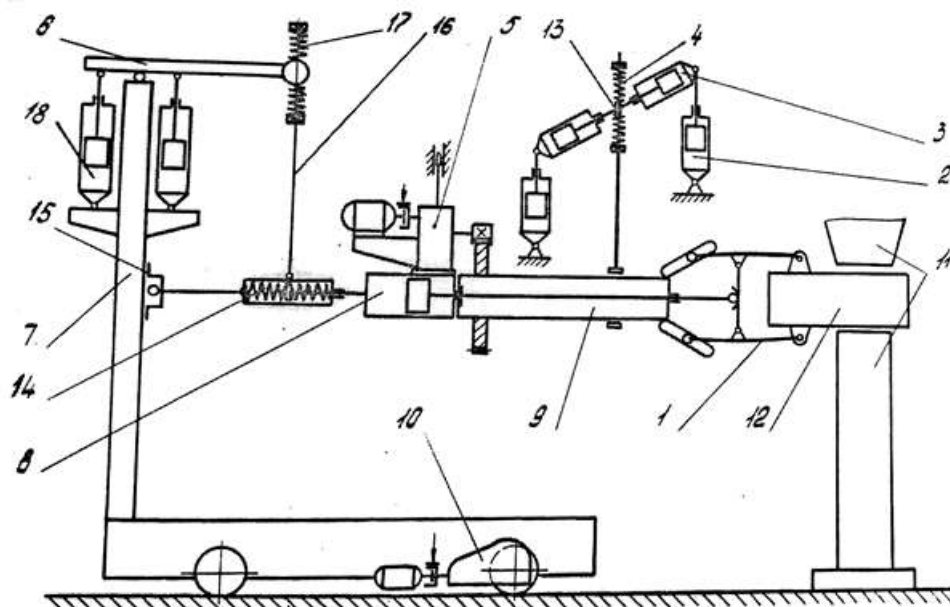


Рисунок 4.41 - Схема кувального маніпулятора

Рама 7 у вигляді зварної коробчастої металоконструкції спирається на ходові колеса з яких два передніх 10-привідні і два задніх - непривідні. Привід механізму пересування складається з електродвигуна, сполучної муфти з гальмом і редуктора. До рами підвішений хобіт 9 з кліщами 1. На хобіті розташовано пневматичний циліндр 8 механізму захоплення кліщів і механізм обертання кліщів 5, що складається з електродвигуна, сполучної муфти з гальмом, редуктора із запобіжною фрикційною муфтою і зубчастої пари. Спереду хобіт підвішений на вертикальних пружинних амортизаторах 4 до траверси 13 механізму бічного повороту з гідроциліндрами 3. Хобіт підіймається і опускається гідроциліндрами 2 механізму підйому.

Хобіт підпирається пружинами горизонтального амортизатора 14 в стрижень 15, який підвішений на тязі 16 з пружинними амортизаторами 17 до важелів 6 механізму вирівнювання хобіта. Привід механізму вирівнювання складається з гідравлічних циліндрів 18.

Механізмами кувального маніпулятора керують з пульта, встановленого осторонь і сполученого з машиною гнучкими шлангами і кабелями. По шлангу поступає з цехової мережі стисле повітря до пневмоциліндру затиску кліщів. Гідроциліндри механізмів підйому, вирівнювання і бокового повороту приводяться в дію від насосної установки із золотниковим керуванням.

Насосна установка, що розташована разом з баком на рамі машини, включає два шестерінчасті насоси.

4.6.2 Кувальний кран

Кувальними кранами називають спеціальні мостові і поворотні крани, призначені для обслуговування операцій кування під молотами і пресами за допомогою пристосувань для захоплення і обертання зливків і заготівок.

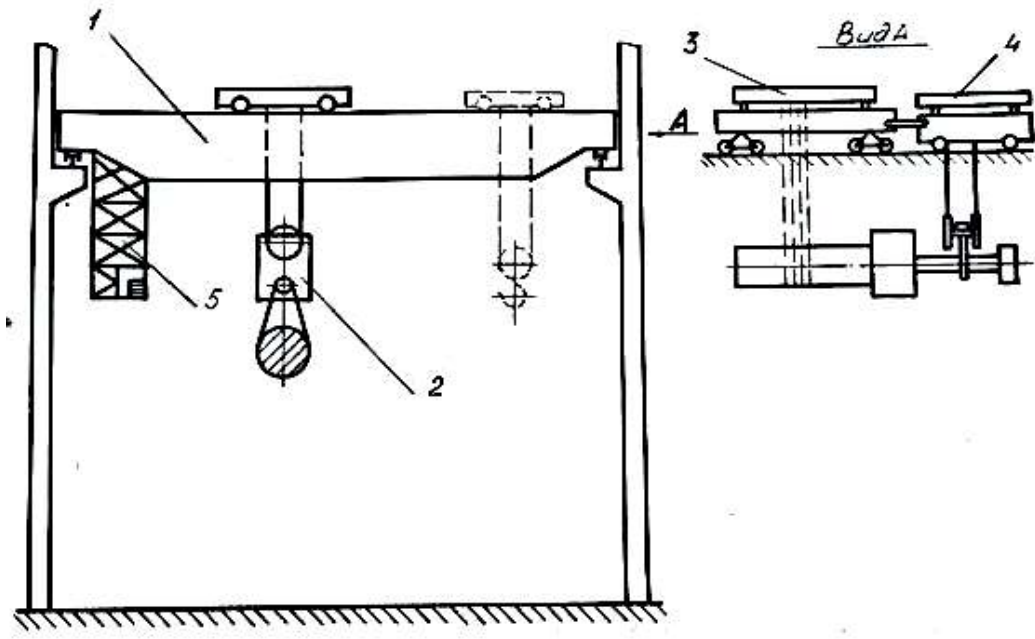


Рисунок 4.42 - Кувальний кран

Основні вузли кувального крана (рис. 4.42) наступні: міст *1* з механізмом пересування, головний *3* і допоміжний *4* візки, контувач *2*, кабіна *5*. Міст крана складається з суцільних одностінчастих балок, вертикальних і горизонтальних ферм і кінцевих балок. По верхньому поясу головних балок укладені паралельні рейкові шляхи, по яким пересуваються головний і допоміжний візки. Кожен по своєму мосту. Пересувається кран за допомогою двох самостійних механізмів.

Привід кожного механізму, який складається з електродвигуна, муфти з гальмом і вертикального редуктора, встановлено на середині моста. Трансмійний вал поєднує привід з ведучими ходовими колесами крізь вертикальні циліндричні редуктори і зубчасті пари. Два приводи одночасно обертають вісім привідних коліс, встановлених на чотирьох балансирних візках. В кабіні розташовано електрообладнання, необхідне для керування механізмами крана.

Допоміжний візок представляє собою зварну раму, на якій встановлені механізми підйому і пересування візка.

За допомогою механізму підйому кувального крана заготівка підіймається або опускається, контувач обертає заготівку. Крім того, кувальний кран переносить заготівку від печі до молота і назад.

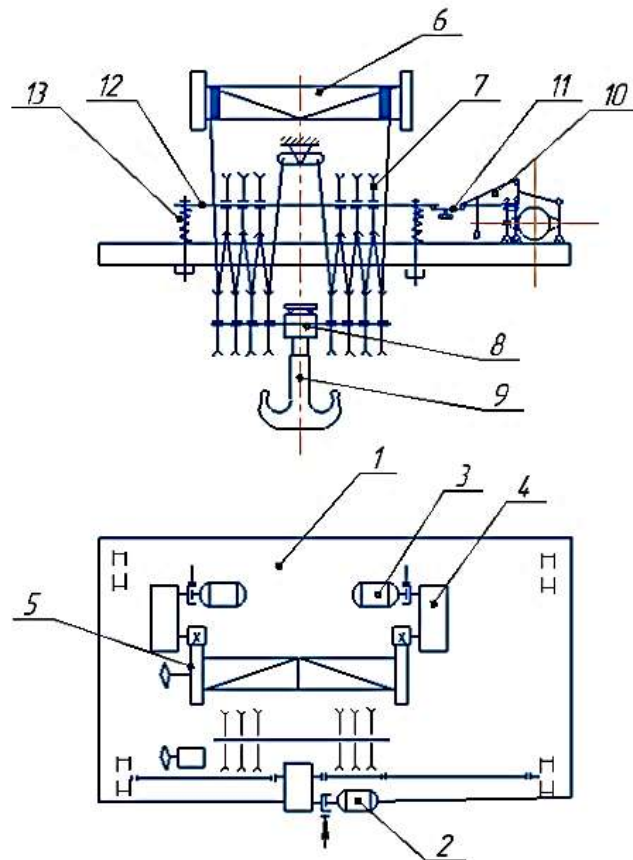


Рисунок 4.43 – Схема візка кувального крана

Головний візок кувального крана (рис. 4.43) є рамою 1, яка опирається на чотири двоколісні балансирні візки. Два ведучих колеса обертається приводом 2, що складається з електродвигуна, сполучної муфти з гальмом, редуктора і трансмісійного вала.

Механізм підйому складається з двох електродвигунів 3, які через два редуктора 4 і відкриті зубчаті пари 5 обертають канатний барабан 6, що має дві нарізки. Барабан з верхніми блоками 7 і блок підвіски 8 утворюють здвоєний поліспаст. На підвісці розміщений дворогий пластинчастий гак 9 для підвішування контувальника і транспортування важких зливків. Верхнє положення підвіски обмежується кінцевим вимикачем.

Механізм підйому обладнано двома колодковими гальмами з гідравлічними штовхачами, трьохплечий важіль 10 гальма пов'язаний за допомогою двохплечого важеля 11 з верхньою траверсою 12, яка через амортизатори 13 кріпиться до рами візка.

Цей пристрій, що розгальмовує, діє від натягу канатів поліспасти і запобігає їм від перевантажень в процесі кування.

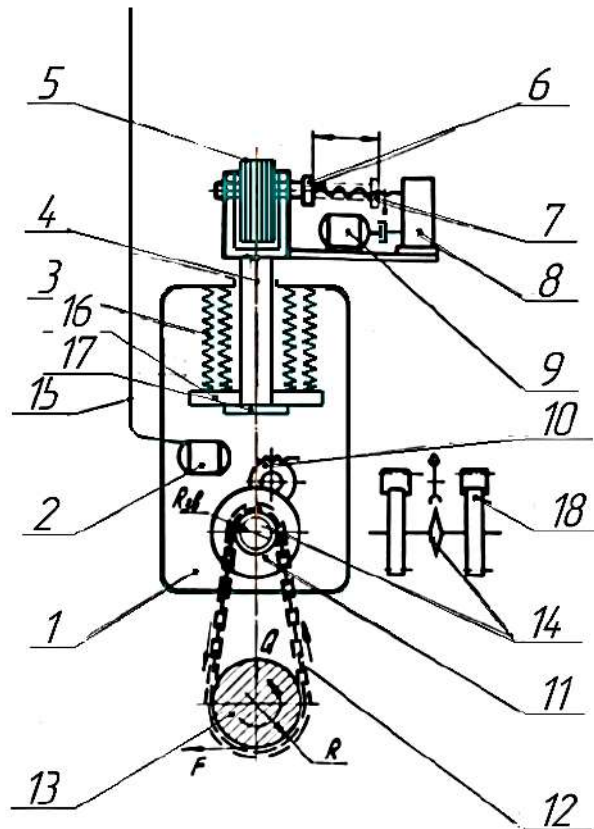


Рисунок 4.44 – Схема кувального контувальника

Контувальники для кувальних кранів різної вантажопідйомності виконують по аналогічним конструктивним схемам.

Контувач (рис. 4.44) призначено для повороту зливка відносно горизонтальної осі при обробці на молотах та пресах.

Усередині зварного корпусу 1 встановлений привід 2 тягової зірочки 14, з якою зачіплюється вантажний пластинчастий ланцюг 12. Привід складається з електродвигуна, муфти з гальмом, черв'ячного редуктора і зубчастої передачі 18. Тягова зірочка обертається в підшипниках ковзання на нерухомій осі, закріпленій у бічних щоках корпусу. Корпус контувальника виконано з пружинною підвіскою, що складається з чотирьох гвинтових пружин 3. Нижня траверса 16 опирається на сферичний кільцевий підп'ятник 17 гайки, нагвинченої на стержень 4 з вилкою для підвішування контувача на гак 5 крана. Пружинна підвіска є амортизатором динамічних навантажень, виникаючих при куванні від ударів молота або преса.

У сполучній осі 6 виконано різьблення під гвинт 7, який виконаний на вихідному валу редуктора 8. Гвинт в обертання наводиться електродвигуном 9 через сполучну муфту з гальмом і редуктор. При обертанні гвинта вісь пересувається звільняючи контувальник від гака.

Заготівка 13 обертається в результаті тертя між поверхнею заготівки і пластинчастим ланцюгом. Ця сила F виникає від тиску на ланцюг кінця заготівки, викликаного роботою преса або молота. Заготівка у визначеному

положенні зупиняється з вимкненням електродвигуна і увімкненням гальма. Для підведення електроенергії служить кабель 15.

Потужність привода механізму контування визначається

$$F_T = G \cdot f; \quad (4.43)$$

$$T_3 = F_T \cdot R_3; \quad (4.44)$$

$$P = \frac{T_3 \cdot n_3}{10^3 \cdot \psi \cdot \eta}. \quad (4.45)$$

4.6.3 Посадковий кран

Посадкові крани призначені для завантаження заготовок в горизонтальні нагрівальні печі, вивантаження їх з печі і подання до прокатних станів.

Механізми переміщення моста і візка – звичайні. Механізм повороту кабіни – як у пратцен-крана, механізм підйому кабіни і затиску кліщів – як у завалювального крана.

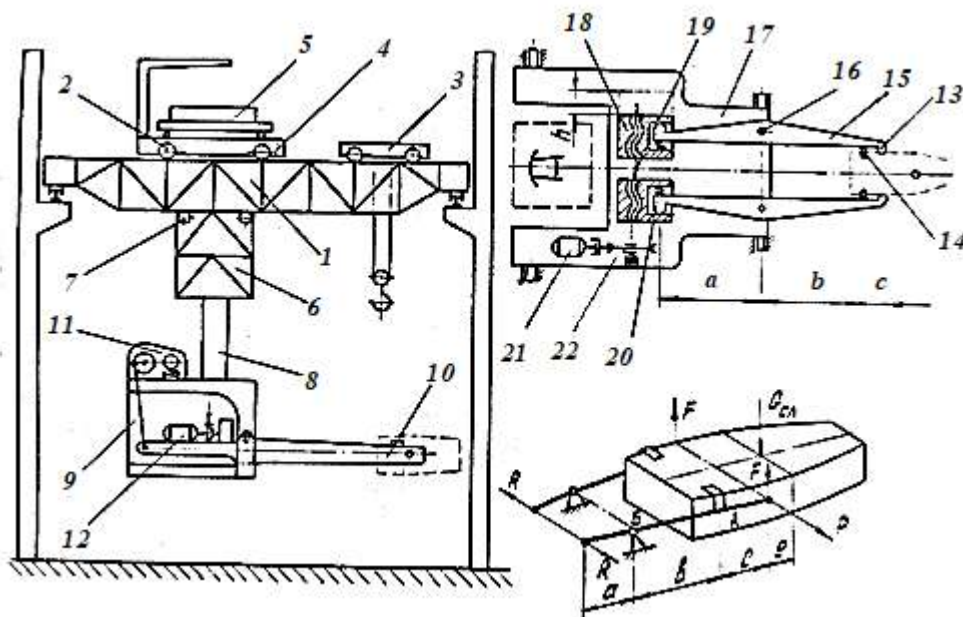


Рисунок 4.45 - Схема посадочного крана

Посадковий кран (рис. 4.45) складається з моста, головного і допоміжного візка. Міст крана пересувається уздовж цеху, головний візок пересувається уздовж моста. Кабіна з кліщами і заготовкою може обертатися відносно осі вертикальної колони 8. Кліщі разом із заготовкою та хоботом 10 гойдаються у вертикальній площині. Кабіна, що розміщена внизу колони 10 може підійматися.

Міст 1 крана складається з двох продовжніх балок у вигляді ґратчастих ферм, з'єднаних по кінцям поперечними балками з ходовими колесами. На одній балці встановлено механізм пересування моста, на іншій тролєї для подання струму і керування механізмом на головному 2 і допоміжному 3 візках.

Обидва візка пересуваються по одному рейковому шляху, укладеному по верхньому поясу головних ферм моста.

Головний візок складається з двох частин: неповоротної 4 і поворотної 5. В металоконструкцію неповоротної частини входять рама з ходовими колесами і вертикальна ґратчаста шахта 6 із запобіжними роликами 7. Ходові колеса пересуваються по верхньому поясу моста, запобіжні ролики – по нижньому і сприймають зусилля від перекидаючих навантажень. Металоконструкція поворотної частини візка складається з рами, внутрішньої ґратчастої шахти, колони 8 і кабіни 9. Поворотна рама трьома колесами опирається на кругову рейку неповоротної частини і утримується від горизонтального зміщення роликами на вертикальних осях. На нижньому кінці колони 8 знаходиться кабіна та кліщовий захват 10 і його механізми. На неповоротній рамі розташовано механізм пересування головного візка, на поворотній рамі – механізм повороту і підйому кабіни. На кабіні розміщено механізм коливання кліщів 11 (верхній поверх), механізм захоплення 12 і пост з апаратурою керування (нижній поверх).

Механізм захоплення (рис. 4.45) працює наступним чином. Для утримання зливка в горизонтальному положенні його кінець затискується кернами 13. При цьому зливоч упирається в горизонтальні верхні упори 14 кліщовин. Захоплювач і упори складають змінну передню частину кліщів 15. Вісь 16 обертання важелів закріплена в рамі 17, що може коливатися. Поворот важелів у протилежних напрямках здійснюється двома гайками 18, які нагвинчуються на гвинт 19 з лівою і правою нарізками. Кінці важелів, виконані у вигляді вилок, входять в кармани гайок з пружинним замиканням 20. Гвинт обертається від електродвигуна 21 крізь еластичну муфту і черв'ячну передачу 22. Для захоплення зливка кліщами гвинт обертається в напрямку, при якому втулки розводяться і стискають пружини. Пружини передають зусилля на кліщовини. Зусилля затиску (занурення кернів) зливка зростає до тих пір, поки не станеться прослизання фрикційної муфти, розташованої між ободом черв'ячного колеса і гвинтом. В цей момент двигун вимикається і кліщі надійно утримують зливоч в результаті постійного зусилля стиснутих пружин.

4.6.3.1 Розрахунок приводу механізма повороту

Загальне передавальне число приводу повороту колони крана (рис. 4.45, 4.46) дорівнює

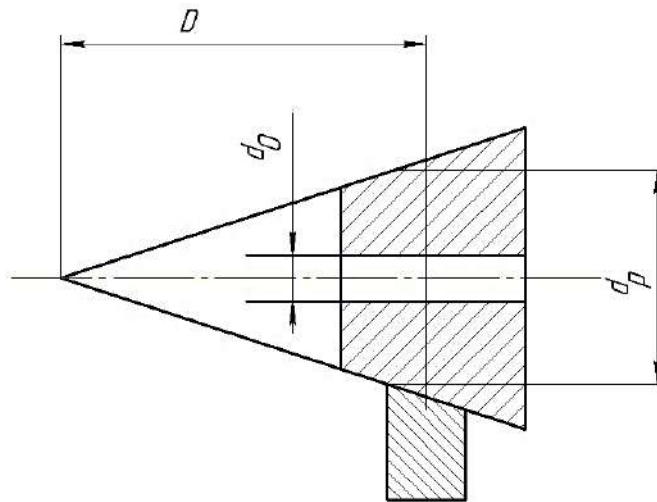


Рисунок 4.46 - Схема кругової опорної рейки поворотного візка

$$u_3 = \frac{n_{дв}}{n_B} = u_p \cdot \frac{D}{d_p}; \quad (4.46)$$

$$u_p = u_3 \cdot \frac{d_p}{D}. \quad (4.47)$$

Опір повертанню візка з колоною дорівнює

$$W = W_T + W_{ін}; \quad (4.48)$$

$$W_T = (G_B + Q) \cdot \frac{2\mu + f d_0}{d_p}, \quad (4.49)$$

де d_0 – діаметр осі ролика, м;
 D – діаметр колової рейки, м;
 d_p – діаметр ролика розрахунковий, м;
 G_B – вага візка, кН;
 $W_T, W_{ін}$ – сили опору тертя та інерції, кН.

4.6.3.2 Розрахунок зусилля затиску зливка

Необхідне зусилля затиску заготовок кліщами (рис. 4.45)

$$Q_3(c + e) = 2F \cdot c; \quad (4.50)$$

$$F = Q_3 \frac{c+e}{2c}; \quad (4.51)$$

$$P = \frac{F}{f}; \quad (4.52)$$

5. МОСТОВІ ПЕРЕВАНТАЖУВАЧІ

До групи спеціальних кранів мостового типу відносять перевантажувачі.

Перевантажувачі класифікують: 1) по області застосування або виду обслуговуваного виробництва і схемі установки у вантажному потоці (технологічному процесі); 2) за конструктивною ознакою.

Розглянуті машини обслуговують складні технологічні процеси у металургійній, хімічній та енергетичній промисловості, а також вантажні потоки у морських та річкових портах. Тією чи іншою мірою вони виявляються жорстко вбудованими в загальний технологічний потік і разом із конвеєрами складів утворюють систему машин. Тому від роботи перевантажувачів залежить ефективність всього виробництва.

Характер основного виробництва та умови експлуатації враховуються при проектуванні перевантажувачів та певним чином впливають на їх конструкцію.

Найбільше широко перевантажувачі застосовують на рудних дворах металургійних заводів, унаслідок чого їх називають рудними. Схема вантажного потоку на рудному дворі та характер використання такого перевантажувача залежать від виду обладнання рудного двору (двори з вагоноперекидачами або розвантажувальними естакадами), потужності доменного цеху. За допомогою перевантажувачів у портах розвантажують морські судна, що доставляють руду, агломерат та інші матеріали.

Схема використання перевантажувачів у портах залежить від технологічного процесу обробки сипких вантажів, і навіть від виду вантажу. На коксохімічних заводах та теплових електростанціях перевантажувачі використовують на складах вугілля.

Залежно від галузі застосування та технологічної схеми вантажопотоку перевантажувачі можуть мати додаткові вузли та механізми. Так, перевантажувачі, що обслуговують склади доменних цехів, оснащують стаціонарними або пересувними підвісними напрямними воронками, які використовують при завантаженні залізничних вагонів. Перевантажувачі для складів ТЕЦ та коксохімічних заводів обладнують живильниками - бункерами зі стрічковими або пластинчастими конвеєрами для рівномірної подачі вугілля зі складу на стаціонарні конвеєри, що проходять уздовж складу.

Класифікацію перевантажувачів за конструктивними ознаками показано на рис.5.1. Як видно зі схеми, перевантажувачі класифікуються за типами металевих конструкцій, за типами (видами) вантажозахоплювальних та перевантажувальних пристроїв, а також за типами механізмів пересування (рис. 5.2).

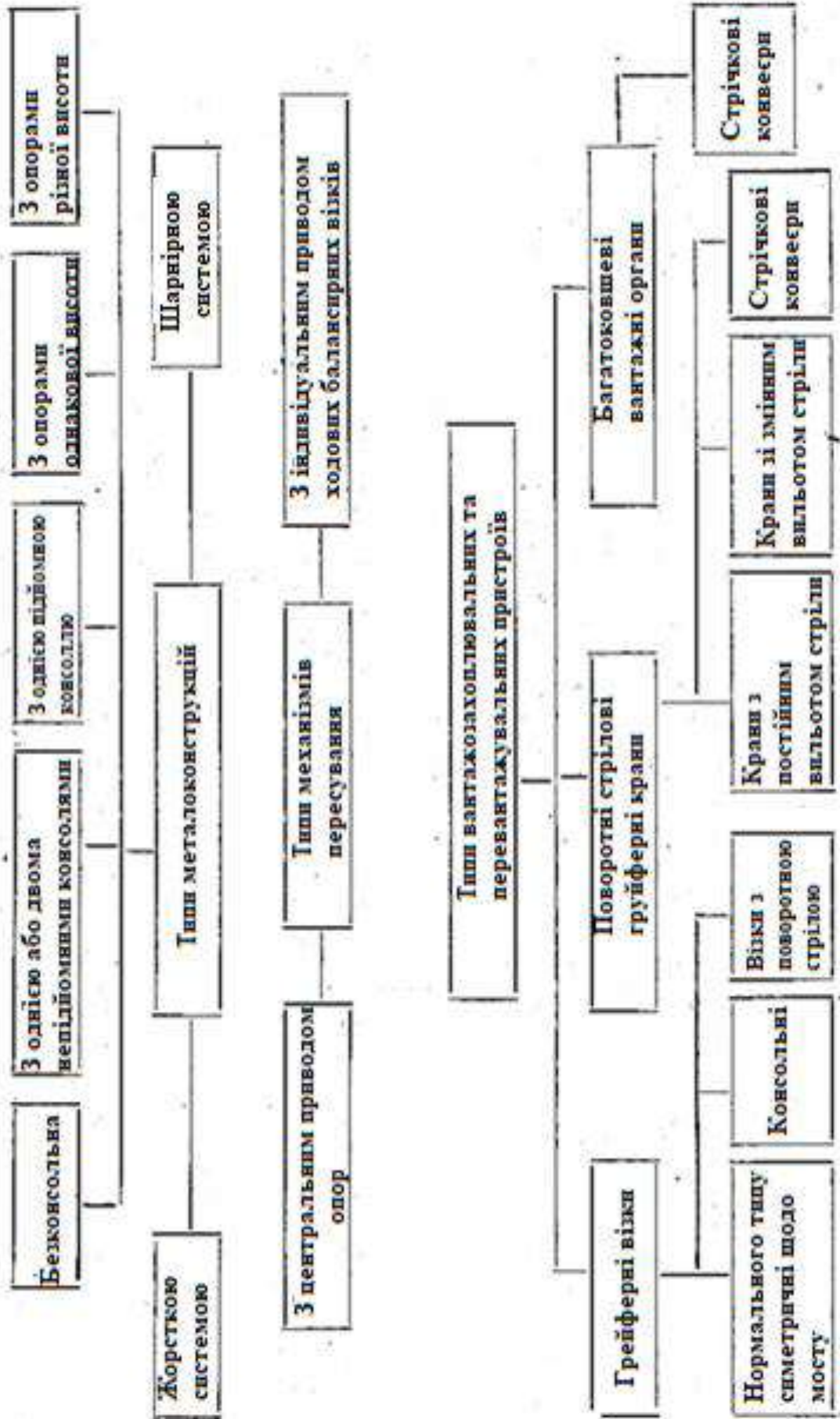
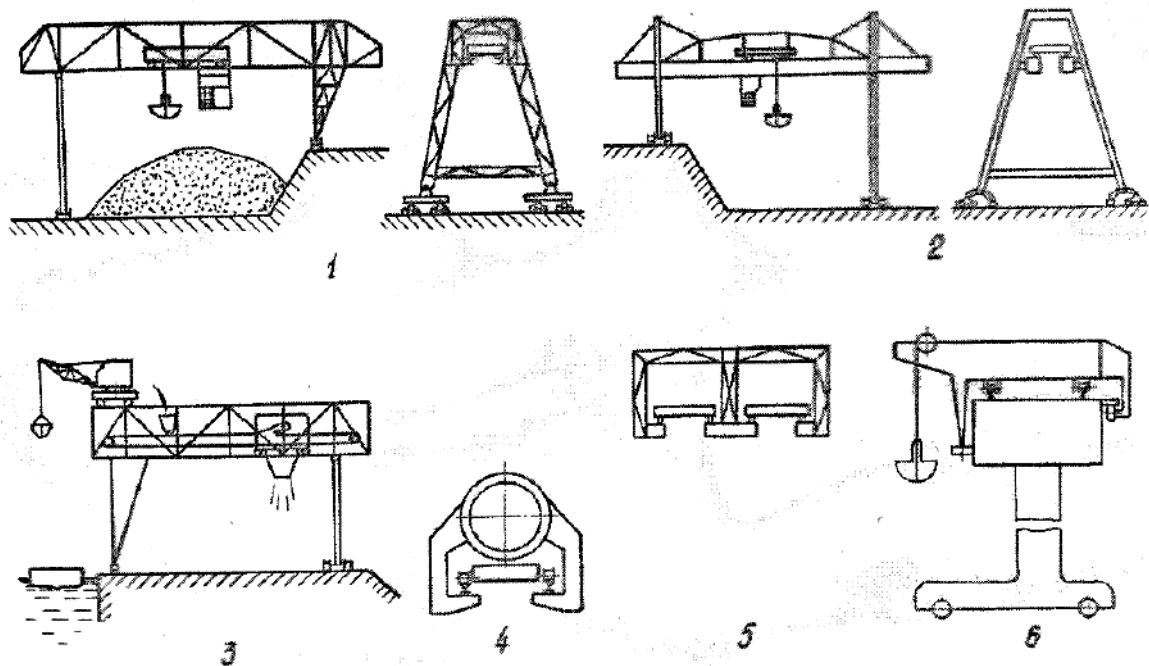


Рисунок 5.1 - Класифікація перевантажувачів



1 – рудно-грейферний кран (мостовий перевантажувач) з опорами різної висоти (ф. Блейхерт); 2 – кран виробництва ГДР (головні балки коробчастого перетину); 3 – кран із стрічковим конвейером; 4 – кран конструкції Сибтяжмашу (головна балка трубчастого перетину); 5 – кран з двома візками; 6 – однобалковий мостовий перевантажувач з несиметричною ходовою частиною

Рисунок 5.2 - Схеми мостових перевантажувачів

За конструктивними схемами металоконструкцій розрізняють перевантажувачі з жорсткою та шарнірною системами.

Перевантажувачі жорсткої системи характеризуються просторово жорсткою металоконструкцією, що унеможливорює відносне зміщення опор у горизонтальній площині.

У перевантажувачів шарнірної системи одна із опор – жорстка, інша – шарнірна. Жорстка опора з'єднується з мостом жорстко та утворює з ним просторову жорстку конструкцію. Шарнірна опора з'єднується з мостом шарнірно, що дозволяє компенсувати температурні деформації мосту і його перекося.

Перевантажувачі можна розділити також по числу грейферних візків на одно- і двовізкові.

Основні параметри перевантажувачів: прогін перевантажувача L , довжина моста L_0 , вильоти консолей l , а також висота підйому грейфера H (рис. 5.3) визначаються розмірами обслуговуваного складу, ємністю, технологічною схемою вантажопотоку, способами доставки матеріалів на склад і видачі їх зі складу, способами механізації.

5.1 Основні параметри перевантажувачів

Прогін L перевантажувача передбачають в межах 30-115 м, найчастіше 40-80 м. В Україні прогони перевантажувачів прийнято 60 та 76,2 м.

Висота підйому H грейфера залежить від глибини розвантажувальних траншей і висоти штабеля. Найчастіше $H = 20 - 30$ м. База перевантажувача B визначається умовами загальної стійкості.

Вантажопідйомність Q перевантажувача, робочі швидкості грейферного візка (поворотного крана) визначаються продуктивністю перевантажувача. Вантажопідйомність перевантажувачів, зазвичай, не перевищує 50 т. Найбільш поширені перевантажувачі вантажопідйомністю 16-32 т.

ГОСТ 1575 встановлює наступний ряд вантажопідйомностей перевантажувачів: 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50 т.

Вантажопідйомність перевантажувача призначають не лише виходячи із необхідної продуктивності. За інших рівних умов задану продуктивність складу можна забезпечити меншою кількістю перевантажувачів, якщо підвищити вантажопідйомність останніх. Однак через резервування перевантажувачів для ремонту та зняття пікових навантажень іноді доцільніше застосувати більше перевантажувачів, але меншої вантажопідйомності.

Робочі швидкості грейферного візка (крана): підйому (опускання) вантажу v_r , пересування v_B , а також швидкість повороту v_n рекомендується приймати максимальними та їх співвідношення визначати в кожному випадку виходячи з техніко-економічних показників перевантажувачів та їх конструктивних особливостей.

Максимальна швидкість пересування візка обмежується короткими ділянками шляху переміщення і прискоренням (приймається, що буксування ходових коліс відсутнє).

При повному шляху переміщення максимальна середня швидкість пересування візків, м/с

$$v_{max}^B = \sqrt{L_0 j_B}, \quad (5.1)$$

де j_B - максимально допустиме прискорення грейферного візка, м/с².

Зазвичай, швидкість пересування візка обирається як $0,5 v_{max}^B$ і становить 50-360 м/хв залежно від довжини шляху переміщення.

Максимальна швидкість підйому (опускання) вантажу (м/с) при дотриманні допустимого прискорення підйому (опускання) j_n та заданій висоті підйому H

$$v_{max}^n = \sqrt{H j_n}. \quad (5.2)$$

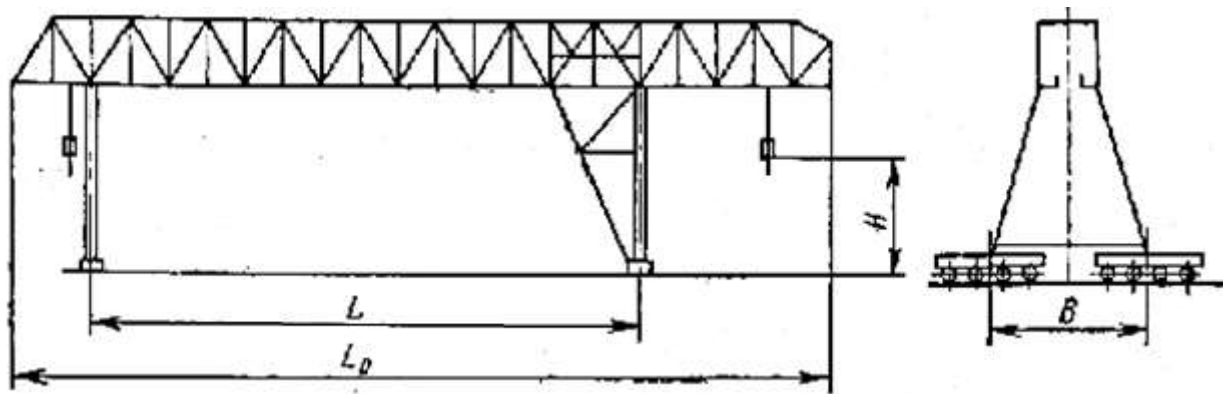


Рисунок 5.3 - Основні геометричні параметри перевантажувача

Щоб уникнути великих динамічних навантажень, прискорення j_{Π} приймають рівним 1-1,2 м/с². Найчастіше швидкість підйому (опускання) вантажу обирається як 0,3 v_{max}^B і як 30-100 м/хв.

Швидкість опускання грейфера приймають рівною швидкості підйому або більшою, тобто.

$$v_{оп} = (1,0 \div 1,4)v_{\Pi} \quad (5.3)$$

Швидкість повороту $v_{пов}$ стрілового крана залежить від вантажопідйомності, вильоту стріли та інших факторів. Зазвичай, швидкість повороту крана (частота обертання) не перевищує 2 об/хв.

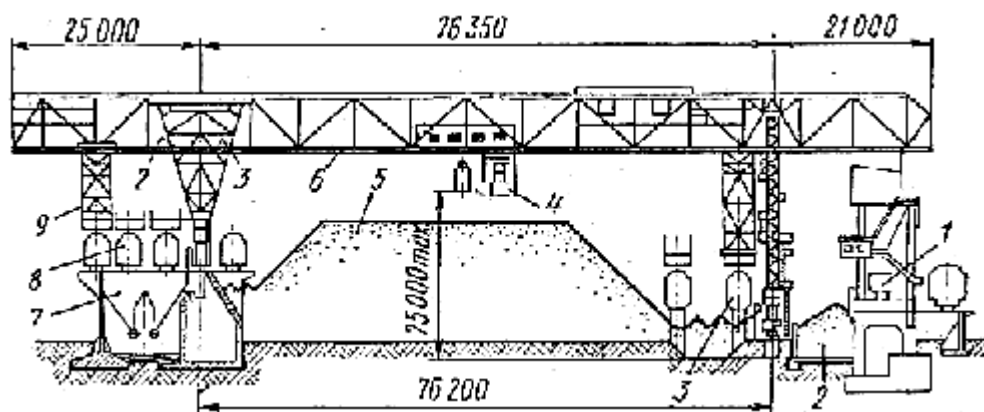
Швидкість пересування моста перевантажувача призначають рівною 15-35 м/хв, і на продуктивність перевантажувача вона мало впливає.

5.2 Перевантажувачі доменних цехів металургійних заводів

На складах рудних матеріалів доменних цехів зберігаються матеріали й змішуються з метою усереднення. Цю роботу виконують перевантажувачі.

У доменних цехах металургійних заводів перевантажувачі встановлюють на складі руди та шихтових матеріалів (рис.5.4), якщо матеріали доставляються поїздом, або в гавані, якщо руда та агломерат надходять водним шляхом.

При потягівій доставці матеріалів рудний двір може обладнатися вагоперекидачами або розвантажувальними естакадами з траншеями.



- 1 - вагоноперекидач з бічним перекиданням вагонів; 2 – рудна траншея;
 3 - вагони, що завантажуються; 4 - грейферний візок перевантажувача;
 5 – штабель шихти; 6 - перевантажувач вантажопідйомністю 30 т;
 7 – бункера; 8 – передавальний вагон; 9 - розвантажувальна вирва
 перевантажувача

Рисунок 5.4 - Схема перевантажувача, ф. Блейхерт на рудному дворі.
 Комбінат «Запоріжсталь»

При першій схемі (рис.5.4) вагони з рудою розвантажуються вагоноперекидачем, і руда заповнює рудну траншею. За допомогою перевантажувача, обладнаного грейферним візком, руду укладають у штабель 5, з якого перевантажувачем вона подається в передавальний вагон. Останній розвозить руду хоперами. З хоперів шихтові матеріали надходять прямо на вагон-ваги і на скіповий підйомник. Хоперами також шихту подають на аглофабрику. Для направлення матеріалів у вагони перевантажувачі обладнуються стаціонарними та пересувними напрямними воронками. На рис.3.4 показаний перевантажувач фірми Блейхерт (ГДР) продуктивністю 400 т/год масою 1200 т.

Гратчасті конструкції перевантажувачів відрізняються високою жорсткістю, однак вони мають велику масу і складні для виготовлення. Тому з'явилися перевантажувачі з мостами трубчасто-балочної конструкції, що виготовлені заводом Сибважмаш (рис.5.5). Міст перевантажувача 2 та опори 1 виконані з труб. Міст складається із окремих секцій (блоків). Діаметр труби моста 2900 мм, товщина стінки окремих секцій змінюється по довжині моста, чим досягається максимальне використання металу, а отже, і зниження маси.

Опори мосту однакові за конструкцією. Вони виконані з труб нормального сортаменту та жорстко з'єднані з мостом. На одній із консолей мосту розміщено ремонтне приміщення 4.

У грейферного візка 3 чотири приводні ходові колеса, кожне з самостійним приводом. Візок пересувається балками, консольно з'єднаними з мостом. Механізми підйому та замикання грейфера однакові по конструкції та мають роздільні приводи.

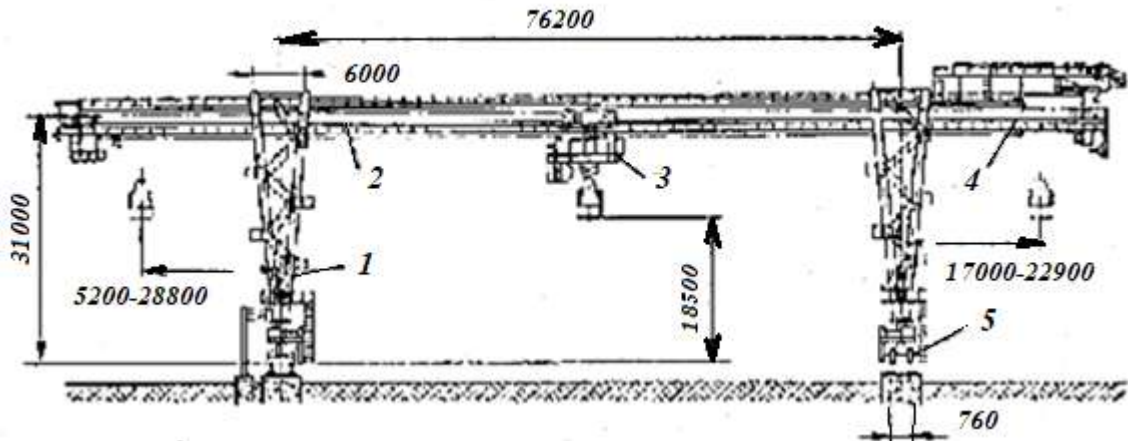


Рисунок 5.5 - Перевантажувач конструкції заводу Сибважмаш

Керування механізмами візка здійснюється за системою Г-Д. Живлення до грейферного візка підводиться за допомогою жорстких тролей.

Керування механізмами перевантажувача проводиться з кабіни керування грейферним візком.

Механізм пересування перевантажувача 5 виконаний за схемою, розробленою СКМЗ. Перевантажувач допускає деякий перекид у плані завдяки гнучкості системи металоконструкцій. Обмежувачі перекоосу розташовані у трубчастих елементах опор.

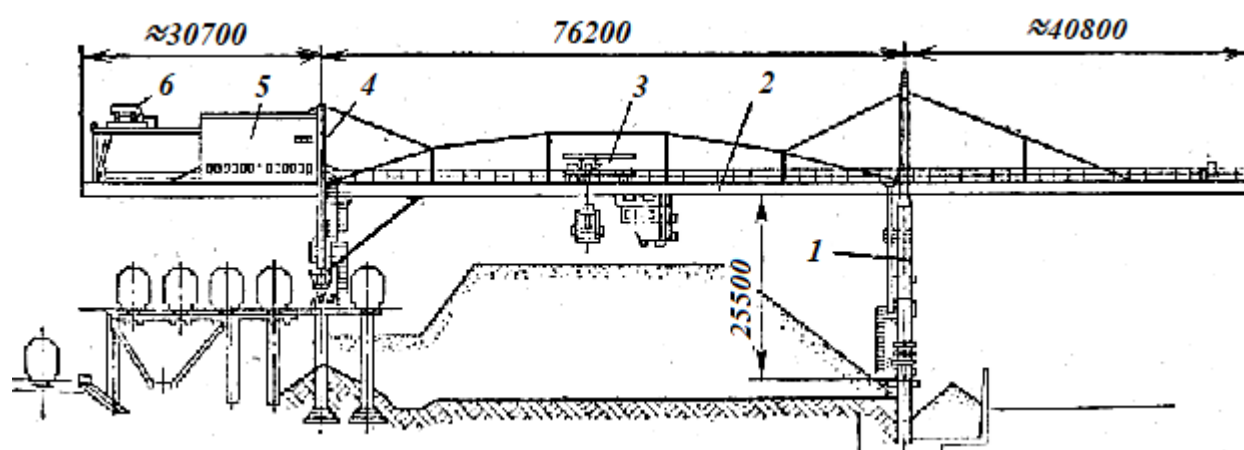
Перевагою перевантажувача є трубчаста конструкція моста і опор, які простіше у виготовленні, монтажі та експлуатації (менше стикових вузлів, більше стійкість до корозії, менше витрати на фарбування та ін.), ніж решітчасті. Крім того, перевантажувач сприймає менші вітрові навантаження внаслідок меншої навітряної площі.

Проте перевантажувачі цієї конструкції мають недостатню ремонтну технологічність. Коротка характеристика деяких типів перевантажувачів наведено у табл. 5.1.

За кордоном перевантажувачі з балочними мостами випускали заводи ВТА (НДР) та фірма Демаг (ФРН). Схема одновізкового перевантажувача конструкції заводу ВТА показана на рис.5.6. Міст 2 перевантажувача спирається на жорстку 4 та шарнірну 1 опори. Остання з'єднана через шарнір з мостом. На консолі з боку жорсткої опори розташовані ремонтне приміщення 5 та ремонтний кран 6. Міст перевантажувача виконаний з двох коробчастих балок, по верхньому поясу яких пересувається грейферний візок 3. Міст посилено шпренгельною системою. Перевага такої конструкції у її технологічності: значно зменшено кількість деталей, що полегшує виготовлення та монтаж і експлуатацію.

Таблиця 5.1 - Технічні характеристики вітчизняних перевантажувачів

| Найменування | МП30-76,2 | МП25-60 | МП40-76,2 | МП32-76,2 | МП2×30-115 |
|---|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Вантажопідйомність грейферного візка, т | 30 | 25 | 40 | 32 | 30 |
| Технічна продуктивність, т/год | 500 | 400 | 700 | 600 | 500 |
| Вантаж | Руда, вугілля | Вугілля | Вугілля | Вугілля, руда | Руда |
| Проліт, м | 76,2 | 60 | 76,2 | 76,2 | 115 |
| Швидкість, м/хв: підйому грейфера... пересування грейферного візка... пересування перевантажувача... | 71 228 21 | 65 150 21 | 64 232 21 | 65 235 27,4 | 65 231 15,4 |
| Висота підйому грейфера, м | 30 | 25 | 30 | 35 | 35 |
| Маса перевантажувача, т | 930 | 670 | 850 | 800 | 2400 |
| Завод-виробник | СКМЗ | СКМЗ | СКМЗ | Сибважмаш | СКМЗ |

Рисунок 5.6 - Перевантажувач конструкції заводу ВТА 2, виготовлення НДР.
Рудний двір комбінату «Запоріжсталь»

На рудному дворі комбінату «Запоріжсталь» працює один перевантажувач з прогінною фермою, стержні та опори якої виконано коробчастими (рис. 5.7).

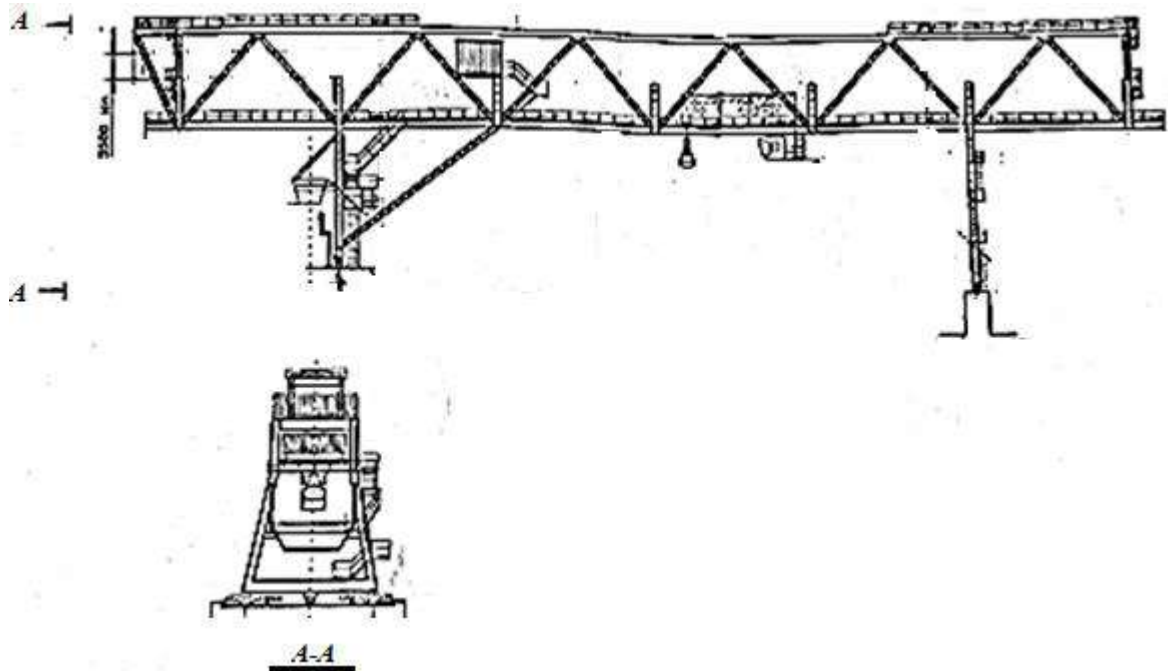


Рисунок 5.7 - Перевантажувач ф. Конє для комбіната «Запоріжсталь».
Вантажопідйомність $Q = 32$ т. Коробчасті прогінні балки

Наведені типи перевантажувачів працюють на рудному дворі металургійного заводу «Запоріжсталь».

Розглянемо деякі конструктивні особливості Запорізьких рудно-грейферних перевантажувачів. Спочатку конструкція грейферного візка перевантажувача ф. Блейхерт.

5.3 Грейферний візок мостового перевантажувача

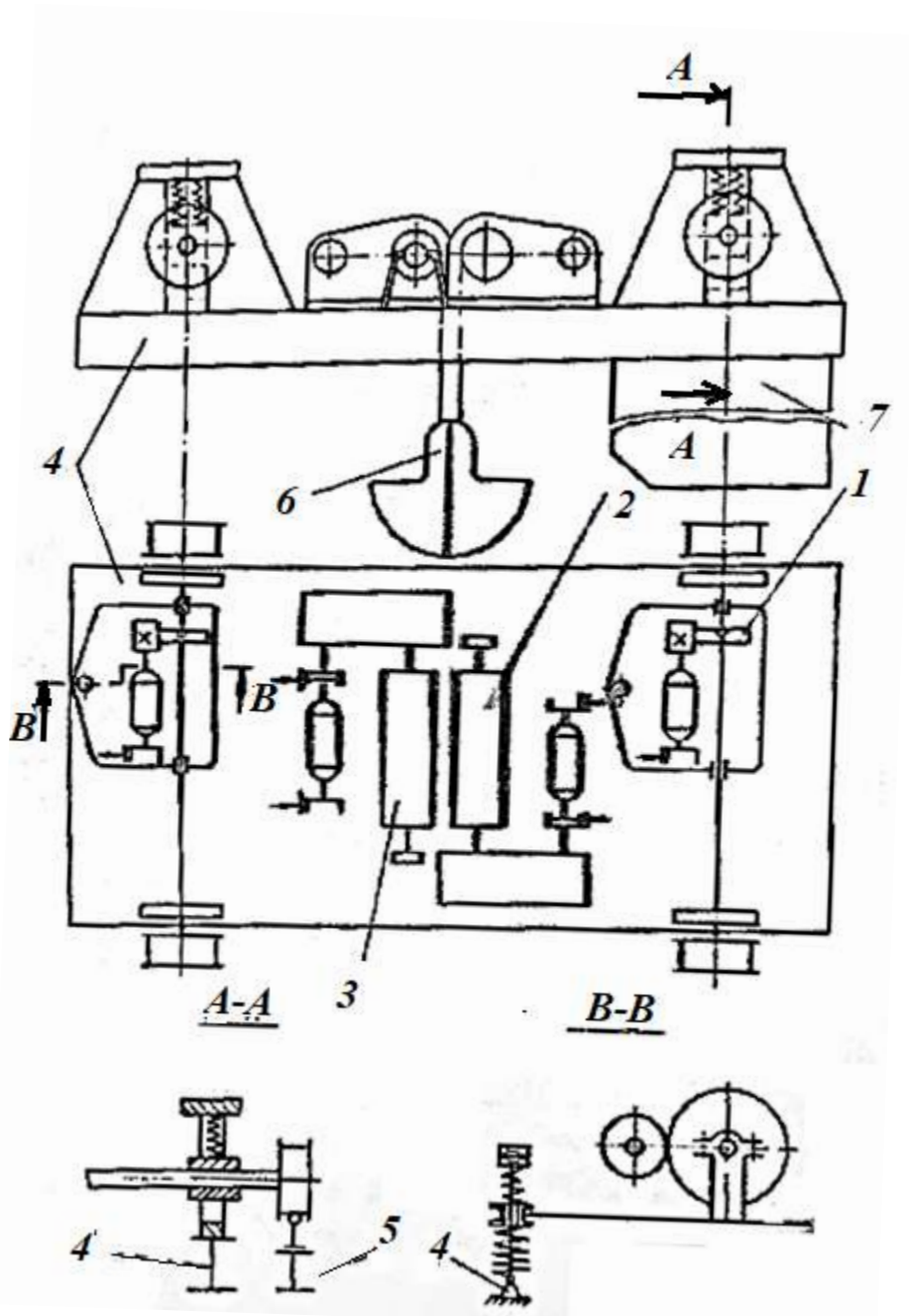
Всі чотири колеса візка (рис. 5.8) привідні для надійності зчеплення з рейками в будь-яких погодних умовах. Поруч з колесами перебувають бункера з піском, керовані з кабіни. Швидкість пересування візка доходить до 6 м/с.

Для пом'якшення ударів привід механізму пересування встановлюється на платформі (що хитається), на вісь колеса.

Хитна платформа, на якій закріплений привід пересування, підвішується на вісь ходового колеса в двох точках, третьою точкою опори є амортизатори. Така конструкція забезпечує сталість зубчастого зачеплення при вертикальному переміщенні рами візка щодо ходових коліс. При цьому шестерня обкочується по зубчастому колесу. Амортизатори пом'якшують динамічні навантаження, що виникають при переміщенні візка через стики рейок.

Електродвигуни візка оснащені вентиляторами, оскільки режим роботи надважкий.

Кабіна триповерхова, нижня – для машиніста, дві верхні – для електрообладнання.

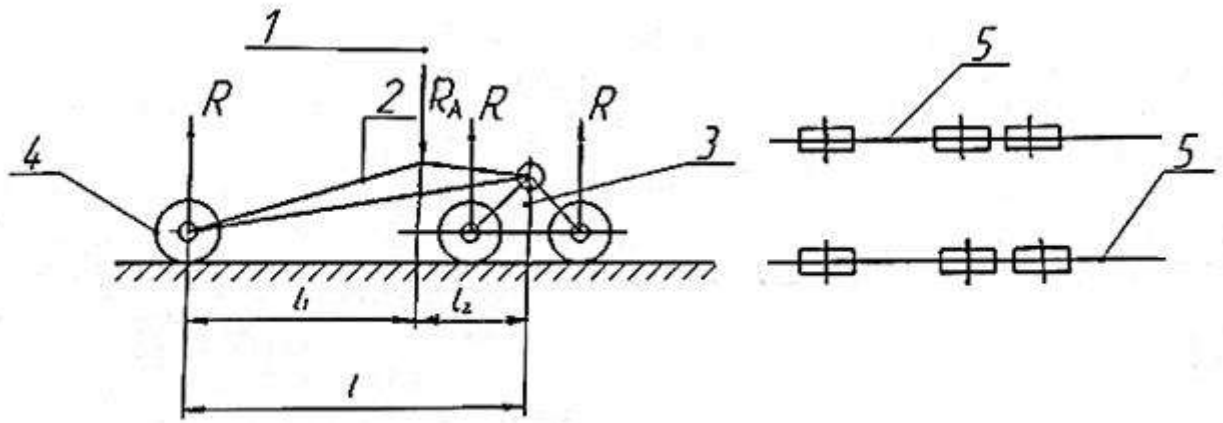


1 – механізм пересування візка; 2 – лебідка підйомного каната; 3 – лебідка замикаючого каната; 4 – рама візка; 5 – їздова балка моста крана; 6 – грейфер двоканатного типу; 7 – кабіна керування

Рисунок 5.8 – Схема грейферного візка мостового перевантажувача

5.3.1 Розрахунок приводів механізмів пересування перевантажувача та грейферного візка

Розрахунок тиску на ходові колеса триопорних балансирів приводів пересування перевантажувачів слід виконати згідно схему (рис. 5.9).



1 – тиск однієї опорної ноги перевантажувача; 2 – великий балансир; 3 – малий балансир; 4 – опорно-ходові колеса; 5 – подвійні колії
Рисунок 5.9 - Схема до розрахунку тиску на опорно-ходові колеса в триопорному балансірі перевантажувача

$$6R = R_A, \quad (5.4)$$

$$R = \frac{R_A}{6}; \quad (5.5)$$

$$2Rl_1 = 4R \cdot l_2, \quad (5.6)$$

$$l = l_1 + l_2 = 3l_2; \quad (5.7)$$

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{4R}{2R} = 2, \quad (5.8)$$

$$l_1 = \frac{2}{3}l; \quad (5.9)$$

$$l_2 = \frac{1}{3}l. \quad (5.10)$$

При виборі електродвигуна приводу механізму пересування візка враховується крім сил тертя W_T та інерції W_{iH} вітрове навантаження W_B і ухил шляху W_y

$$P = \frac{W \cdot v}{10 \cdot \psi \cdot \eta}, \text{ кВт}; \quad (5.11)$$

$$W = W_T + W_{iH} + W_B + W_y. \quad (5.12)$$

Перевірка електродвигуна

1. По нагріванню

$$P_{екв} = P_{ст} \cdot \gamma \cdot k \leq P_{кат} \quad 25\% \text{ ПВ}; \quad (5.13)$$

де $\gamma = 1,12$; $k = 2,5$ – коефіцієнт режиму роботи.

2. По коефіцієнту запаса зчеплення

$$k_{зч} = \frac{F_{зч}}{F_{опору}} = \frac{R_{пр} \cdot f'_{зч}}{W'_T + W'_{ин} + W'_{y} + W'_{e} - W_{np}} \geq 1,2 \quad (5.14)$$

величини зі штрихами – без вантажу.

3. За часом розгону

$$t_p = \frac{J_{пр} \cdot \omega}{T_r^{cp} - T_T}; \quad (5.15)$$

$$J_{пр} = \delta(J_p + J_M) + \frac{mRk^2}{u_p^2 \cdot \eta}; \quad (5.16)$$

$$\omega = \frac{\Pi n}{30}, \quad (5.17)$$

де n – частота електродвигуна, 1/с.

Перевірка гальмового моменту для утримання візка під впливом вітрового навантаження

$$T'_T = \frac{(W_B^{неp} + W_y - W_T^{min}) \cdot \eta \cdot R_k}{u_p \cdot z} \cdot k, \quad (5.18)$$

де z – число гальм;

k – коефіцієнт запасу гальмування;

$k = 1,2$;

$$T_T^Q = T_{ин} - T_T. \quad (5.19)$$

Цей розрахунок має місце для механізмів пересування кранів.

5.4 Перевантажувачі з консольними грейферними візками

Така конструкція у перевантажувачів фірми МАН (рис.5.10). Міст перевантажувача 1 виконаний з суцільних листів і має в перерізі форму трапеції. З боку причалу консоль 4 підйомна. З опорою 5 міст з'єднаний шарнірами, що забезпечує передачу на опору крутного моменту, викликаного консольним розташуванням візка. Опори мосту одностоечні коробчастого перетину. Опора 5 обладнана пілоном 3 для підйому консолі.

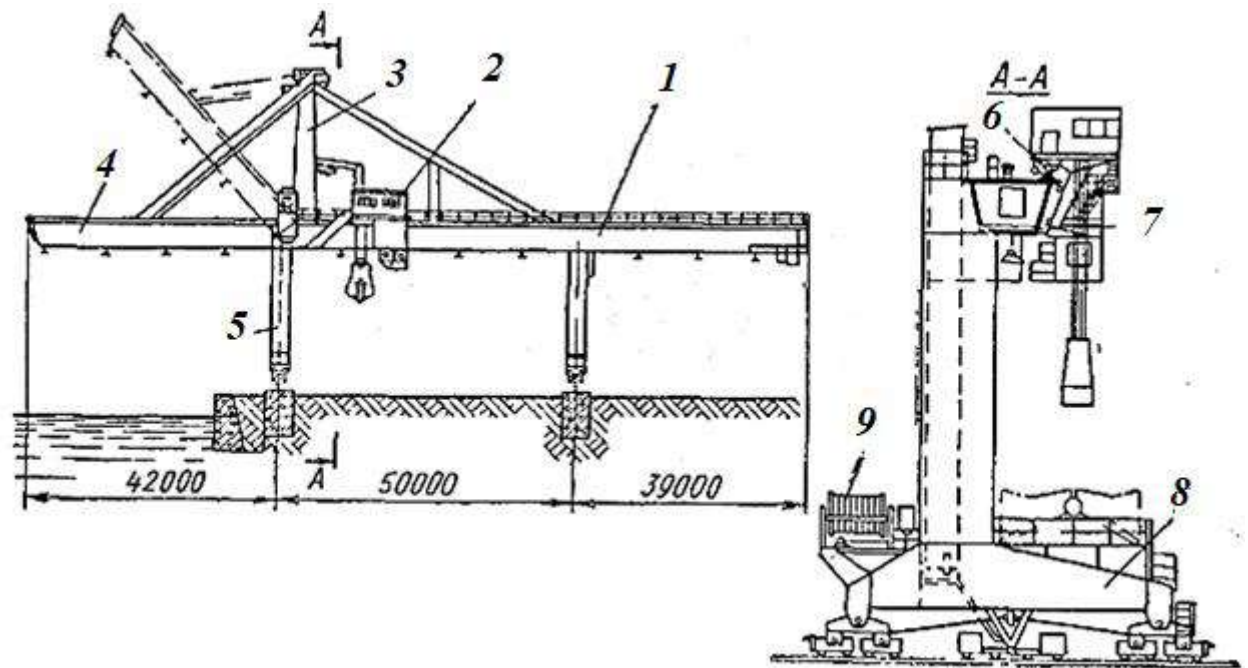


Рисунок 5.10 - Перевантажувач фірми МАН з консольним грейферним візком вантажопідйомністю 25 т

Грейферний візок 2 забезпечений двома приводними колесами, що спираються на рейку 6, яка кріпиться до верхнього поясу моста. Останній має невеликий нахил до осі мосту та сприймає вертикальні навантаження. Нижні опорні ролики спираються на рейку 7, яка кріпиться до нижнього поясу моста і сприймає горизонтальні реакції, що викликаються ексцентричним розташуванням візка. Опорні реакції верхніх і нижніх ходових коліс перетинаються приблизно в одній точці, що забезпечує рівновагу візка з вантажем. Зміщення візка в горизонтальній площині запобігає додатковим горизонтальним роликам, що охоплюють головку верхньої рейки. На грейферному візку передбачено автоматичний зважувачий пристрій.

Механізм пересування моста 8 виконаний з індивідуальним приводом коліс, чотири з яких привідні.

Перекис моста при його пересуванні фіксує обмежувач перекосу. Принцип роботи останнього ґрунтується на вимірі кута закручування гнучкої опори.

Для того, щоб крутний момент, був постійним при різних кутах нахилу консолі, механізм підйому останньої обладнаний лебідкою з конусним барабаном. Електроенергія до перевантажувача надходить гнучким кабелем. Для цього на жорсткій опорі є кабельний барабан 9. Управління двигунами грейферного візка здійснюється за системою Г-Д.

Таблиця 5.2 – Технічна характеристика перевантажувача ф. МАН

| | |
|--|------|
| Прогін, м | 50 |
| Вантажопідйомність, т | 25 |
| Швидкість підйому грейфера, м/хв | 100 |
| Швидкість опускання грейфера, м/хв | 150 |
| Висота підйому грейфера, м | 29 |
| Швидкість пересування грейферного візка, м/хв. | 200 |
| Швидкість пересування перевантажувача, м/хв. | 20 |
| Продуктивність, т/год | 1000 |

Перевантажувач аналогічної конструкції, тільки без можливості відкидної консолі, працює на шихтовому дворі Запорізького титано-магнієвого комбінату.

6. КРАНИ-ШТАБЕЛЮВАЛЬНИКИ

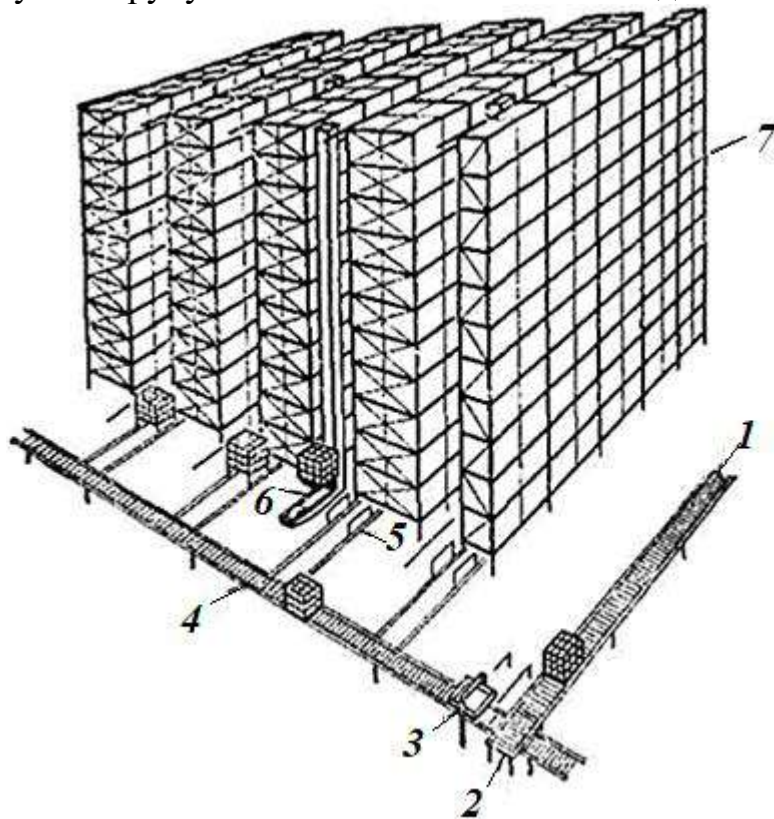
Одним з напрямків спеціалізації мостових кранів для обслуговування сучасних складських приміщень, які стали називати кранами-штабелювальниками.

Крани-штабелювальники призначені для обслуговування механізованих складів, обладнаних багатоярусними стелажима заввишки 25 м і більше (рис.6.1).

Крани-штабелювальники можуть бути виконані керованими з підлоги, з кабіни, дистанційно та автоматично.

Крани-штабелювальники поділяють на мостові та стелажні.

Мостовий кран-штабелювальник має вертикальну колону 5, підвішену до вантажного візка 4, що переміщується мостом 3, який пересувається по кранових рейках 1 (рис.6.2, а). По колоні переміщається вантажозахоплювальний пристрій у вигляді вил 6, а нерідко і кабіна кранівника. Підйом (опускання) кабіни може здійснюватися тим самим механізмом, що й підйом вантажу. Знаходять застосування роздільні механізми підйому кабіни та вантажу. Один такий кран-штабелювальник може обслуговувати групу стелажів та навіть весь склад.

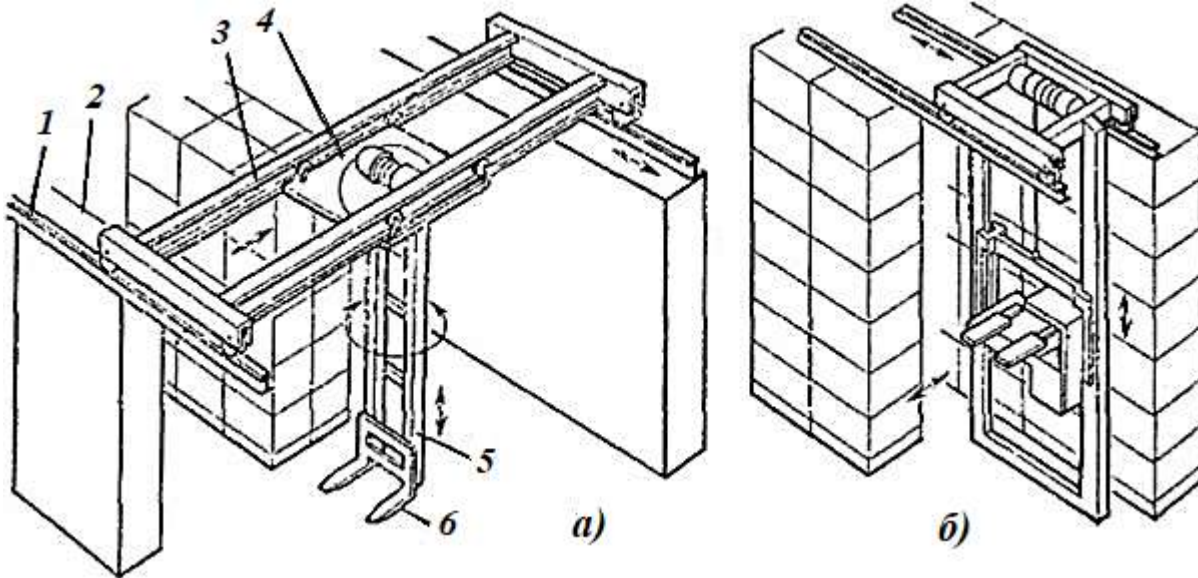


1 – подаючі роликові конвеєри; 2 – поворотна секція роликового конвеєра; 3 - контроль розмірів пакетів; 4 – розподільний конвеєр; 5 – майданчик для встановлення вантажів; 6 - стелажний кран; 7 - стелажі

Рисунок 6.1 - Схема стелажного автоматизованого складу

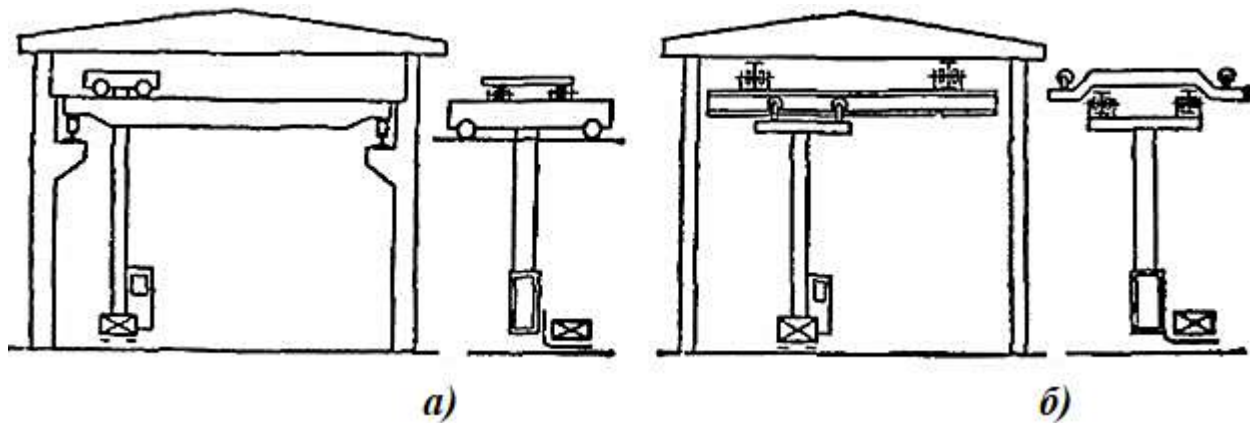
Стелажний кран-штабелювальник має вертикальну колону, що переміщується між стелажми (рис.6.2, б). У цих кранах візок пересувається рейками, покладеними на стелажі. Вантажопідійомний пристрій, що переміщається по колоні, повинен обслуговувати обидва стелажі (правий та лівий). Якщо колона буде виконана поворотною, потрібно збільшити відстань між стелажми. Вантажозахватний пристрій виконано рухомим.

За способом спирання на рейковий шлях крани-штабелювальники бувають опорними або підвісними (рис.6.3, а і 6.3, б). Цей поділ є умовним. Підвісний кран-штабелювальник підвішений до ходових візків.



а - мостовий; б - стелажний

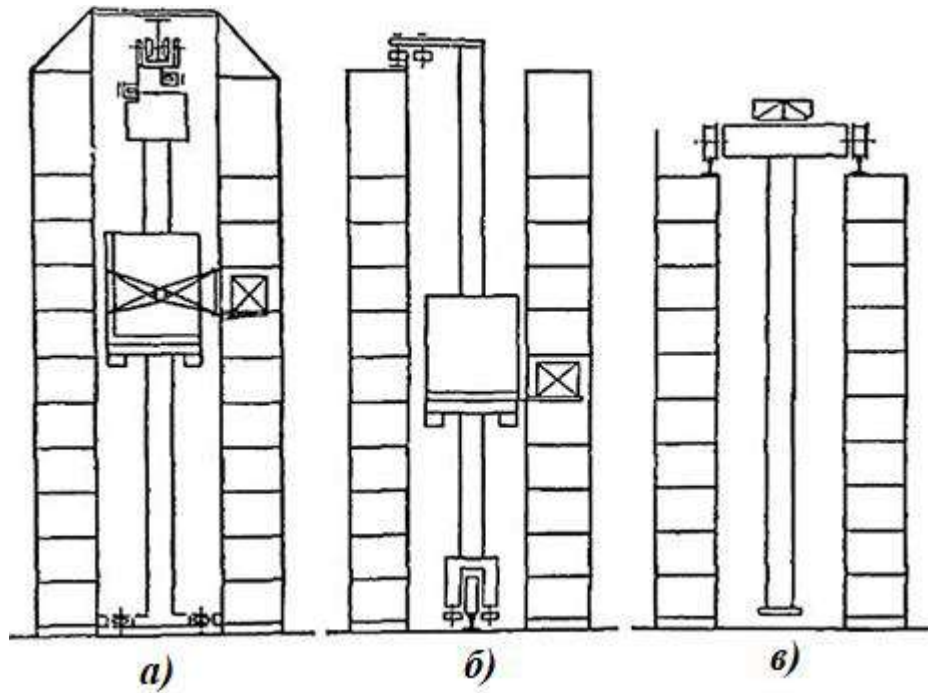
Рисунок 6.2 - Крани-штабелювальники



а - опорний; б - підвісний

Рисунок 6.3 - Крани-штабелювальники мостового типу

Типи стелажних кранів приведені на рис. 6.4.



а - підвісний; б - опорний велосипедного типу; в - опорний з опорою на стелажі

Рисунок 6.4 - Стелажні крани-штабелювальники

Фрагменти роботи кранів-штабелювальників в реальних виробничих умовах додаються на рис. 6.5.



Рисунок 6.5 - Крани-штабелювальники опорного мостового типу

Монтаж частотних перетворювачів на штабелювальнику дозволяє змінювати та регулювати швидкість переміщення крана та візка. Робота штабелювальника на малих швидкостях стає точнішою та плавнішою. Також частотні перетворювачі захищають від коротких замикань, перегріву, перевантажень та обриву фаз. Для механізмів переміщення мостового крана гарантований діапазон змін швидкості становить 1:8.

Канати, що використовуються для підйому вантажу разом з кабіною оператора штабелювальника або окремо від кабіни, повинні бути виконанням ВЛ (вантажолюдські).

У механізмах підйому вантажу слід застосовувати сталеві канати або пластинчасті ланцюги. Сталеві канати повинні мати коефіцієнт запасу міцності не менше 9, а ланцюга – не менше 6, якщо обладнання кабіни уловлювачами не потрібно, і відповідно не менше 6 і 5, якщо обладнання кабіни уловлювачами є обов'язковими або кабіна відсутня.

Пружний прогин прогонових балок моста крана від сили тяжіння вантажного візка, колони, рами телескопічної, вантажопідйомника, кабіни з оператором та вантажу при їх номінальних значеннях не повинен перевищувати 1/700 прогону моста для кранів-штабелювальників з керуванням з підлоги та – 1/1000 прогону моста для кранів-штабелювальників з керуванням з кабіни.

Конструкції крана мостового та вантажного візка крана повинні бути виконані таким чином, щоб виключалась можливість сходу крана з рейок при наїздах на упор.

Кабіна управління має відповідати вимогам ГОСТ 12.2.066. Розпашні двері кабіни можуть відкриватися як всередину, так і назовні.

Кабіна мостового крана має бути виконана закритою або напіввідкритою. Напіввідкрита кабіна повинна мати дах, задню та бічні стіни, двері висотою не менше 1,1 м. Кабіна повинна мати блокувальні пристрої, що допускають рух штабелювальника (кабіни) лише за умови знаходження оператора в межах її габариту.

Під час аварії має бути передбачена можливість безпечного виходу оператора з кабіни крана, а також безпечного спуску його. Спосіб спуску має бути вказаний в інструкції з експлуатації крана.

За наявності в кабіні люків або аварійного виходу їх розмір повинен бути не менше 500x500 мм.

Сьогодні на більшості промислових підприємств немає іншої альтернативи для механізованих складів як кран-штабелювальник. Швидке поширення складів з кранами-штабелювальниками обумовлено їх наступними перевагами порівняно зі складами, що обслуговуються підлоговими електроштабелювальниками та автотранспортом:

- значно краще використання площі та обсягу складського приміщення за рахунок скорочення ширини проїзду у півтора-два рази;
- можливість розміщення складу у будь-якому приміщенні;
- відсутність спеціальних вимог до підлоги;
- крайні стелажі чи існуючі підкранові шляхи кран-балок є шляхами для кранів-штабелювальників;
- зниження витрат на складування вантажів;
- простота управління та обслуговування;
- низька вартість експлуатації;
- можливість автоматизації обліку вантажів;

- вартість крана-штабелювальника в $1,5 \div 2$ рази нижча за навантажувач;
- не підлягає реєстрації в органах нагляду.

Механізований склад складається із трьох основних частин: кран-штабелювальник, стелажі, піддони (тара). Стелажі, піддони (тару) підприємство може виготовляти і саме за наявності виробничих технічних можливостей. Однак, при простоті конструкції стелажів і піддонів рекомендується все ж віддавати перевагу покупному, серійно випускаємому промисловістю обладнанню, і замовляти його комплектно у виробника механізованих складів. Це пов'язано перш за все з навантаженнями які виникають під час руху крана-штабелювальника (статичні і динамічні) і тому звичайні стелажі підходять під технічні вимоги механізованого складу.

Кран-штабелювальник опорний встановлюється на підкранову колію, яка монтується безпосередньо на крайніх стелажках.

Застосування сучасних приводів дозволяє автоматизувати роботу складу.

Підйомний механізм крана-штабелювальника виконаний на основі електричної талі. Це добре відпрацьована конструкція і проблем у процесі експлуатації не виникає.

Для раціонального переміщення крана-штабелювальника по складу передбачаються проходи між стелажками та спеціальні консолі, які дозволяють перемістити колону з вантажопідйомним механізмом в потрібний міжстелажний прохід.

Внутрішні ряди стелажів роблять коротшими, ніж крайні, і це дозволяє мати майданчик для проведення вантажно-розвантажувальних робіт краном-штабелювальником на візках, автомашини і інш.

Для великих складів передбачається встановлення двох, а іноді й більше кранів-штабелювальників.

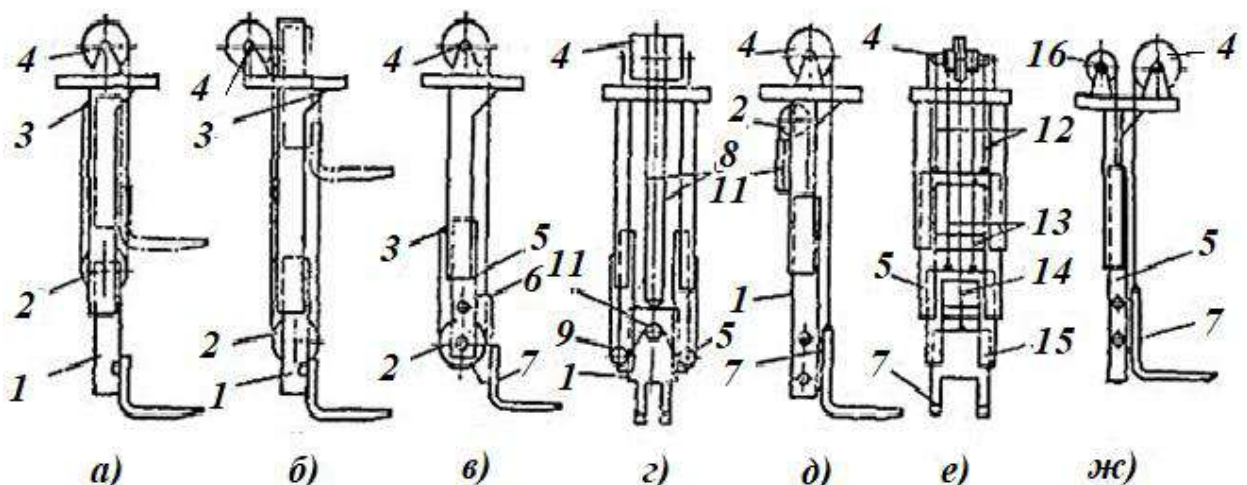


Рисунок 6.6 - Колони кранів-штабелювальників

У кранах-штабелювальниках колони можуть бути виконані суцільними, телескопічними і складаються з двох частин.

Велике поширення набули колони з подовженою кареткою 1 (рис. 6.6, а). Підвіска каретки поліспадна. Один кінець каната закріплений на барабані 4, інший - до жорсткої секції колони в точці 3. Так як висота підйому лап визначається довжиною каретки, то для кращого використання висоти складу в поворотній платформі виконано отвір для проходу каретки (рис.6.6, б). При цьому збільшуються розміри поворотної платформи, а отже, і візка.

На рис.6.6, в зображена колона, по якій рухається її секція 5 з блоком 2. Канат з барабана 4, огинаючи блок, закріплюється на колоні в точці 3. Зубчасте колесо на осі (валу) блоку зв'язує його з рейкою каретки 6, що рухається по секції 5. При її русі в тому ж напрямку переміщується каретка 6 з лапами 7. При цьому швидкість підйому може збільшуватися в 2 рази в порівнянні з попередніми колонами. На рис.6.6, г показана колона, що відрізняється від колони на рис.6.6, в тому, що для підйому каретки 1 і рухомої секції 5 служать окремі канати. Каретка піднімається двома канатами 8, закріпленими на барабані 4, рухома секція піднімається канатом 9, закріпленим на рухомій секції і огинаючими блоки, встановлені на нижньому кінці рухомий секції, і блок 10, з'єднаний з кареткою.

Особливістю колони, зображеної на рис.6.6, д є те, що каретка 1 з лапами 7 врівноважена вантажем 11, підвішеним на канаті, спрямованим через блок 2.

Раціональним рішенням є виконання секції колони меншої довжини. Багатоступінчаста колона показано на рис.6.6, е. У цьому випадку барабан 4 механізму підйому виконаний ступінчастим і на нього одночасно навиваються п'ять канатів. Канат 14, що навивається на частину барабана 4 з найбільшим діаметром, піднімає нижню рухому секцію колони з вилковим захоплювачем 5. Частини барабана, що мають менші діаметри, пов'язані канатами 12 і 13 з рухомими секціями 5 і 15 колони. Таким чином, при підйомі лап довжина колони значно скорочується і кран може вільно проходити над штабелюємим вантажем.

На схемі рис.6.6, ж зображена колона, що має два підйомні механізми. Один з них, що має барабан 16, служить для підйому рухомої секції колони 5, інший з барабаном 4 призначений для підйому вилкового захоплювача 7. Захоплювач 7 рухається разом з рухомою секцією 5 до тих пір, поки вона не досягає найвищого положення. Далі він переміщується вздовж секції.

Форма поперечного перерізу колон може бути різною. Розрізняють колони «відкритого» типу, що складаються з двох з'єднаних між собою швелерів, і «закритого» типу, що є коробчастими конструкціями. До бокових поверхонь коробчастих колон приварені напрямні для вантажозахоплюючого пристрою.

6.1 Механізм підйому

Як механізм підйому крана-штабелювальника нерідко використовують стандартні електричні талі, часто двошвидкісні з мікроприводом. Барабани механізму підйому мостового крана-штабелювальника розміщені на

поворотному візку. У стелажних кранах-штабелювальниках барабани можуть бути розташовані внизу, якщо кран переміщається по рейковій колії підлоги, і на верхньому візку, якщо кран переміщається по крановому рейковому шляху, встановленому на стелажах.

6.2 Механізм повороту

Механізми повороту є лише на мостових кранах-штабелювальниках з поворотною колоною. Ці механізми не відрізняються від механізмів повороту інших кранів, що мають поворотну верхню частину візка.

Якщо крани-штабелювальники виконані з неповоротною колоною, то їх постачають висувними виловними захватами. При цьому на кінці колони закріплено горизонтальну балку, яка може обертатися навколо вертикальної осі. По цій балці переміщається в горизонтальному напрямку каретка із захоплювачем, що має механізм повороту та висування.

6.3 Механізм пересування

Механізми пересування кранів-штабелювальників принципово не відрізняються від механізмів інших кранів.

6.4 Вантажозахоплюючі пристрої

Конструкція вантажозахоплюючого пристрою (рис.6.7) залежить від умов роботи та виду вантажу. Крани-штабелювальники забезпечуються виносними захоплювачами (рис.6.7, а), якщо вони призначені для вантажів на піддонах, в контейнерах або спеціальній тарі, а також при перевантаженні довгомірних вантажів.

Для перевантаження рулонів використовують штирьові захоплювачі (рис.6.7, б). Для циліндричних вантажів може бути застосований двоштирьовий захоплювач (рис.6.7, в) або захоплювач з двома цапфами (рис.6.7, г), які за допомогою спеціального приводу вводяться в торці рулону з двох сторін.

Можливе також виконання захоплювача у вигляді спеціальної малої стріли із звичайним гаком (рис.6.7, б, д).

Виделкові захоплювачі важких кранів-штабелювальників можуть бути обладнані механізмом, що змінює нахил вил у горизонтальній площині (рис.6.7, е).

Захоплювачі кранів-штабелювальників, незалежно від їх типу, кріплять до каретки вантажопідйомного механізму, що переміщається колоною у вертикальному напрямку.

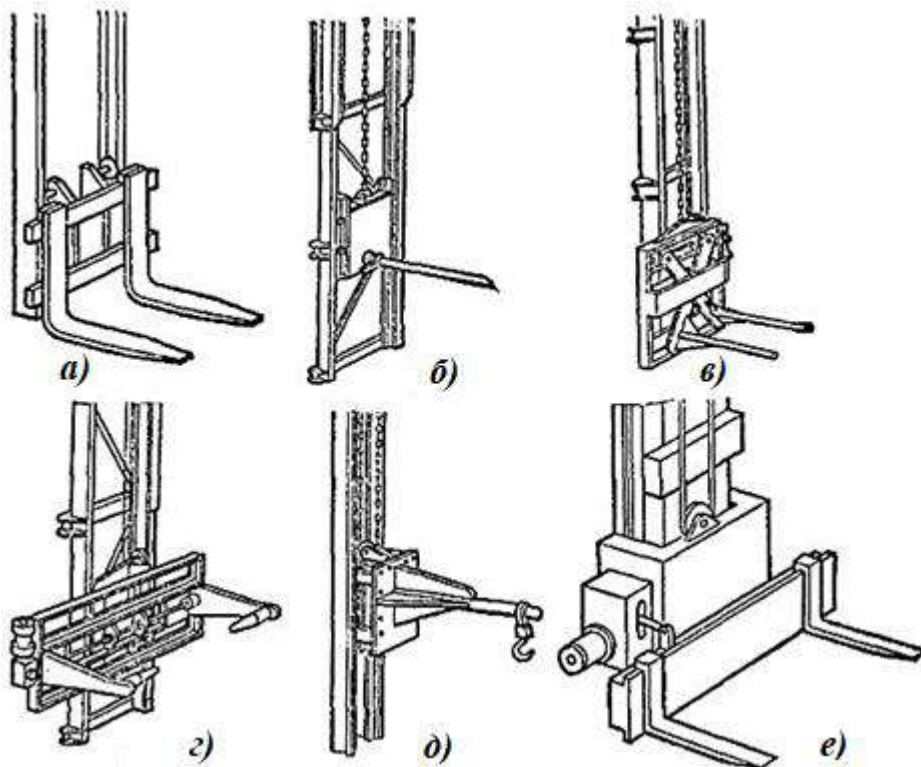


Рисунок 6.7 - Захоплювачі кранів-штабелювальників

У стелажних кранах-штабелювальниках захоплювачі виконані телескопічними, вони можуть висуватися як праворуч, так і ліворуч. Телескопічний захоплювач складається з нерухомої (нижньої) частини, проміжного елемента 2 та висувного майданчика 3 (рис.6.8).

Проміжний елемент може переміщатися вздовж нерухомої частини захоплювача по роликах, укріплених всередині її, причому, ролики 1 і 7 входять в пази, які є на проміжному елементі. Проміжний елемент має такі пази для роликів 5 і 6, встановлених на висувному майданчику. Таким чином, висувний майданчик переміщається вздовж проміжного елемента. Ролики на нерухомій частині захоплювача та на висувному майданчику розташовані парами по обидва боки проміжного елемента, складаючи роликові батареї. З обох боків проміжного елемента знизу є зубчасті рейки, які знаходяться в зачепленні з зубчастими колесами механізму висування захоплювачів, що рухаються від валу 8. При обертанні цього валу проміжний елемент переміщується в ту чи іншу сторону в залежності від напрямку обертання валу 8. На нерухомій частині механізму є зубчаста рейка, з якою знаходиться в зачепленні зубчасте колесо 4, закріплене на проміжному елементі.

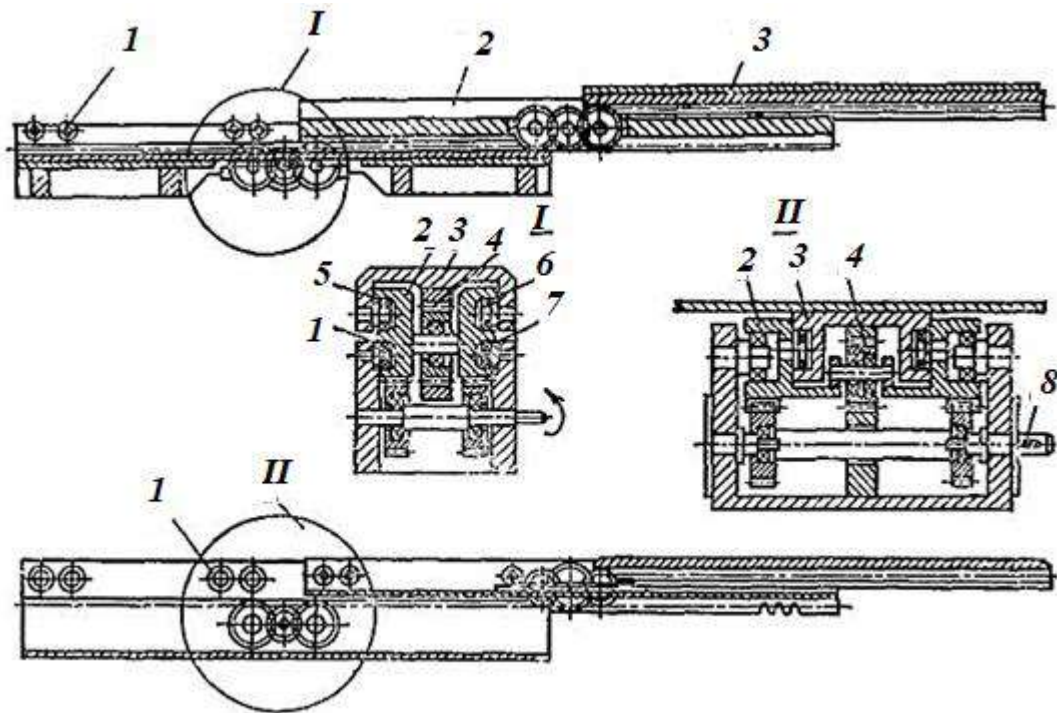


Рисунок 6.8 - Телескопічний захоплювач крана-штабелювальника

При висуванні проміжного елемента це колесо, обкочується по рейці нерухомої частини механізму, переміщує висувний майданчик у напрямку переміщення проміжного елемента.

Телескопічні захоплювачі працюють автоматично в той час, коли кран зупиняється навпроти відповідного вертикального ряду осередків, і вантажопідіймний механізм піднімається до необхідної висоти, він здійснює включення механізму захоплення, який входить до комірки, щоб помістити в ній піддон, контейнер або захопити вантаж.

6.5 Висувний телескопічний підхоплювач

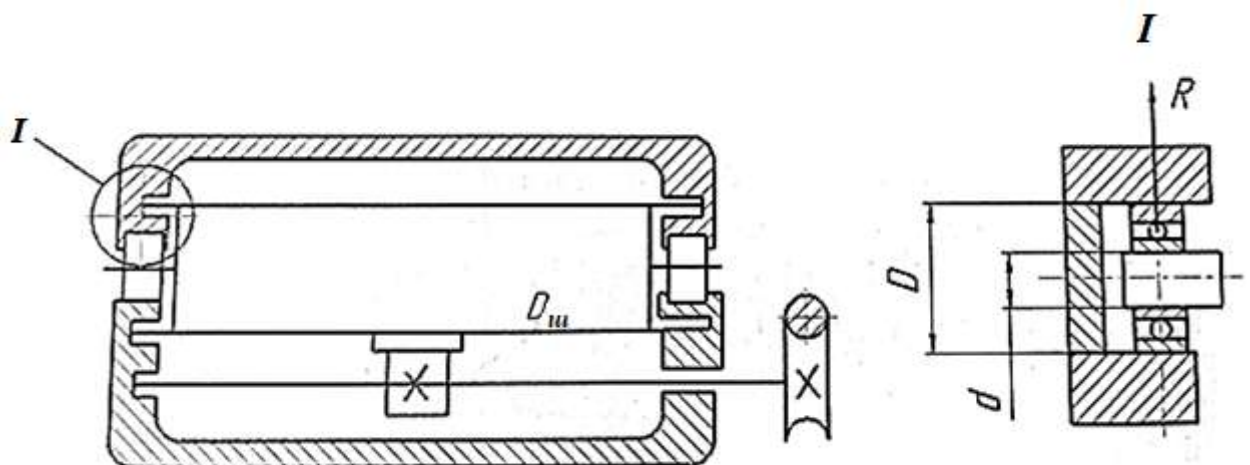


Рисунок 6.9 - Розрахункова схема механізму телескопування підхоплювача

$$P = \frac{W \cdot V}{10^3 \cdot \psi \cdot \eta}; \quad (6.1)$$

$$W = (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) \cdot \frac{2\mu + fd}{D}; \quad (6.2)$$

$$V = \frac{L}{t}; \quad (6.3)$$

$$u_p = \frac{n_{ос}}{n_u}; \quad (6.4)$$

$$n_u = \frac{V}{2\pi D_u}, \quad (6.5)$$

де μ – коефіцієнт тертя кочення;
 f – коефіцієнт тертя ковзання;
 d, D – діаметри підшипника, м;
 D_u – дільний діаметр шестерні, м;
 L – хід верхньої секції, м;
 V – швидкість висування, м/с.
 По P обираємо двигун (P, n, M).

6.6 Пристрої безпеки

У кранах-штабелювальниках повинні бути передбачені блокувальні пристрої, що виключають можливість одночасного включення механізмів пересування моста та візка. Іноді передбачаються блокувальні пристрої, які не допускають включення механізмів пересування моста і візка, поки при обертанні колони захоплювач не зайняв положення, при якому він може увійти в прохід між стелажми.

Крани-штабелювальники (особливо важкі) обладнують пристроями, що захищають їх конструкції від навантажень, які виникають при наїздах колони на нерухомі предмети. У найпростішому вигляді ці пристрої є пружинним елементом у вигляді пружинного буфера (рис.6.10). Колона 4, підвішена на осі 1, пов'язана з візком 2 пружинною ланкою 3. При наїзді нижнім кінцем колони на перешкоду вона повертається щодо осі 1, стискаючи або розтягуючи пружинну ланку, завдяки чому удар пом'якшується.

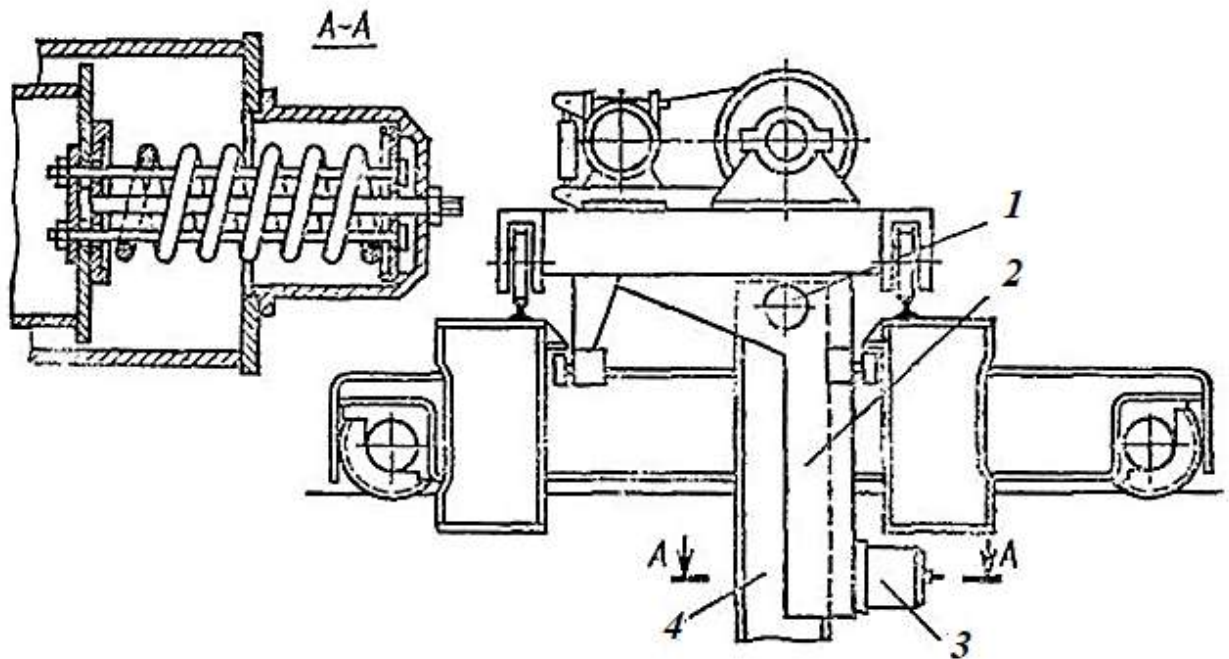


Рисунок 6.10 - Пристрій безпеки від наїзду нижнім кінцем колони на перешкоду

Розглянемо пристрої безпеки, що утримують кабіни під час обриву тягового елемента. На кранах-штабелювальниках встановлюють уловлювачі кабін. При обриві будь-якого з двох канатів вантажопідйомного механізму система пружин і важелів приводить у дію клинові захвати, аналогічні уловлювачам кабін ліфтів.

До приладів безпеки також належать обмежувачі вантажопідйомності. При роботі кранів-штабелювальників нерідкі такі випадки, коли при встановленні вантажу в стелажах вила або вантаж зачіпляються за конструкції стелажу і виникає значне навантаження механізму підйому. У цьому випадку обмежувач вантажопідйомності захищає кран-штабелювальник від перевантаження. Крани-штабелювальники повинні мати обмежувачі пересування мосту і візка, а також обмежувачі підйому.

Розрахунок мостових кранів-штабелювальників. Розрахунок механізмів пересування візка та мосту, а також механізму обертання колони мостових кранів-штабелювальників проводиться так само, як і для інших мостових кранів. Особливість представляють лише механізми підйому. Навантаження від ваги вантажопідйомного механізму з вантажем викликає реакцію на напрямних роликах колони (рис.6.11)

$$R = (Ql + Gl_1)/h, \quad (6.6)$$

де G - вага вантажопідйомника, каретки та кабіни, кН;
 Q - вага вантажу, кН;
 l, l_1 і h - розміри, м.

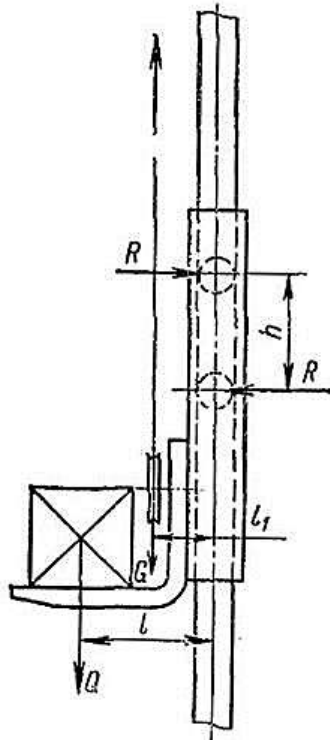


Рисунок 6.11 - Схема до розрахунку механізму підйому крана-штабелювальника

Опір при пересуванні вантажопідійомника

$$W = 2R \left(\mu \frac{d_0}{2} + f \right) \frac{2}{D} = 4R \left(\mu \frac{d_0}{2} + f \right) \frac{1}{D}, \quad (6.7)$$

де μ - коефіцієнт тертя в цапфах котків;

f - коефіцієнт тертя кочення;

D і d_0 - відповідно, діаметри котків та їх осей, м.

Зусилля в канаті вантажопідійомника з урахуванням сили інерції

$$P = (G + Q + W) \frac{1}{k\eta}, \quad (6.8)$$

де k - кратність поліспасту;

η - ККД поліспасту.

6.7 Вибір каната

При відсутності на кабіні приводу в проектах слід задаватися наступним коефіцієнтом запасу для канатів. При закріпленні кабін на підйомнику або власному механізмі підйому кабін коефіцієнт запасу канатів слід брати $k = 6$ при наявності уловлювачів.

При відсутності уловлювачів при наявності аварійного гальма на тихохідному валу – $k = 9$.

Мінімально допускний діаметр каната для підйому кабіни $d_{min} = 6,5$ мм, а коефіцієнт гальмування – $k_T \geq 2$.

При експлуатації мостових кранів-штабелювальників можливі випадки, коли кран зачіплює вилами за стелаж під час підйому вантажу або переміщення візка. Встановлено, що такі випадки не викликають серйозних наслідків, оскільки швидкість переміщення вантажопідйомного механізму вздовж стелажів невелика. Небезпечними для конструкції мостового крана-штабелювальника можуть бути лише навантаження, що виникають при наїзді колони на перешкоду.

При розрахунку елементів вантажопідйомного механізму враховують перевантаження, що виникають від зачеплення вилами за стелаж під час підйому вантажу.

Стелажний кран-штабелювальник, якщо він переміщається по одному підлоговому рейковому крановому шляху, прокладеному між двома стелажми, по конструктивному виконанню близький до велосипедного крана. При розрахунку механізму пересування цього крана необхідно враховувати, що при достатньо великій висоті його колони повинні бути передбачені ролики, які б утримували її у вертикальному положенні. Опір, що виникає при переміщенні цих роликів рейками, повинен враховуватися при розрахунку. Визначення реакцій у місцях спирання крана на ролики не становить труднощів. Вони виникають від моменту у вертикальній площині внаслідок ексцентричного застосування ваги крана з вантажем.

Опір під час руху крана по рейках (рис. 6.12)

$$W = (G + Q) \left(\mu \frac{d_0}{2} + f \right) \frac{2}{D}, \quad (6.9)$$

де G - вага крана, включаючи вагу колони та вантажопідйомного механізму, кН;

Q - вага вантажу, кН;

D і d_0 - діаметр ходових коліс та їх цапф, м.

Момент у вертикальній площині від ексцентрично доданого навантаження (рис.6.11)

$$M = (Ql + Gl_1). \quad (6.10)$$

Реакція на горизонтальних роликах

$$R = (Ql + Gl_1)/h. \quad (6.11)$$

Опір на горизонтальних роликах

$$W_r = R \left(\mu' \frac{d'_0}{2} + f' \right) \frac{2}{D_r}, \quad (6.12)$$

де D_r та d_0 - діаметр роликів та їх осей, м.

Повний опір пересування крана

$$W = (G + Q) \left(\mu \frac{d_0}{2} + f \right) \frac{2}{D} + R \left(\mu' \frac{d'_0}{2} + f' \right) \frac{2}{D_r} + R\mu', \quad (6.13)$$

де μ' - коефіцієнт тертя реборди ходового колеса з головкою рейки.

Слід прагнути зниження маси крана-штабелювальника. Проте, значне зниження маси стелажних кранів-штабелювальників може призвести до неприпустимих коливань вантажопідйомних механізмів.

Якщо стелажний кран-штабелювальник переміщується рейковими крановими шляхами, прокладеними на стелажах, то для забезпечення його вертикального положення при русі між двома стелажми можуть бути встановлені ролики на нижньому кінці колони.

Якщо стелажний кран-штабелювальник переміщується по підлоговому рейковому шляху, то при ударі об перешкоду враховують в основному навантаження від маси візка. Навантаження від маси верхнього кінця колони відносно невелике. Рух крана в цьому випадку описується тією ж системою рівнянь, що і мостового крана-штабелювальника. Очевидно, динамічні навантаження в пружній ланці стелажного крана-штабелювальника при інших рівних умовах повинні бути менше, ніж у мостового крана-штабелювальника.

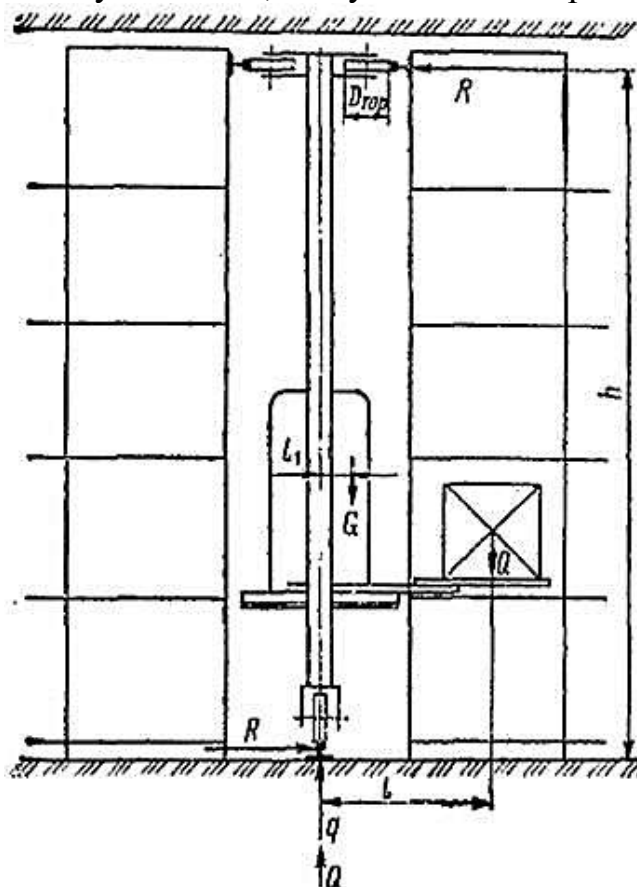


Рисунок 6.12 - Схема для розрахунку механізму пересування стелажного крана- штабелювальника

Поєднання навантажень при розрахунку окремих механізмів стелажних кранів-штабелювальників приймають приблизно такі ж, як при розрахунку мостових кранів-штабелювальників. Так, при визначенні часу пуску та гальмування, допустимої кількості включень (розрахунок двигунів та гальм усіх механізмів канатів) враховують лише навантаження від ваги крана та корисного вантажу. При розрахунках на міцність елементів механізму підйому та вантажопідйомного механізму враховують також динамічні навантаження при підйомі та гальмуванні механізмів та динамічні навантаження при наїзді на перешкоди.

При розрахунку елементів кріплення напрямних, ходової частини та кабіни враховують, крім навантажень від ваги крана та вантажу, динамічні навантаження, що виникають при наїзді на перешкоду (на установчій швидкості). При розрахунку металоконструкції та ходової частини, крім навантажень від ваги різних елементів, враховують динамічні навантаження при зачепленні вилами за стелаж під час підйому вантажу.

6.8 Продуктивність кранів-штабелювальників

Якщо кран-штабелювальник використовують при складуванні штучних вантажів, його годинна продуктивність визначається числом циклів за годину

$$N = N_{шт}, \quad (6.14)$$

де N — число циклів;
 $N_{шт}$ — число штук піддонів або контейнерів.
 Годинна продуктивність крана (т/год)

$$Q_{год} = m_v N, \quad (6.15)$$

де m_v - маса корисного вантажу, т.
 Число циклів на годину буде

$$N = 3600/T, \quad (6.16)$$

де T - час, що витрачається на один цикл, с.

Так як переміщення та підйом вантажу проводяться одночасно, час одного циклу роботи стелажного крана-штабелювальника складається з часу руху вздовж стелажу і часу подачі вантажу в комірку (часу роботи вил) або з часу підйому до певного горизонтального положення каретки та часу роботи вил. До розрахунку приймається більший час. Час циклу включає час зворотного переміщення крана (без вантажу). Якщо швидкості руху крана з вантажем і без вантажу прийняті рівними, то за один цикл можна приймати час подачі вантажу на стелаж збільшеним у 2 рази.

Так як швидкість при русі візка, зазвичай, більша за швидкість підйому, то тривалість циклу визначається за часом підйому. Повний час підйому

$$T = 2(t_1 + t_2 + t_3 + t_y + t_B), \quad (6.17)$$

де t_1 - час прискореного руху, с;
 t_2 - час рівномірного руху, с;
 t_3 - час уповільненого руху, с;
 t_y - час руху з встановчою швидкістю, с;
 t_B - час роботи вил, с.
 Розрахунок тривалостей етапів руху крана

$$t_1 = V/(2a_1); \quad t_3 = V/(2a_3), \quad (6.18)$$

де V - швидкість підйому, м/с;
 a_1, a_3 - прискорення, уповільнення, м/с².
 Зазвичай, приймають $t_1 = t_3 = 3$ с.
 Тривалість сталого руху штабелювальника

$$t_2 = \frac{H - \frac{V^2}{2a_1} + \frac{V^2}{2a_3}}{V}, \quad (6.19)$$

де H - висота підйому, м.

Можна прийняти середню висоту підйому, враховуючи, що подача вантажу здійснюється на верхні і нижні яруси стелажів. Тоді без великої похибки можна прийняти

$$t_2 = H_{cp}/V = H/2V. \quad (6.20)$$

Час руху з мікрошвидкістю приймають $t_y = 5$ с, час роботи вил $t_B = 15$ с.
 Тоді

$$T = 2 \left(\frac{0,5H}{V} + 26 \right) \text{ с}; \quad N = 3600/(H/V + 52), \text{ шт.} \quad (6.21)$$

6.9 Штабелювальники підлогові

Штабелювальники серії SPN з електропідйомом (акумуляторні батареї) призначені для роботи в досить інтенсивному режимі та є досить надійними.

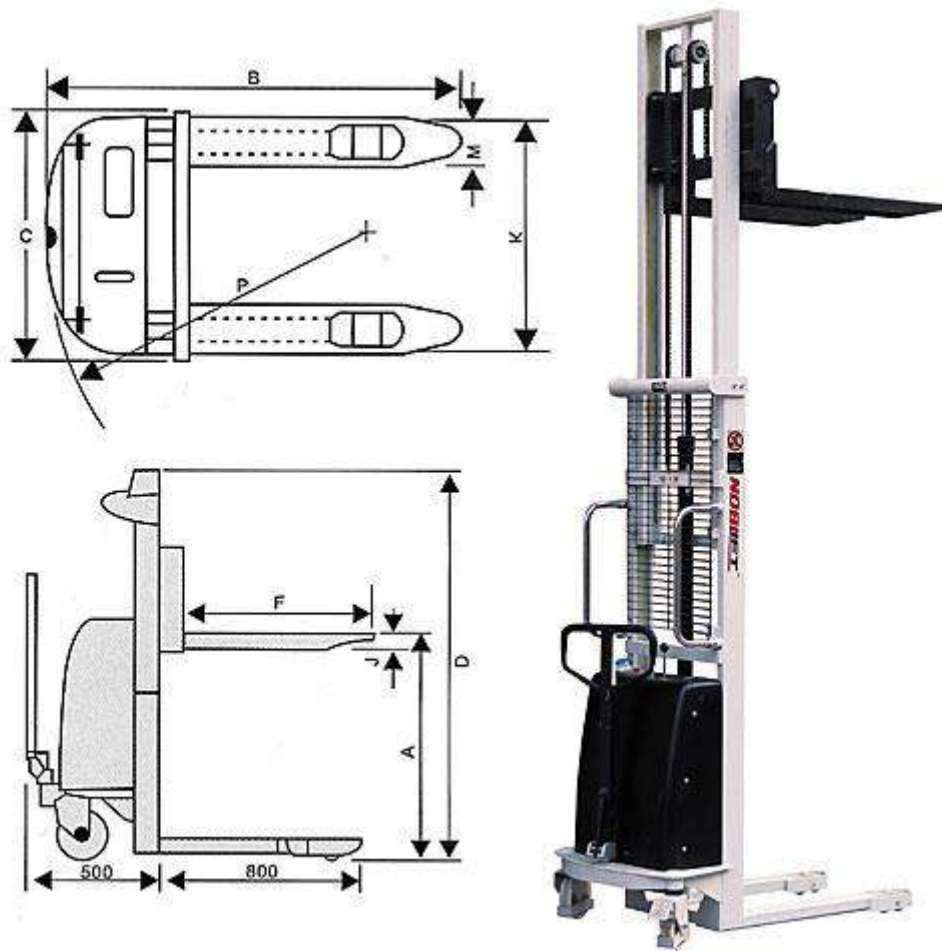


Рисунок 6.13 – Штабелювальники підлогові

6.10 Перспективи розвитку механізації складських робіт

Керівники сучасних господарств змушені дуже серйозно ставитися до організації складських площ та роботи складів як важливого елемента логістики транспорту (traffic logistics).

Вартість оренди складських приміщень постійно повзе вгору, тому всі прагнуть максимально використати не лише площу складу, а й його обсяг. З цієї причини виникла потреба зведення висотних складів з високим рівнем механізації та автоматизації.

По мірі розширення та збільшення оборотів українські компанії багато уваги приділяють організації зберігання та розподілу продукції, механізації складських робіт з урахуванням усіх основних вимог складської логістики та сучасних досягнень у цій галузі – використання штабелювальників.

Популярність електроштабелювальників, що забезпечують гнучке обслуговування складів, з кожним роком зростає в усьому світі. Ці високопродуктивні машини переміщують на піддонах вантажі понад 5 т і розміщують їх на полицях стелажів на висоті понад 10 м.

Переваги електроштабелювальників перед вилючними навантажувачами очевидні: простота управління, більш ефективне використання обсягу складського приміщення, нижча ціна, акумуляторні батареї невеликої ємності.

Електроштабелювальник замінює навантажувач там, де останньому не розвернутися (вузькі проходи між стелажми).

Виникає проблема методології вибору штабелювальника для конкретного складу за конкретними критеріями. Ці критерії визначаються властивостями вхідного та вихідного потоків процесу масового обслуговування.

Властивість 1. Імовірність настання події (надходження до обслуговуючої системи вимоги чи вибуття із системи обслугованого клієнта) в інтервалі $[t; t + h]$ залежить лише від величини h . Це означає, що прибуття штабелювальника до місця обслуговування має організаційно і матеріально залежати від попередніх обслуговувань.

Властивість 2. На нескінченно малому часовому відрізку h реалізується трохи більше однієї події. Це означає, що лінійні розміри зони обслуговування та швидкість обслуговування (під'їзду-від'їзду) цієї зони повинні бути такими, щоб цю зону міг обслужити один штабелювальник за малий проміжок часу.

Властивість 3. Імовірність реалізації події на нескінченно малому часовому інтервалі h більше нуля, але менше 1. Це означає, що можливість реалізації в інтервалі h події прямо пропорційна h , тобто

$$P_1(h) \approx \lambda \cdot h, \quad (6.22)$$

де λ - частота реалізації подій (кількість викликів, віднесених до одиниці часу).

Так як $\lambda \cdot h < 1$, то $\lambda < \frac{1}{h}$.

З цих властивостей виникає наступне: число прибуття штабелювальника в інтервалі t характеризується пуасонівським розподілом із середнім значенням, рівним λt .

Величину λ можна визначати за умови

$$\lambda < \frac{1}{t_e}, \quad (6.23)$$

де t_e - ергономічний час обслуговування зони робочим персоналом, с.

Розглянемо приклад застосування апарату теорії масового обслуговування у конкретних умовах.

Вважаємо, що дисципліна черги автотранспорту визначається правилом "першим прийшов – першим обслуговується" (ПЕРППО). Передбачається, що можливість прибуття обслуговуємого автотранспорту на склад підпорядковується закону Пуассона:

$$\rho_n(t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^n}{n!}. \quad (6.24)$$

Формула дає ймовірність того, що за час t станеться n прибуттів. Величина λ становить обрану за одиницю часу кількість прибуттів. Так, наприклад, на підставі попереднього досвіду середня кількість прибуттів за одну годину дорівнює $L = 10$.

$$\lambda = \frac{10 \cdot 5}{60} = 0,83. \quad (6.25)$$

Кількість прибуттів за обрану одиницю часу – 5 хвилин (1/12 години). Тобто, з ймовірністю 0,66 можна стверджувати, що протягом години на склад прибуде від 7 до 12 машин.

Ймовірність того, що час очікування дорівнює нулю, за умови, що прибуття відбувається за законом Пуассона, виражається формулою

$$\rho_0 = \left[\frac{\rho^c}{c! \left(\frac{\rho}{c}\right)} + \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} \right]^{-1}, \quad (6.26)$$

де C – число паралельно функціонуючих вузлів обслуговування автотранспорту;

μ - інтенсивність обслуговування одного автомобіля штабелювальками за одну годину;

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} - \text{інтенсивність роботи.}$$

6.11 Умовний приклад

Паралельно можуть обслуговуватись $C = 2$ автомобіля. Середній час обробки одним штабелювальником автомобіля – 30 хв

$$\mu = \frac{60}{30} = 2. \quad (6.27)$$

На складі – два штабелювальника. Щогодини в середньому прибуває $\lambda = 3$ машини, $\rho = 1,5$. За таких даних ймовірність того, що час очікування дорівнює 0, становитиме 0,143. Середній час очікування буде

$$W_q = \frac{\rho_0}{\lambda} = \frac{\rho^{c+1}}{(c-1)!(c-\rho)^2}.$$

В прикладі $W_q = 0,64$ год. Якщо збільшити кількість паралельно функціонуючих вузлів обслуговування до трьох, то за таких самих вихідних даних $\rho_0 = 0,17$, а середній час очікування скоротиться до ~ 6 хвилин.

Очевидно, що тільки в рідкісному випадку робота штабелювальників на складі буде суворо підкорятися прийнятій математичній моделі. Для аналізу прийнятої моделі, що показує відхилення реальної роботи від теоретично розрахованої, можна скористатися формулою

$$E = \frac{\rho(1-\alpha^2)}{2+\rho(\alpha^2-1)} \times 100, \quad (6.28)$$

де

$$\alpha^2 = \frac{\text{Справжня дисперсія}}{\text{Теоретична дисперсія}} = \frac{\text{Справжнє середнє значення}}{\text{Теоретичне середнє значення}}. \quad (6.29)$$

Серед усіх відомих дискретних розподілів пуассонівський розподіл є єдиним розподілом ймовірностей випадкової величини, середнє значення та дисперсія якої збігаються,

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\text{Середня частота прибуття автотранспорту}}{\text{Середня швидкість обслуговування}}. \quad (6.30)$$

Так, наприклад, $\alpha^2 = 0,5$; $\rho = 3/4 = 0,75$, тоді $E \approx 23\%$.

Розглянемо ще одну модель обслуговування - у припущенні, що швидкість обслуговування (у розумних межах) залежить лише від продуктивності штабелювальників.

Оптимальне значення середньої швидкості обслуговування

$$\mu = \lambda + \sqrt{C_2 \lambda / C_1}, \quad (6.31)$$

де λ - середня частота прибуття автотранспорту;

C_1 - у вартісній формі виграш за рахунок збільшення на одиницю значення протягом одиничного інтервалу часу (наприклад, за годину);

C_2 - ціна простою одного автомобіля.

Так, наприклад, при $\lambda = 3$ і відношенні $C_2/C_1 = 5$ оптимальне значення $\mu = 6,9$ і $\rho_{\text{опт}} = 0,44$.

Удосконалення електроштабелювальників диктується вимогами ергономіки, продуктивності, економічності і проходить за напрямками: удосконалення електронної системи повернення енергії (рекуперація), обладнання штабелювальників спеціальними пристроями, які дозволять заряджати акумуляторні батареї протягом 10-20 хвилин, збільшення безпеки управління положенням та зупинкою штабелювальника при втраті керування. Встановлення трифазних двигунів змінного струму, встановлення акумуляторних батарей підвищеної ємності, що забезпечують без підзарядки роботу протягом кількох змін. Зниження зусиль керування на поворотній рукоятці до 10-7 Н, збільшення робочих швидкостей та плавне уповільнення при гальмуванні. Збільшення параметрів прохідності штабелювальників із вилочними навантажувачами за рахунок підвіски коліс та застосування нових матеріалів коліс, у тому числі коліс консолей, піонерських конструкторських рішень.

7. КОЗЛОВІ КРАНИ

Козлові крани – це крани мостового типу, міст (прогінна будова) яких встановлено на опори, що переміщуються по рейкам, встановленим на бетонні фундаменти.

Козлові крани призначені для обслуговування відкритих складів та вантажних майданчиків (складські крани), монтажу збірних будівельних споруд та обладнання промислових підприємств (будівельно-монтажні крани), обслуговування гідротехнічних споруд, перевантаження довгомірних вантажів, перевантаження контейнерів (крани спеціального призначення).

Козлові крани складаються із металоконструкції і приводів підйому, пересування візка і додаткових механізмів і приводів. Металоконструкція складається з мосту (без консолей, з однією консоллю, з двома консолями) та двох опор (жорстких та гнучких).

Міст складається з однієї або двох головних балок, зв'язаних між собою в пласку раму кінцевими балками. По головним балкам пересувається вантажний візок з власними приводами підйому та пересування, або візок з канатною тягою. При цьому механізми підйому та пересування візка знаходяться на мосту.

Козлові крани діляться на:

- складські;
- будівельні;
- контейнерні, що встановлюють в портах і на залізницях;
- монтажні (на будівництвах ГЕС, ТЕС, кораблебудівних стапелях);
- для обслуговування гребель ГЕС, теплових ЕС та АЕС.

За типом вантажозахоплювальних пристроїв спеціальні козлові крани бувають різні.

Найбільш широко використовуються козлові крани з гаковою підвіскою.

Кран козловий магнітний застосовується на підприємствах з навантаження та розвантаження металопрокату або металобрухту. Конструктивно це кран, оснащений знімними магнітами з незалежним живленням та управлінням. Він обладнаний спеціальним магнітним візком та магнітним захватним органом. Крім цього, в його комплект входять кабелеукладач або кабельний барабан, ємність яких відповідає висоті підйому магніту.

Кран козловий рейферний застосовується для виконання робіт з перевантаження сипких вантажів за допомогою з'ємного приводного (моторного або гідравлічного) рейфера. Для робіт з перевантаження чорного та кольорового металобрухту захватним органом служить багатощелепний рейфер (кліщі). Козлові крани такого типу використовуються також у вугільній та металургійній промисловості і при виробництві будівельних матеріалів.

Кран козловий контейнерний використовується, як правило, на контейнерних терміналах морських та річкових портів, залізничних станцій,

логістичних центрів автомобільного транспорту. Робочим органом такого крана є спеціальна траверса - спредер з автоматичними зачепами під контейнерні фітинги та рим-вузли. Головна відмінність козлового крана такого типу в тому, що він обладнується спеціальним вантажним візком. Висота підйому вантажів кранів цього типу приймається залежно від висоти складування контейнерів, тобто ярусності їх установки.

Крім згаданих існує ще досить багато видів спеціальних козлових кранів, які використовуються в металургійній промисловості (ударнокувальний, сталеливарний, засипний, шахтноколодязний козлові крани), енергетиці, машинобудуванні та інших галузях. Кожен такий кран – індивідуальний і виробляється тільки для конкретного замовника.

Крани козлові за конструкцією бувають:

- безконсольні козлові крани - тип кранів, у яких вантажний візок переміщається лише основним прогоном моста;
- одноконсольні козлові крани - у яких за межі підкранового шляху виходить тільки одна частина моста (консоль);
- двоконсольні козлові крани розширюють робочу зону, дозволяючи з однієї стоянки обслуговувати кілька під'їзних залізничних або автомобільних колій та складських майданчиків.

7.1 Складські козлові крани

Складські козлові крани призначені для перевантаження різних вантажів штучних, сипких, кускових довгомірів і інш., що йдуть масовим потоком. Вони працюють в гаковому, грейферному та магнітному режимах.



Рисунок 7.1 - Спеціальні складські козлові крани

Монтаж козлових кранів представляє собою достатньо трудомістку операцію.

Для полегшення монтажу створені самоментуємі козлові крани (рис.7.1). Ці крани, монтаж яких забезпечується їх власними механізмами,

одержують все більш широке застосування. При цьому відпадає необхідність залучення допоміжних вантажопідйомних пристосувань та автомобільних кранів.

Найбільш розповсюдженим методом самомонтажу козлових кранів є підйом мосту шляхом стягування попарно нижніх кінців встановлених на візки стійок кожної з опор. Цим способом здійснюється монтаж кранів з невеликою вантажопідйомністю. Перед монтажем міст крана розміщують перпендикулярно колії на шпальних клітках. Опорні стійки приєднують до мосту шарнірно, а їх ходові візки встановлюють на кранову колію. За допомогою допоміжної лебідки або власного механізму пересування крана відбувається зведення опорних стійок та підйом моста в робоче положення. Після повного підйому мосту стійки опор з'єднують між собою затяжками. Під час підйому козлового крана рекомендується забезпечувати однаковий кут нахилу стійок за допомогою синхронізаторів.

Оптимальним кутом нахилу стійок на початку підйому є кут в $20\dots 25^\circ$.

Монтаж інших спеціальних козлових кранів потребує додаткової вантажопідйомної техніки (рис. 7.2).



Рисунок 7.2 - Установка портала козлового крана на підкранові колії

7.2 Монтажні козлові крани

На рис. 7.3 приведено спеціальний козловий кран $K2 \times 100$, призначений для виконання будівельних робіт на АЕС.

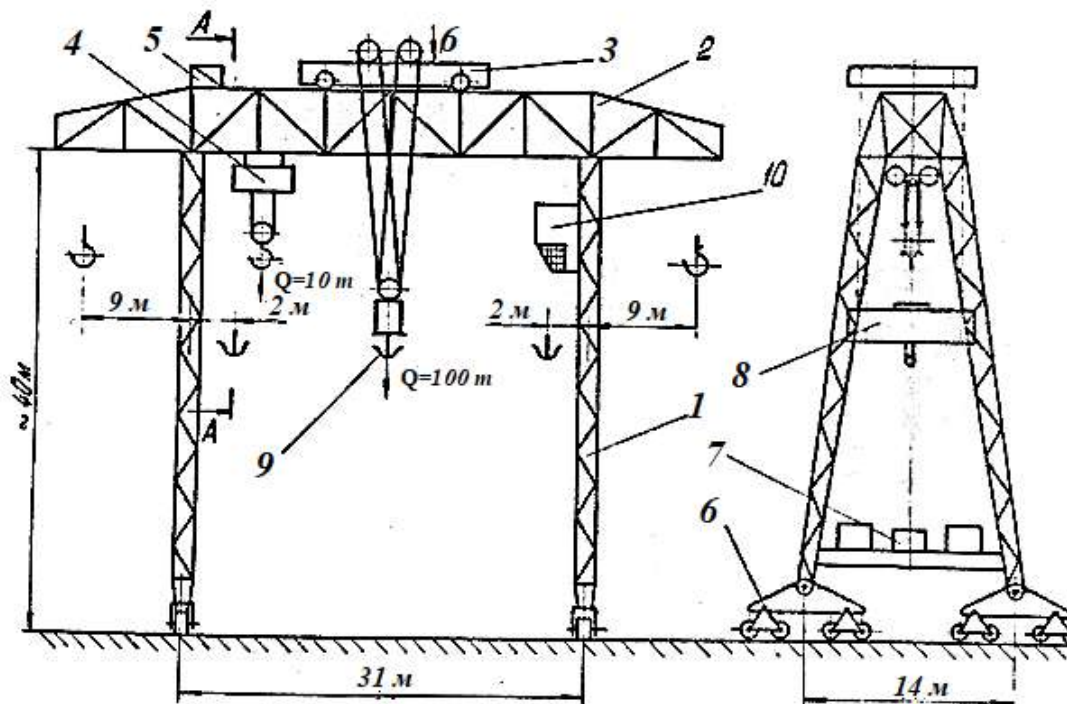


Рисунок 7.3 - Схема козлового крана К 100-31

Козловий кран К 100-31 (рис. 7.3) створений спеціально для монтажу великих турбо та котлоагрегатів при відкритій установці устаткування ГРЕС. Кран 100-31 належить до досить поширених зразків спеціальних монтажних кранів.

Несучою конструкцією крана є міст 2, що спирається на чотири жорстко сполучених з ним опори 1. По рейкам, укладеним на верхніх поясах моста, пересувається головний вантажний візок 3, до якого на поліспахах підвішено траверсу 8 з двома гаками 9. До балок нижнього пояса мосту прикріплена монорейка, по якій пересувається електроталь 4. На майданчику, розташованому у безпосередній близькості до однієї з опор крана, встановлена лебідка 5 переміщення головного вантажного візка. Лебідки 7 підйому вантажу розташовують на затяжках опор крана (по дві лебідки з кожного боку). Головний щит і прилади керування розташовані у кабіні 10 машиніста крана. Кожна з опор крана встановлена на чотирьох балансирах 6, об'єднаних попарно фігурною траверсою. Кран опирається на шістнадцять коліс, вісім з яких – привідні. За допомогою траверс і балансирів навантаження на ходові колеса розподіляється рівномірно.

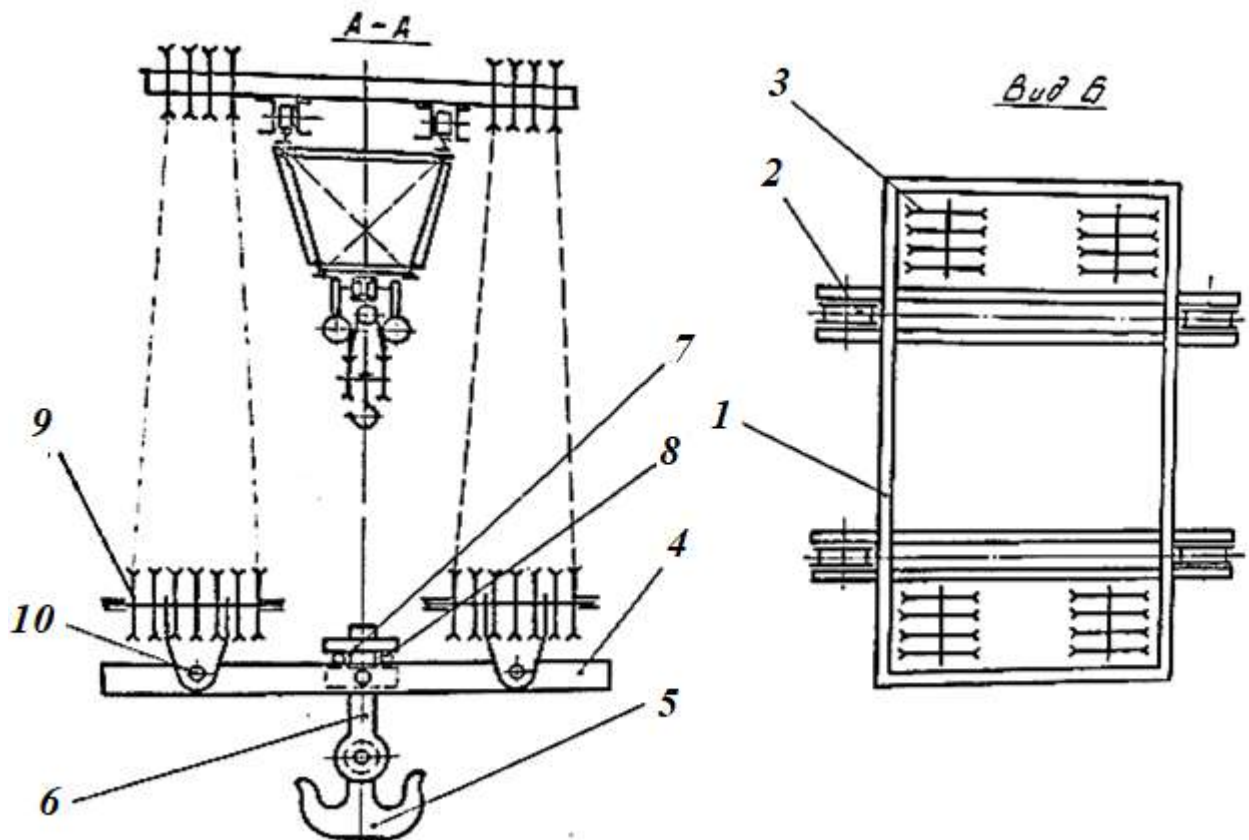


Рисунок 7.4 - Вантажний візок головного підйому

Міст крана представляє собою ґратчасту просторову ферму зварної конструкції, утворену двома похилими головними фермами і горизонтальними зв'язками в площинах верхнього і нижнього поясів.

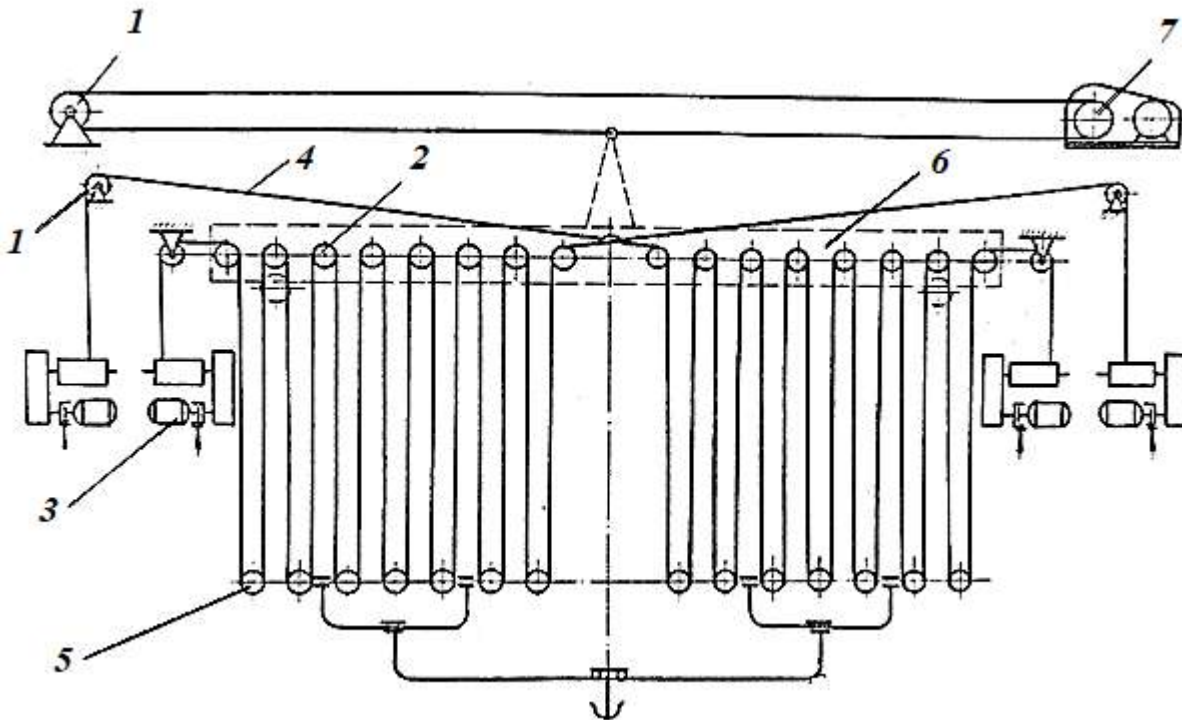
Верхні і нижні пояси таврового перетину зварені з листів. Завдяки цьому вдається повністю звільнитися від косинок у вузлах ферми, приваривши стійки і розкоси ферм безпосередньо до листів поясів.

Головний вантажний візок (рис. 7.4) представляє собою жорстку зварну раму 1, поздовжні балки якої спираються на чотири сталеві колеса 2.

Візок пересувається вздовж моста канатною тягою. Кінці тягового канату за допомогою планок і болтів кріплять до нижнього поясу поздовжньої двотаврової балки.

Два вантажних поліспасти розташовані симетрично з обох боків візка. Верхні блоки 3 поліспаств спираються на дворядні ролико-підшипники, встановлені на осях. Нижні блоки поліспаств встановлені на траверсі 4, обладнаній дворогим пластинчастим гаком 5.

Пластинчастий гак шарнірно з'єднано з виделкою 6, циліндрична частина якої проходить крізь траверсу гака і закінчується різьбленням зі встановленою на ній гайкою 7. Гайка торцем спирається на кулькопідшипник 8. Групи блоків 9 вантажних поліспаств, зібраних на загальних осях можуть коливатися відносно осей 10. Така конструкція підвіски дозволяє легко і швидко зачіпляти складні по конфігурації вантажі.



1 – направляючі блоки; 2 – верхні блоки вантажних поліспаствів; 3 – лебідки підйому вантажу; 4 – канати; 5 – нижні блоки вантажних поліспаствів;
6 – вантажний візок; 7 – тягова лебідка

Рисунок 7.5 - Схема механізму головного підйому

Для підйому вантажу на крані К 100-31 застосовані лебідки (рис. 7.5). На лебідці встановлений гладкий барабан з п'ятишаровою навивкою канату. Швидкість навивки канату на першому шарі – 19,8 м/хв, а на п'ятому – 29,3 м/хв. Використання для підйому чотирьох однакових лебідок дозволяє при необхідності удвічі знижувати звичайну швидкість підйому, а при ремонті лебідок однієї з опор продовжувати роботу зі зниженими швидкостями за допомогою двох справних лебідок другої опори. Лебідки головного підйому використовують також при монтажі самого крана (для підйому опор і моста).

Тягова лебідка механізму пересування візка конструктивно нічим не відрізняється від лебідок підйому. Канати на барабані закріплені так, що коли одна гілка каната навивається на барабан, інша вільно збігає з нього.

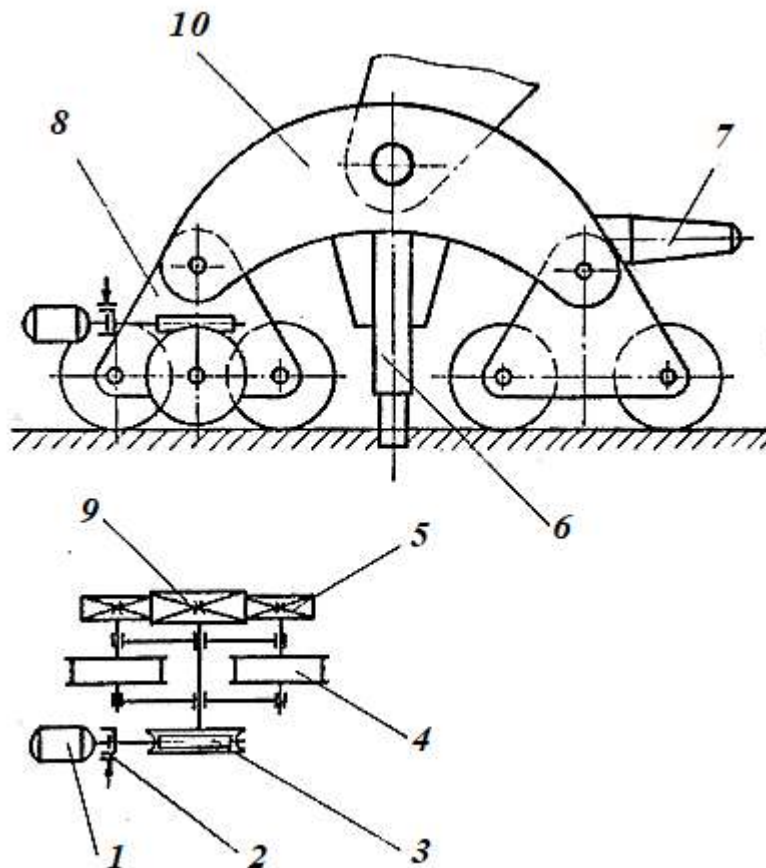


Рисунок 7.6 - Опорно-ходові балансири крана

Кран К 100-31 спирається на чотири самохідних і чотири непривідних балансира (рис. 7.6). Самохідний балансир представляє собою візок, встановлений на двох литих сталевих колесах 4. Кожне колесо забезпечене двома ребордами, встановлено на двох сферичних роликотідшипниках. Механізм пересування балансирів складається з електродвигуна 1, зубчастій муфти з гальмом 2, черв'ячного редуктора 3, відкритої зубчастій пари 5.

Корпус 8 балансира виготовлено із сталевого литва. Корпус черв'ячного редуктора також сталевий, причому нижня його частина відлита узгоджено з кронштейном для установки електродвигуна і гальма. Черв'ячне колесо редуктора зібрано на загальному валу із шестернею 9 циліндричної зубчастій передачі. Цей вал встановлено в корпусі балансира на двох сферичних роликотідшипниках і служить опорою для приводу.

Конструкція непривідних (опорних) балансирів відрізняється тим, що балансири не мають приводу пересування. Ходові колеса насаджені на осі без шпонок і утримуються лише пресовою посадкою.

Траверси 10 спираються на осі балансирів крізь накладні листи. Для зниження динамічних навантажень при можливих ударах крана об упори на кронштейнах траверси балансирів встановлені пружинні буфери 7. Між самохідним і непривідним балансиром на кожному ходовому візку крана встановлено автоматичний протиугінний захоплювач 6. Наявність

протиугінних захоплювачів і їх справний стан є однією з неодмінних умов, що забезпечують безпечну експлуатацію крана.

Спеціальний монтажний козловий кран з двома підйомними візками, вантажопідйомність кожного по – 200 т, був спроектований та виготовлений заводом ЗЕМЗ – Запорізьким Енергомеханічним заводом (рис. 7.7).

Кран призначений для тандемної роботи двох візків при монтажу крупноблочних ваговиків при монтажу гідро та теплових електростанцій.

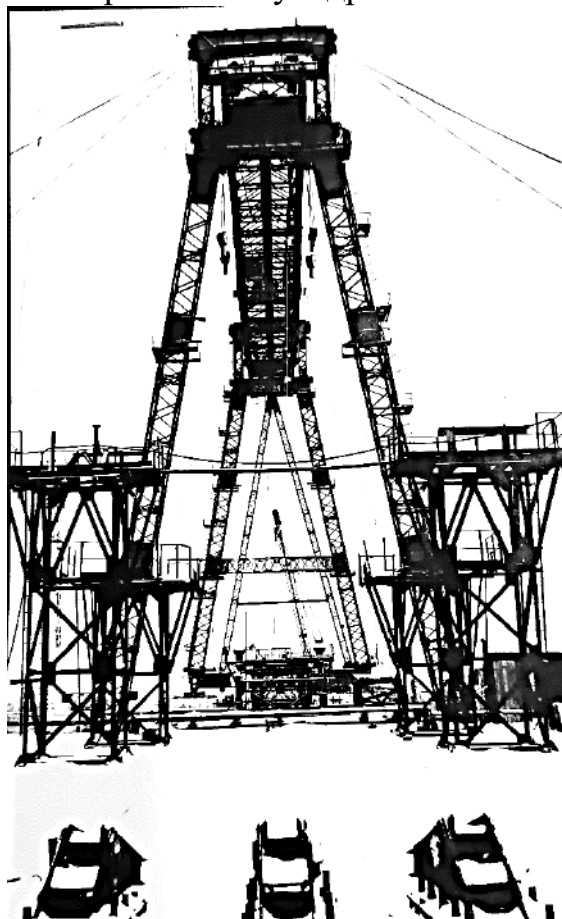
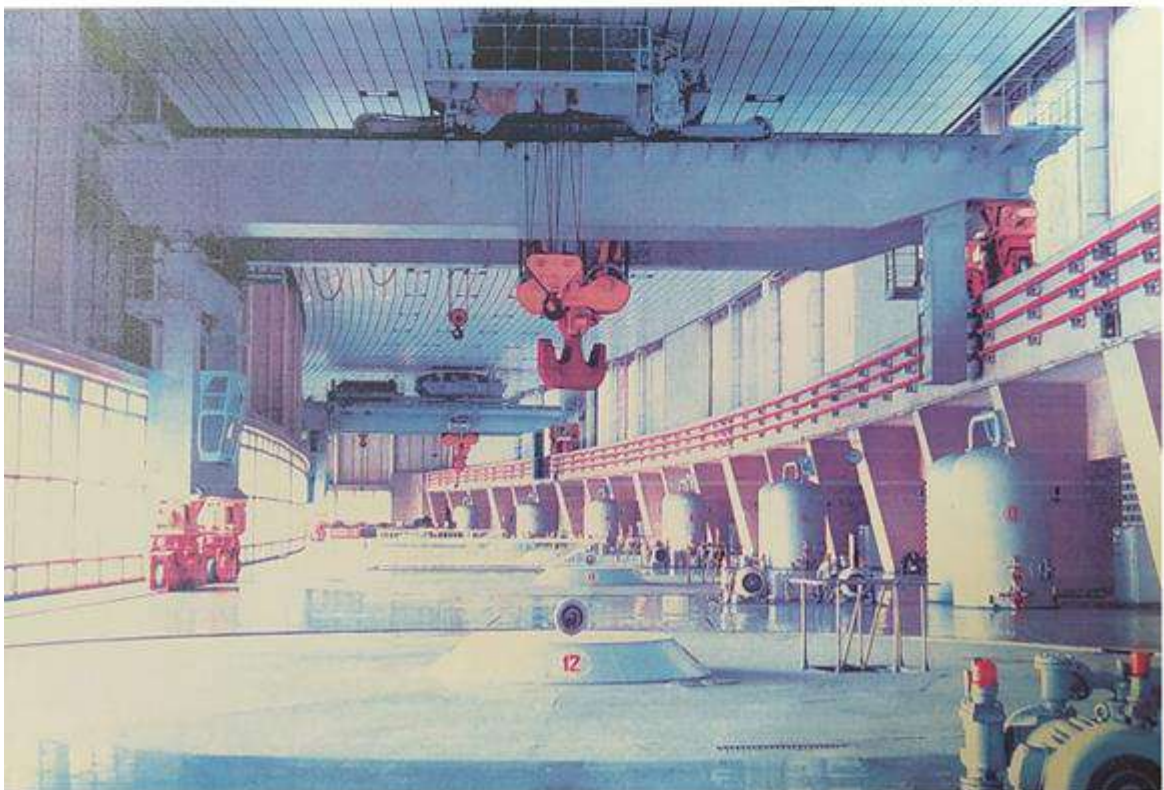


Рисунок 7.7 - Будівельно-монтажний кран 2×200 т. Розробив та виготовив ЗЕМЗ – Запорізький Енергомеханічний завод

Для ведення ремонтних і монтажних робіт на будівництві та обслуговуванні гідротехнічних об'єктів використовуються як козлові, так і напівкозлові монтажні крани (рис. 7.8).



а) козловий; б) напівкозловий
Рисунок 7.8 – Монтажні крани

Статус найбільшого в світі рухомого козлового крана Голіаф Конесранес отримав завдяки поєднанню вантажопідйомності – 2000 т і залізничного прогону – 210 м. Кран використовується для виробництва,

зберігання та розвантаження (FPSO) суден, які використовуються для офшорних проектів з видобутку нафти та інших унікальних крупновантажних робіт.



а)



б)

а) загальний вигляд; б) кран працює на стапелі
Рисунок 7.9 – Унікальний козловий кран Голіаф

Найбільший у світі нерухомий козловий кран був збудований у Китаї та урочисто введений в експлуатацію у 2009 році. Підйомний кран технічно розрахований на підйом вантажу вагою 20 000 т.

Кран потрібен для використання у будівництві танкерів та нафтових платформ. Для цього компанія Yantai Raffles Shipyard (YRS) запропонувала свою схему роботи з будівництва цих кораблів та платформ, що дозволить скоротити у кілька разів терміни і трудовитрати, а, зрештою, і вартість самих танкерів та нафтових платформ.

Тейсун, так назвали підйомний кран, на церемонії відкриття підняв баржу вагою в 20133 т на 30 метрів над водою, за що отримав сертифікат від American Bureau of Shipping (ABS) (рис. 7.10).

Складання бурової платформи може відбуватися приблизно так. Верхня частина подається під кран на баржі, далі кран її піднімає на висоту приблизно 50 метрів. Баржа віддаляється, а під кран заводиться власне нижня частина бурової платформи. Верхня частина опускається на нижню. Платформа після виконання стиків практично готова.

Від моменту проектування до остаточного введення в експлуатацію крана минуло 10 років. Насамперед було розроблено проект за вимогами замовника, далі було обрано зручне місце поблизу вже розвиненої інфраструктури. Таке місце знайшли у провінції Шаньдун.

Було створено фундамент, для цього було викопано величезні котловани, і в котловани залитий бетон. Вийшов такий собі підземний майданчик для надійної установки опор крана.

Опори крана також виконані із залізобетону, і лише перекриття - балки між опорами виконані із сталі.

Технічні характеристики крана Тейсун:

Проектна вантажопідйомність – 20000 т;

Висота крана – 133 м;

Відстань між опорами (прогін) – 120 м;

Висота підйому вантажу – 80 м;

Загальна довжина канатів – 50 000 м.

Встановлено по 6 незалежних підйомних груп на кожній балці, вантажопідйомність кожної – по 2000 т, кратність поліспасти кожної групи – 40.

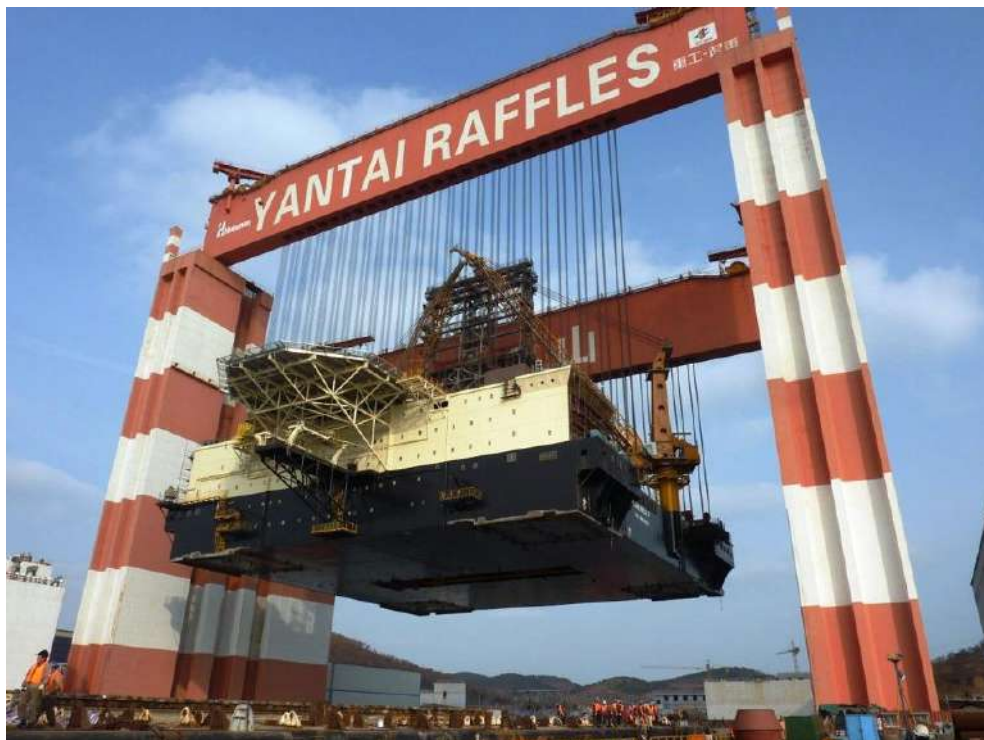


Рисунок 7.10 - Кран Taisun

У поодиноких випадках потрібно підняти величезну вагу, яку не під силу взяти навіть найпотужнішим кранам. Саме в таких випадках, коли з вагою, наприклад, 20 тис. т, не впорається ніхто, застосовується підйомний кран Taisun. Цей монстр серед кранів може підняти вагу 10 тисяч легкових автомобілів одночасно. Вантажопідйомність крана Taisun є найпотужнішою у світі.

Виникає питання для чого потрібно піднімати таку вагу, але це дійсно необхідно в деяких випадках. Наприклад, для спорудження нафтових морських платформ.

Дана техніка належить компанії Yantai Raffles Shipyard Limited, і в 2008 році на ній було встановлено рекорд вантажопідйомності, який не побитий досі - 20133 т. Кран Taisun занесений до книги рекордів Гіннеса, як найвантажопідйомний кран. Найвища точка підйомного крана знаходиться на рівні 133 метри. Прогін складає 126 метрів. Саме це дозволяє піднімати гігантські вузли нафтових платформ. Основна конструкція крана складається з двох балок, які розташовані горизонтально. Вантажопідйомність крана становить 20 000 метричних тон.

7.3 Унікальні крани концерну «Азовмаш»

Слід з глибокою вдячністю відзначити спеціальні гідротехнічні та монтажні козлові крани, спроектовані та виготовлені легендарним концерном «Азовмаш». Це різні двобалкові та однобалкові козлові крани великої вантажопідйомності (рис. 7.11, 7.12).



1 – Козловий двобалковий кран $Q = 500/60$ т;

2 – Козлові однобалкові крани $Q = 630$ т

Рисунок 7.11 – Козлові крани

Кран 1 використовується для обслуговування греблі гідроелектростанції (рис. 7.11).

Кран 2 виконує перевантаження обладнання на атомних електростанціях (рис. 7.11).

Основна задача кранів, представлених на рис. 7.12, завершальні стадії монтажу та будівництва морських суден.



Рисунок 7.12 – Докові однобалкові козлові крани $Q = 480$ т, прогін – 115 м, висота підйому – 68 м

7.4 Козлові крани енергетичного комплексу

Особливу групу складають козлові крани спеціального призначення, що застосовуються при експлуатації гідротехнічних споруд, вантажно-розвантажувальних робіт з великотоннажними контейнерами та довгомірними вантажами, а також у металургійній промисловості. Крани такого типу можуть бути обладнані різними вантажозахоплюючими органами: однорогими та дворогими гаками, грейферами, електромагнітами, спеціальними пристосуваннями – кліщовими захватами, траверсами, вантажними рамами, спредерами. Технічні параметри, кран козловий спеціального призначення має принципово інші - вантажопідйомність до 900 т, довжина прогонів до 130 м, висота підйому до 80 м. Вантажопідйомні механізми такого типу іноді оснащують додатковими засобами – монтажною стрілою, консольно-поворотним краном тощо. Довговічність козлового крана становить приблизно 20 років, не враховуючи режиму роботи та умов експлуатації.

Крани, в основному, призначені для маневрування плоскими затворами-щитами водоскидних гребель гідроелектростанцій. Вони розраховані на роботу як в тропічному кліматі, так і на крайній півночі при $t = -60^{\circ}\text{C}$, з підвищеною вологістю повітря, з досить високою сейсмічністю (рис. 7.13, 7.14, 7.15).

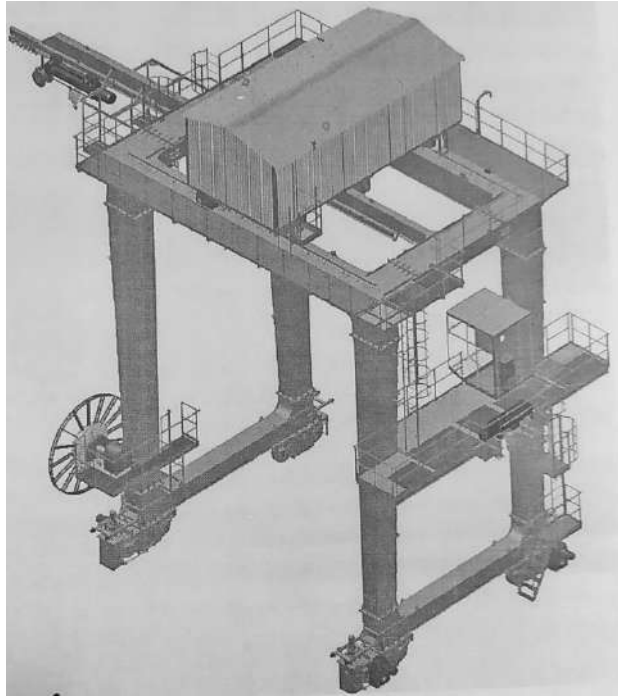


Рисунок 7.13 – Козловий гідротехнічний кран з коробчастою металоконструкцією



Рисунок 7.14 - Кран $Q = 2 \times 180/5$ т на Дністровській ГАЕС



Рисунок 7.15 - Богучанська ГЕС. Кран козловий спеціальний

Фахівцями СПКТБ «Запоріжгідросталь» розроблено спеціальні козлові крани вантажопідйомністю 500 тон із комплектом навісного обладнання для обслуговування споруд Богучанської ГЕС при температурі до -60°C (рис. 7.15).

Це дозволяє розробляти унікальне своєрідне обладнання: козлові крани вантажопідйомністю до 1000 т (рис. 7.16) з висотою підйому до 500 метрів.

Монтаж кранів здійснюється спеціальними стріловими кранами.

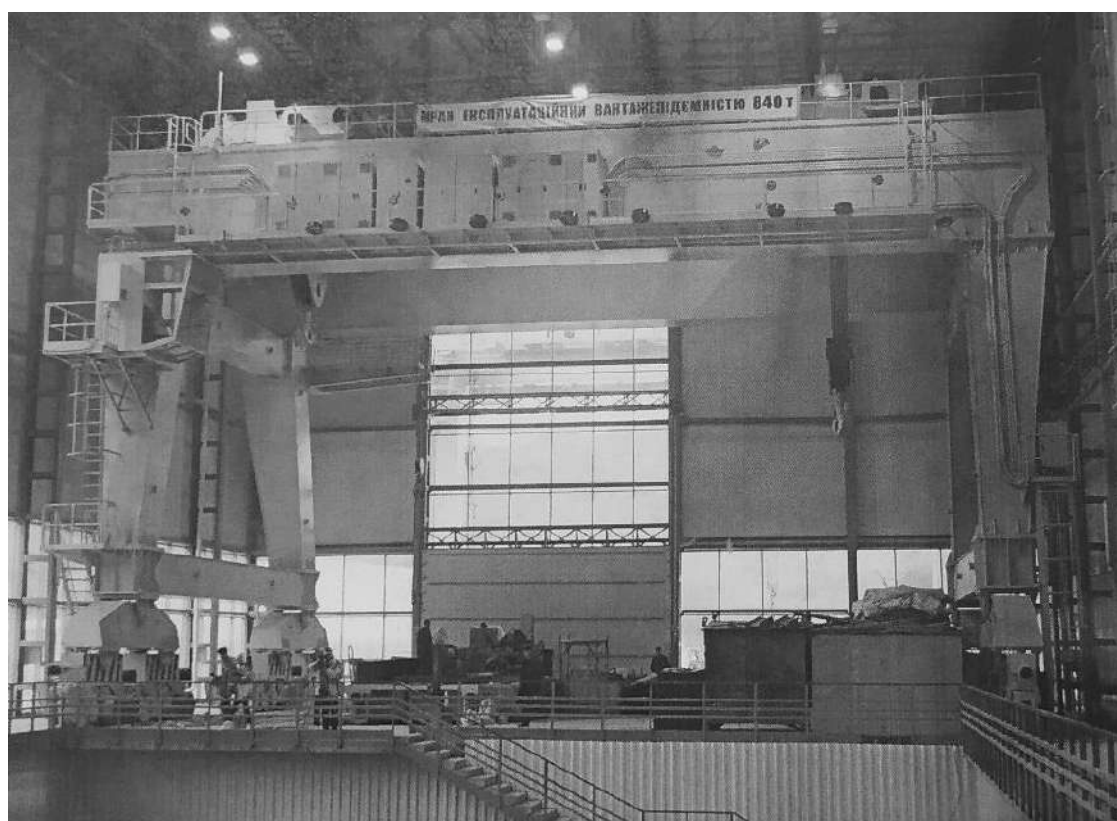


Рисунок 7.16 - Козловий кран $Q = 2 \times 420 / 16$ т

7.5 Прилади безпеки козлових кранів

Козлові крани переважно працюють на відкритому повітрі. Надійність роботи у великій мірі залежить від погодних та сейсмічних умов, особливо від сили вітру робочого та неробочого стану.

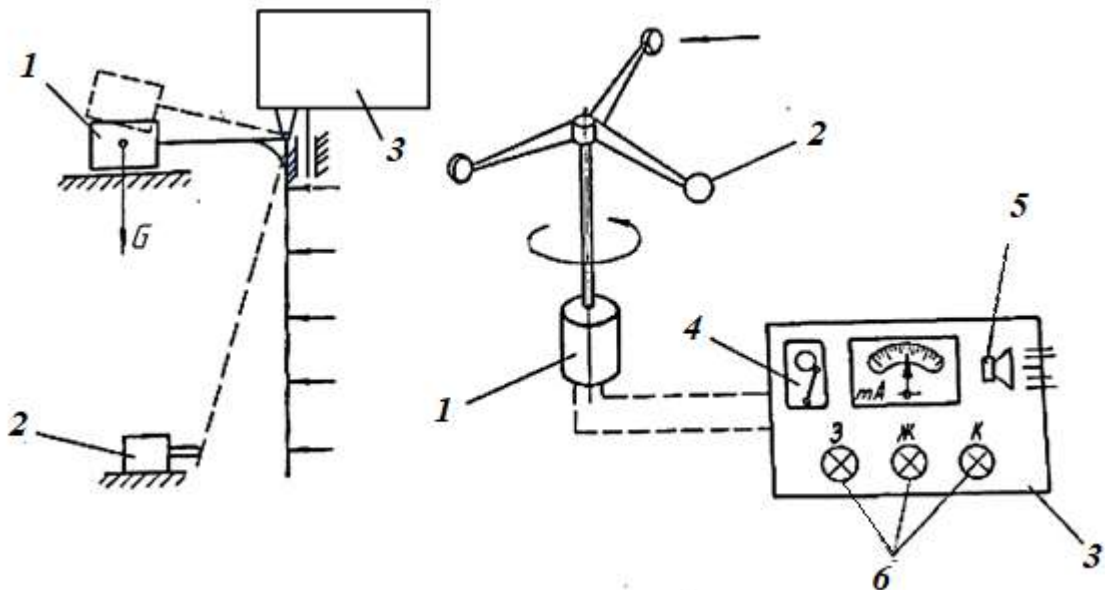
7.5.1 Анемометри

Для гарантування безпечної роботи та збереження козлових кранів вони оснащені приладами безпеки – анемометрами, протиугінними захватами.

Анемометри – прилади для вимірювання швидкості або тиску вітру (рис. 7.17).

Анемометри бувають: - флюгерними;
- турбінними;
- манометричними.

У флюгерного анемометра тиск вітру створює момент, який перевищує нормативний урівноважуючий момент робочого стану 1, що призводить до вимикання кінцевого вимикача 2. Для забезпечення сприйняття максимуму вітрового тиску робочого стану служить флюгер 3.



а – флюгерний анемометр: 1 – вантаж; 2 – вимикач; 3 – флюгер;
б – турбінний анемометр: 1 – генератор; 2 – чашка; 3 – пульт в кабіні кранового машиніста; 4 – дзвоник; 5 – сирена; 6 – сигнальні лампочки

Рисунок 7.17 - Анемометри

Турбінний анемометр призначений для попередження кранівника про наближення небезпечного за величиною вітрового потоку автоматичною подачею світлового або звукового сигналу та вимиканням в небезпечні моменти електроживлення кранових механізмів і вмиканням протиугінних захоплювачів.

У анемометрах на вертикальній осі закріплена крильчатка. Обертання осі передається генератору струму. Напряга пропорційна частоті обертання, тобто швидкості вітру.

При швидкості $v \leq 18$ м/с горить зелена лампочка;

При швидкості $v = 18$ м/с горить жовтий застережливий сигнал;

При швидкості $v = 25$ м/с горить червона лампочка, вимикаються механізми і вмикаються протиугінні захоплювачі.

У манометричному анемометрі використовується динамічна складова повного тиску повітря.

7.5.2 Протиугінні захоплювачі

Протиугінні захоплювачі служать для запобігання уgonу крана при дії вітру неробочого стану.

Загальне стримуюче зусилля, на яке розраховується захоплювач

$$F_{yT} = F_{yT} \cdot k;$$

$$F_{yT} = W_B + W_y - W_{Tp};$$

де $k = 1,2$ – запас утримання;

F_{yT} – утримуюча сила, кН;

F_{yT} – угінна сила, кН;

W_B – вітрові навантаження неробочого стану порожнього крана (при швидкісному напорі), кН;

W_y – навантаження від ухилу підкранових колій (при дії вітрового навантаження уздовж підкранових колій), кН;

W_{Tp} – опір від сил тертя без урахування опору реборд, кН.

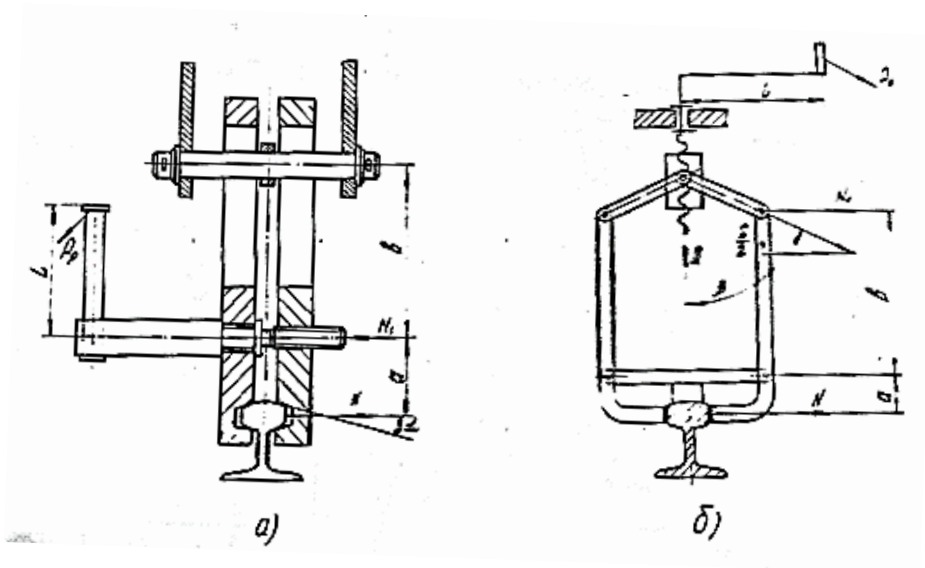


Рисунок 7.18 - Протиугінний захоплювач з ручним приводом

Розрахунок протиугінних захоплювачів з ручним приводом.

Нормальне зусилля, діюче на голівку рейки (рис. 7.18, а), створюється осьовим натягом гвинта N_1

$$N_1 = N \frac{a+b}{b}; \quad (7.1)$$

Необхідний крутний момент M затяжки захоплювача

$$M = N_1 \cdot \frac{d_{\text{сп}}}{2} \cdot \text{tg}(\alpha + \rho), \quad (7.2)$$

де $\alpha = 4 \dots 5^\circ$ - кут підйому різьблення;
 $\rho = 8 \dots 9^\circ$ - кут тертя в різьбленні.

Довжина плеча рукоятки

$$L = \frac{M}{[P_p]},$$

де $[P_p] \leq 250$ Н – нормативне зусилля людини.

Приведений коефіцієнт тертя губок захоплювача об голівку рейки

$$f' = \frac{f}{\sin\alpha' + f\cos\alpha'}. \quad (7.3)$$

$$N_1 = N \frac{a}{b}; \quad (7.4)$$

$$\frac{Q}{2} = \frac{N_1}{\text{tg}\beta}; \quad (7.5)$$

$$M = Q \cdot \frac{d_{\text{сп}}}{2} \cdot \text{tg}(\alpha + \rho); \quad (7.6)$$

$$L = \frac{M}{[P_p]}; \quad (7.7)$$

де α - кут губок захоплювачів, град;
 $\beta = 65^\circ \dots 70^\circ$ - кут розміщення натискних важелів;
 α – кут підйому різі гвинта, град;
 ρ – кут тертя в гвинтовій парі, град.

Протиугінний захоплювач з ексцентриковими губками (рис. 7.19, а).

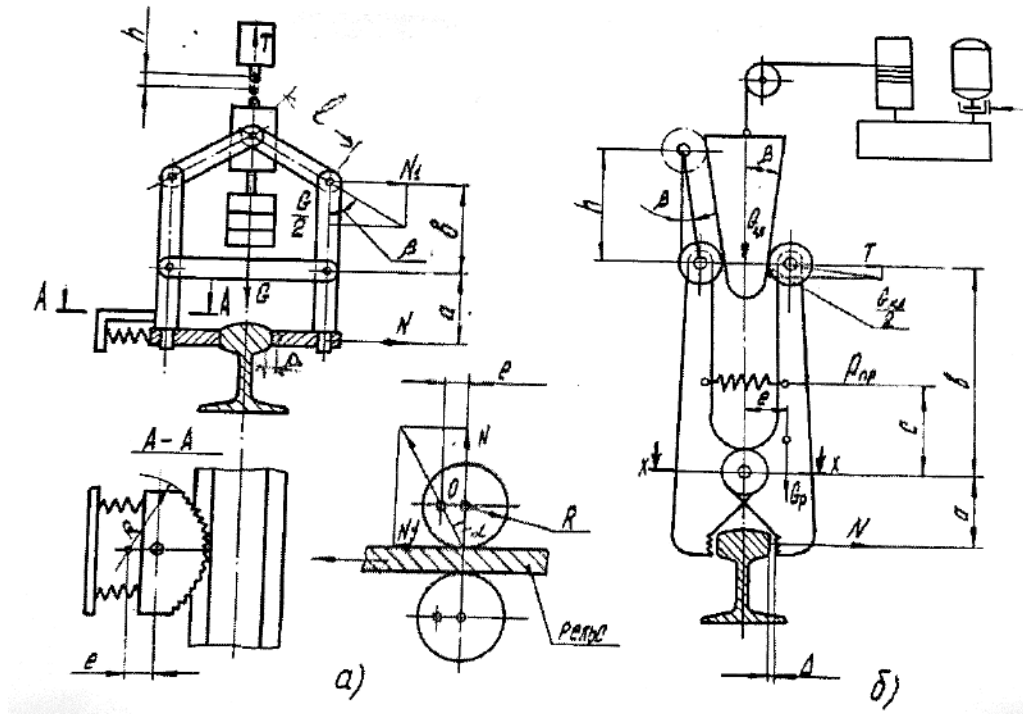


Рисунок 7.19 - Протиугінні захоплювачі з приводом

Нормальне зусилля затиску голівки кранової рейки

$$N = \frac{P}{2tg(\alpha + \rho)}, \quad (7.8)$$

де P – угінне зусилля, кН.
Утримуюче зусилля

$$N_1 = (0,1 \dots 0,15)N; \quad (7.9)$$

Привідний вантаж

$$G = (0,1 \dots 0,15) \cdot N \frac{a}{b} \cdot \frac{2}{tg\beta} \leq T, \quad (7.10)$$

де T – тягове зусилля магніту, кН.
 $\beta = 82^\circ \pm 1^\circ$ - кут нахилу натискних важелів.

Умова заклинювання

$$N \cdot e \leq N \cdot f \cdot r, \quad (7.11)$$

де e – ексцентриситет, м;
 $f = tg\alpha$ – коефіцієнт тертя між губками і голівкою рейки.
Для ексцентриків кут тертя дорівнює

$$\frac{e}{R} = \frac{Nf}{N} = tg\alpha = f. \quad (7.12)$$

Протиугінний захоплювач з клиновим замиканням (рис. 7.19, б). Розглянемо рівновагу одного з важелів відносно шарніра.

$$T = \frac{N \cdot a + P_{пр} \cdot c}{b}; \quad (7.13)$$

$$P_{пр} = (1,5 \dots 2) \cdot \frac{G_{кл} \cdot e}{c}; \quad (7.14)$$

$$G_{кл} = 2 \cdot T \cdot tg \cdot (\beta + \rho'), \quad (7.15)$$

де $P_{пр}$ – сила дії пружини, кН;

$G_{кл}$ – сила ваги клина, кН;

$\beta = 4 \dots 8^\circ$ - кут клина;

$\rho' = 1^\circ 10' \dots 3^\circ$ - коефіцієнт, враховуючий опір на осі ролика.

Для того, щоб визначити хід клина h , необхідно задатися величиною відходу губок $\Delta = 0,006 \dots 0,008$ м. Тоді хід клина дорівнює

$$h = \left(\Delta \frac{b}{a} + \delta \right) \cdot \frac{k}{tg\beta}; \quad (7.16)$$

де δ – пружна деформація важеля, м;

k – коефіцієнт запасу, враховуючий знос губок і рейки;

$\delta = \frac{T \cdot b}{3EJ}$ – прогин консольної балки, м;

E – модуль пружності, МПа;

J – момент інерції перетину балки на рівні шарніра (перетин Х-Х), м⁴.

Напівавтоматичний протиугінний захоплювач

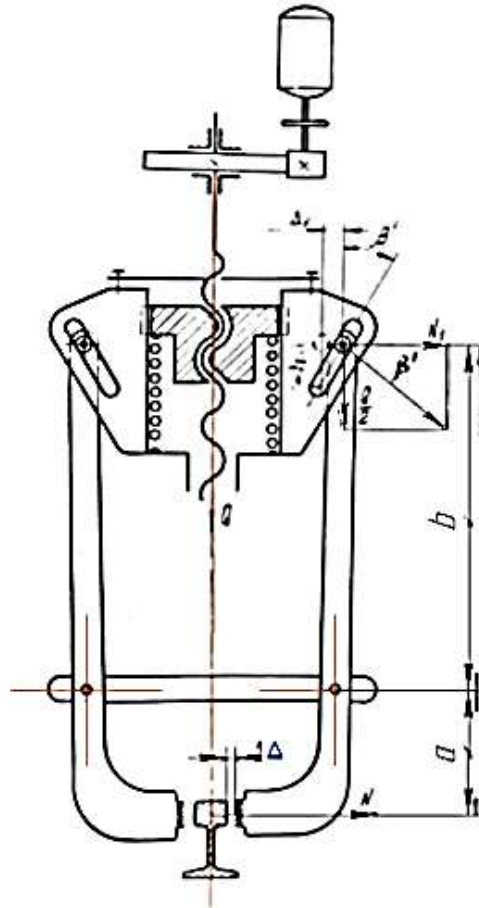


Рисунок 7.20 - Напівавтоматичний протиугінний захоплювач з похилими пазами

Розглянемо рівновагу одного з важелів

$$N_1 = N \frac{a}{b}; \quad (7.17)$$

$$M = Q \cdot \frac{d_{\text{ср}}}{2} \cdot \text{tg}(\alpha + \rho); \quad (7.18)$$

$$\frac{Q}{2} = N_1 \cdot \text{tg}\beta'. \quad (7.19)$$

Необхідна потужність електродвигуна

$$P = \frac{M \cdot n_{\text{ГВ}}}{974 \cdot \eta_p}, \quad (7.20)$$

де $n_{\text{ГВ}}$ – частота обертання гвинта, 1/с;
 ρ – кут, що залежить від підшипника в роликах, $\rho = 1^\circ 10'$, $\alpha = \rho \div 8^\circ$;
 S – крок нарізки, м;
 η_p – ККД редуктора.

Швидкість переміщення гайки

$$v_{\text{Г}} = S \cdot n_{\text{ГВ}}; \quad (7.21)$$

$$v_r = \frac{h}{t_s}, \quad (7.22)$$

де S – крок нарізі, м;
 h - хід стакану або роликів, м;
 $t_s = 10 \dots 40$ с – тривалість зпрацювання захоплювача.
 Хід стакану

$$h = \frac{\Delta_1}{\operatorname{tg}\beta'} = \frac{1}{\operatorname{tg}\beta'} \cdot \Delta \cdot \frac{b}{a}; \quad (7.23)$$

де $\Delta = 0,006 \dots 0,008$ м – зазори між зубцями захоплювача та рейкою, м.

Зазвичай співвідношення плечей важелів затискачів приймають

$$\frac{a}{b} = \frac{1}{3} \dots \frac{1}{4}.$$

Передавальне число між двигуном і гвинтом дорівнює $u = \frac{n_d}{n_{гв}}$.

8. КАБЕЛЬНІ КРАНИ

Кабельний кран являє собою спеціальну вантажопідйомну машину, що складається з двох веж, між якими (в прогоні) по натягнутому несучому канату (кабелю) за допомогою тягового каната пересувається вантажний візок.

Кабельні крани застосовують для транспортування бетону, арматури і будівельних матеріалів при спорудженні гребель, шлюзів та інших гідротехнічних об'єктів (рис. 8.1).

Кабельні крани поділяються в залежності від ступеня рухливості, характеру обслуговуваних робіт, тощо. Вантажопідйомність кабельних кранів коливається в межах 3...15 т, але у сучасних може досягати і 150 т, довжина прогону – 100...1500 м, висота веж доходить до 70 м і більше, швидкість пересування веж (у пересувних кранів) – 15...30 м/хв, швидкість підйому вантажу – 50...100 м/хв, а опускання – 120...135 м/хв.

Основна перевага кабельних кранів полягає в можливості виконання вантажних операцій на великих за довжиною ділянках будівництва. Виробництво робіт практично не залежить від кліматичних і гідрологічних умов. Крани мають можливість охопити по ширині весь будівельний майданчик і з успіхом використовуються в важкодоступних зонах.

По можливості переміщення кабельні крани можуть бути нерухомими і пересувними.

Нерухомі крани поділяють на стаціонарні, у яких обидві опори нерухомі (рис.8.2, *а*), з хитними опорами (рис.8.2, *б*) і еллінгові (рис.8.2, *в*). Опори нерухомого крана виконують у вигляді веж або, що частіше, щогл на відтяжках.

Стаціонарний кран здійснює операції тільки на вузькій смузі (під несучим канатом). Для розширення зони його дії різними примусовими засобами відтягують несучий канат або безпосередньо вантаж в плані або виконують щогли, що нахиляються в площині, перпендикулярній до прогону. В останньому випадку найбільший кут відхилення щогл в кожную сторону, зазвичай, не перевищує 8°. Еллінгові крани складаються з кількох самостійних кабельних кранів із загальною опорною конструкцією. Допускається спільна робота декількох кранів для операцій з великими вантажами.

Пересувні крани виконують паралельними (рис.8.2, *г*), у яких обидві опори (вежі) пересуваються паралельними підкрановими коліями, і радіальними (рис.8.2, *д*), у яких одна опора (вежа або щогла) нерухома, а інша (або кілька інших) рухається по одному або декільком концентрично розташованим (по відношенню до нерухомої опори) підкрановим коліям. Паралельні крани обслуговують прямокутні майданчики, а радіальні - секторні.

Різновидом паралельних кранів є естакадні (рис.8.2, *е*), у яких замість рухомих опор у вигляді веж встановлені якірні візки. Невелика ширина останніх дозволяє зближувати крани на малу відстань (до 10 м), що має істотне значення при бетонуванні гідротехнічних споруд.

При прогонах – 100 ... 250 м раціонально застосовувати мосто-кабельний кран (рис.8.2, ж), виконаний у вигляді однієї загальної металевої будови, до кінців якої прикріплені несучий канат. Підйом вантажу і пересування вантажного візка по несучому канату проводиться канатами за допомогою лебідок, розташованих на мосту крана.



Рисунок 8.1 - Кабельний кран на будівництві дамби

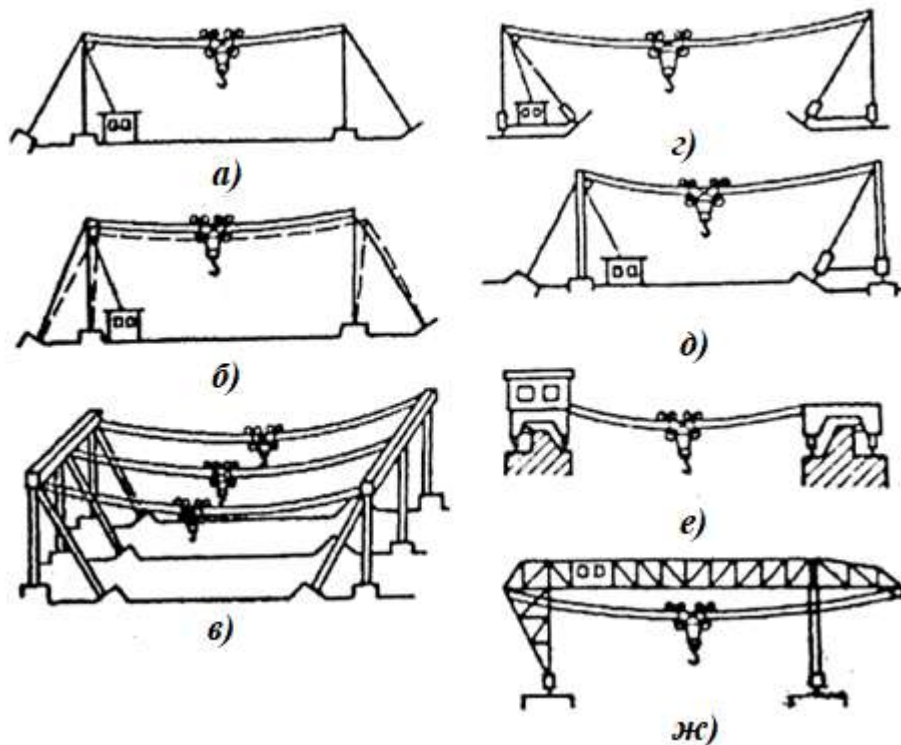


Рисунок 8.2 - Схеми кабельних кранів

Існують три різновиди рухомих кранів:

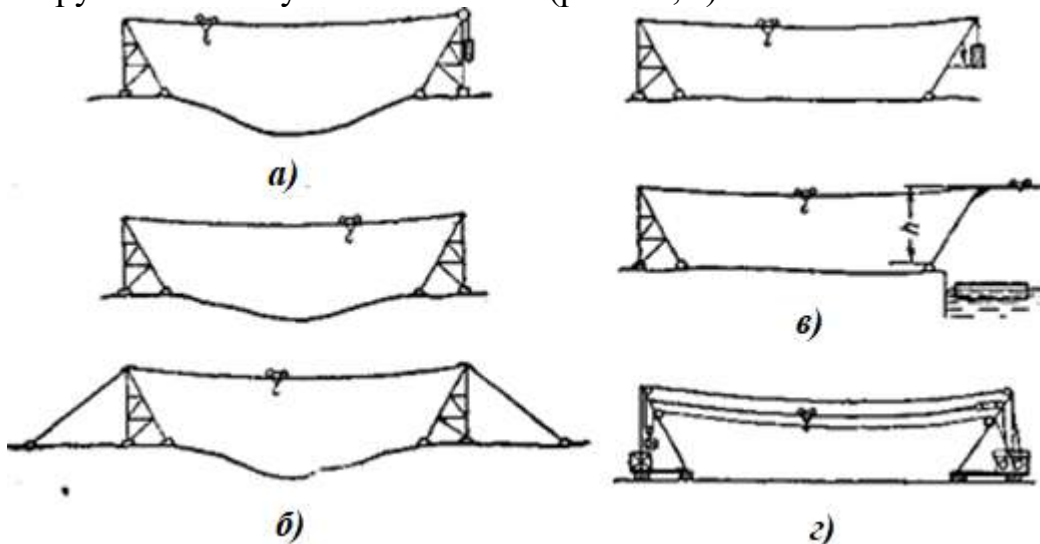
- паралельні крани (рис.8.2, *г, е*), обидві вежі яких можуть переміщатися на значні (десятки або сотні метрів) відстані по паралельним рейковим шляхам (такі крани можуть обслуговувати прямокутні робочі площі);

- радіальні крани мають одну нерухому вежу і одну або кілька рухомих веж, які пересуваються по одним або декільком концентрично розташованим радіальним підкрановим коліям (такі крани обслуговують робочі площі, що мають форму сектора з кутом при вершині до 360°);

- кругові крани, у яких обидві вежі пересуваються по круговим концентричним підкрановим коліям.

За способом натягу несучих канатів кабельні крани поділяються на наступні типи:

- з натягом несучого каната протывагою (рис.8.3, *а*);
- з нерухомо закріпленими несучими канатами (рис.8.3, *б*);
- з хитними вежами (рис.8.3, *в*);
- з рухомими несучими канатами (рис.8.3, *г*).



а - протывагою; *б* - з нерухомо закріпленими несучими канатами;
в - з хитними вежами; *г* - з рухомими несучими канатами
 Рисунок 8.3 - Схеми натягу несучих канатів кабельних кранів

У кранах з протывагами несучі канати на одній з веж закріплюють в нерухомих кінцевих муфтах, а на іншій вежі їх натягують за допомогою протываги. Протывагу підвішують до гнучкого натяжного канату, перекинутому через направляючий блок на голівці вежі і сполученого з несучим канатом сполучною муфтою. Провисання несучого каната у цих кранів змінюється в залежності від місця знаходження вантажного візка за рахунок підйому або опускання протываги, натяг же залишається постійним.

Кабельні крани з нерухомо закріпленими несучими канатами не мають протываг, а канати на обох вежах закріплені в кінцевих муфтах. Ці крани, прості і надійні в експлуатації, найбільш часто зустрічаються в сучасній практиці.

У кабельних кранів з хитними вежами натяг несучих канатів здійснюється вагою однієї з веж, що повертається навколо горизонтальної осі шарнірної опори. Під час руху візка в напрямку до середини прогону хитна вежа відхиляється в бік прогону, збільшуючи прогин несучого каната, завдяки чому його натяг не збільшується; при русі візка в напрямку від середини прогону прогин зменшується за рахунок зворотного відхилення вежі.

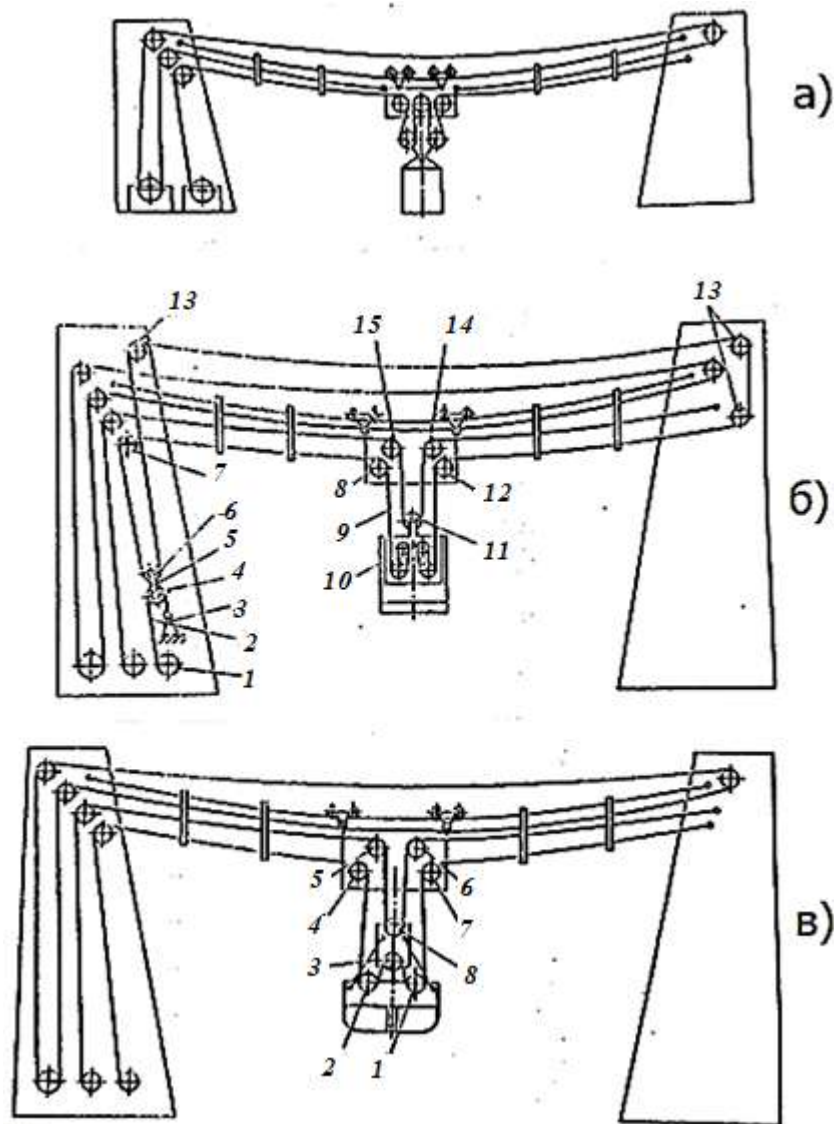
За конструкцією вантажозахоплювального органа крани поділяють на гакові, грейферні і кюбельні.

Гакові кабельні крани (рис.8.4, а) отримали широке застосування на складах лісу целюлозно-паперових (ЦПК) і лісопилок деревообробних (ЛДК) комбінатів, на гідротехнічному будівництві для транспортування бетонної суміші і виконання монтажних робіт, на будівництві мостів, будівель та інших споруд, на відкритих гірничо-рудних розробках, як засіб переправи через гірські ущелини і річки.

Грейферні крани (рис.8.4, б) в порівнянні з гаковим мають важливу перевагу – в їх робочому циклі немає ручних операцій. Грейфер підвішено на двох підйомних канатах - підтримуючому і замикаючому, кожен з яких приводиться в дію своєю лебідкою. Захоплення матеріалу грейфером здійснюється замикаючим канатом, в той час як підтримуючий канат утримує у положенні верхню траверсу з блоками. До кінця заповнення грейфера підключається підтримуюча лебідка, і підйом здійснюється обома канатами. Під час розвантаження грейфер утримується на підтримуючому канаті, а замикаючий канат послаблюється до тих пір, поки не розкриються щелепи грейфера і не почне висипатися матеріал. Підйом, опускання і пересування розкритого грейфера проводиться на обох канатах; при цьому схемою електроприводу забезпечується такий розподіл навантаження від маси грейфера, при якому підтримуючий канат сприймає більшу частину навантаження, а замикаючий канат лише злегка натягнутий з таким розрахунком, щоб грейфер не закривався.

Грейферні кабельні крани, що застосовуються для складів сипких вантажів, рекомендується виконувати радіальними, що дозволяє створити компакту схему прийому матеріалу на складі і видачі його на виробництво.

Кюбельні крани - крани з ковшем-кюбелем (рис.8.4, в), які застосовують на відкритих розробках, коли вантажопідйомна ємність завантажується екскаватором. В системі підйому є два паралельних каната: замикаючий, який утримує кюбель в закритому стані при підйомі (опусканні) вантажу і пересуванні вантажного візка, і підтримуючий, який використовується при розкритті кюбеля, коли замикаючий канат послаблюється. Все навантаження передається на утримуючий канат, кюбель розкривається і вміст його висипається.



а) гаковий; б) грейферний; в) кюбельний

Рисунок 8.4 - Типи вантажозахоплюючих органів на кабельних кранах

Натяг несучого каната має максимальне значення при положенні навантаженого візка посередині прогону і мінімальній температурі. Натяг змінюється при зміні маси вантажу, положення вантажного візка в прогоні і коливань температури навколишнього середовища. Так, натяг каната при знаходженні візка з вантажем на мінімальній відстані від опори може становити 40% максимального значення натягу.

Застосовуються і нетрадиційні кабельні крани. Для обслуговування трикутного майданчика використовують кабельний кран з трьома опорами (рис.8.5). Несучий канат 2, одним кінцем прикріплений до головної опори 1, а іншим з'єднаний з двома канатами 3, які на поліспастих 4 прикріплені до двох хвостових опор 5, утворюючи підвісну опору. При перемотуванні поліспастих за допомогою лебідки 6, встановленої у хвостовій опорі, несучий канат переміщається на кут $\varphi = 10^\circ$ в обидва боки.

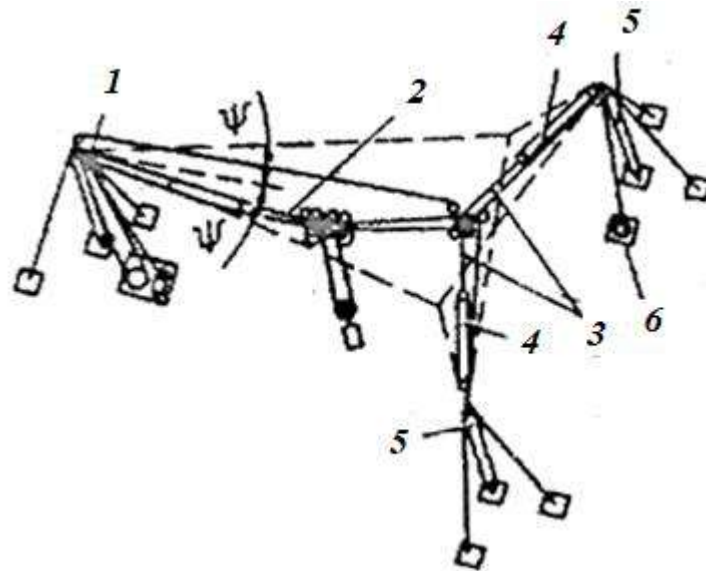


Рисунок 8.5 - Схема крана з трьома опорами

Якщо немає вільного простору для встановлення підкранових колій, застосовують подвійний висячий кабельний кран (рис.8.6). Він має колійні канати 4, по яких переміщуються горизонтальні ходові візки 5 з приєднаними до них несучими канатами 7 і блоками 6 для робочих канатів. Ходові візки 5 і вантажний візок 8 переміщуються за допомогою канатів 9 і лебідок 1, а вантаж, підвішений на канаті 3 до гака підвіски 10, піднімається і опускається за допомогою лебідок 2.

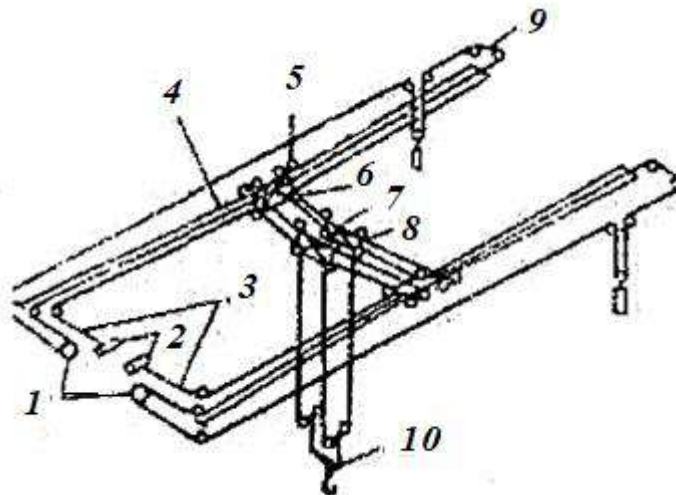


Рисунок 8.6 - Схема подвійного висячого крана

Зазвичай, кабельні крани виконують однопрогінними, іноді - багатопрогінними.

Наприклад, для транспортування довгомірних вантажів (труб, колод) фірма "Белані" (Італія) створила багатопрогінний кабельний кран з підйомно-тяговим канатом 1 (рис.8.7). Кран має два несучих каната 2. По одному пересувається вантажний візок 5, по іншому – баластний візок 4, що забезпечує зчеплення каната з канатоведучим шківом. Вантажний візок

пересувається за допомогою приводу 3, а вантаж піднімається за допомогою лебідки 6.

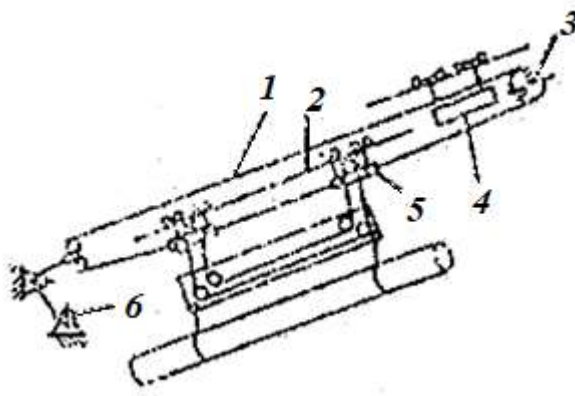


Рисунок 8.7 - Схема багатопрогінного крана

У традиційних кабельних кранах несучий канат закріплюється і натягується за допомогою хитної башти або (при закріпленні несучого каната без автоматично діючого натяжного пристрою) під дією власної сили тяжіння і сили тяжіння підвішеного вантажу (канат з закріпленими кінцями).

Натяг несучого каната крана з хитною вежею найбільше при положенні навантаженого візка у хитної вежі і при русі візка змінюється незначно (в межах 10%). При цьому кут підйому візка з вантажем, коли він розташований на мінімальній відстані від опори, натяг тягового каната і потужність лебідки пересування будуть менше, ніж у крана з закріпленими кінцями несучого каната. Температура навколишнього середовища практично не впливає на натяг несучого каната.

Устрій кранів, як приклад, паралельний пересувний кабельний кран (рис.8.8) являє собою спеціальну вантажопідйомну машину, у якій візок 10 з вантажем, підвішеним до гака підвіски 11, переміщується по гнучкому шляху – несучого каната 7. Підйом вантажу проводиться підйомним канатом 8, а пересування візка - тяговим канатом 9. Несучий, підйомний і тяговий канати, об'єднані підтримками 12, складають систему канатів. Деякі кабельні крани мають і верхню систему канатів, що включає нерухомий канат 16, закріплений на опорах 5 і 13. До нерухомого канату прикріплені підтримки 18, на ролики яких спирається зворотна гілка 15 тягового каната. До підтримок підвішуються електрокабелі 17. Для обслуговування верхньої канатної системи і проведення ремонтних робіт на нижній канатній системі використовують ремонтний візок 19, переміщуємий канатом 20.

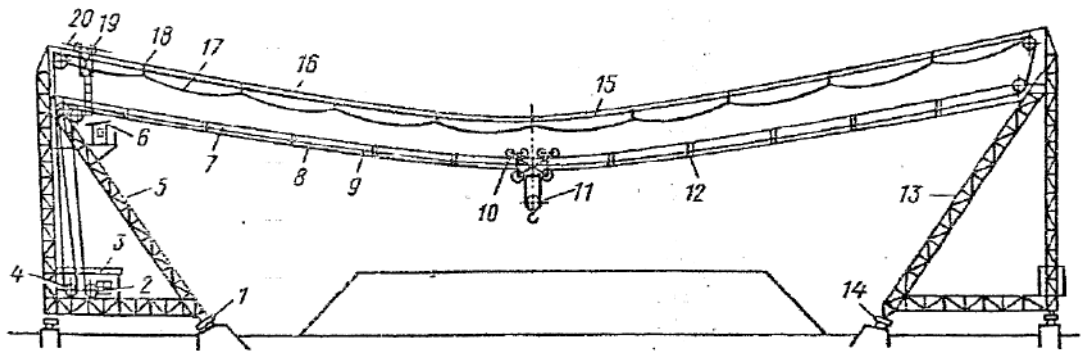


Рисунок 8.8 – Устрій кабельного крана

Несучий канат закріплюється на кінцевих опорах 5 і 13, а підйомний і тяговий, що називається робочими, на машинній опорі 5 напрямними блоками відводяться в машинне відділення 3 і закріплюються на барабанах лебідок підйому 2 і пересування 4, якими вони приводяться в рух. На протилежній опорі підйомний канат закріплюється, а тяговий канат, огинаючи блоки, проходить через прогін, напрямним блоком на машинній опорі направляється в машинне відділення і закріплюється на барабані лебідки пересування 4.

Опори можуть бути стаціонарними або рухомими за допомогою приводних ходових візків 1, 14. Керування кабельним краном здійснюється з поста керування 6, який розміщується на одній з опор, або з місця, звідки видається кращий огляд обслуговуваної краном площі.

За останні роки спостерігається подальше вдосконалення типів і конструкцій кабельних кранів-бетоноукладачів і поліпшення їх експлуатаційних показників. Сучасні бетоноукладальні кабельні крани обладнуються системою автоматичного регулювання рівня провисання бадді при розвантаженні бетонної суміші, що є досить ефективним засобом боротьби з явищем «стрибка» і дозволяє практично усунути вертикальне переміщення бадді при її випорожненні.

На рис.8.9 наведено один з варіантів схеми такої автоматизації. Підйомна лебідка приводиться електродвигуном постійного струму, до якого приєднаний сельсин-датчик. З барабана лебідки підйомний канат прямує до візка крана, утворюючи на блоках петлю. Натяг в підйомному канаті вимірюється динамометром або тензодатчиком, поворотна стрілка якого пов'язана з другим спеціальним датчиком. Для керування двигуном лебідки застосовують сельсини-приймачі, пов'язані між собою редуктором, кулачком і диском з електроперемикачами. До системи приєднаний також невеликий двигун для автоматичної установки диска в нейтральне положення.

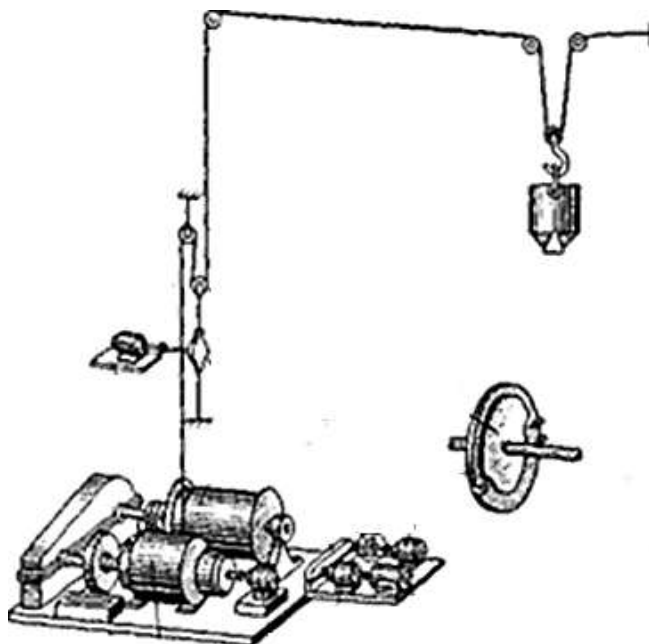
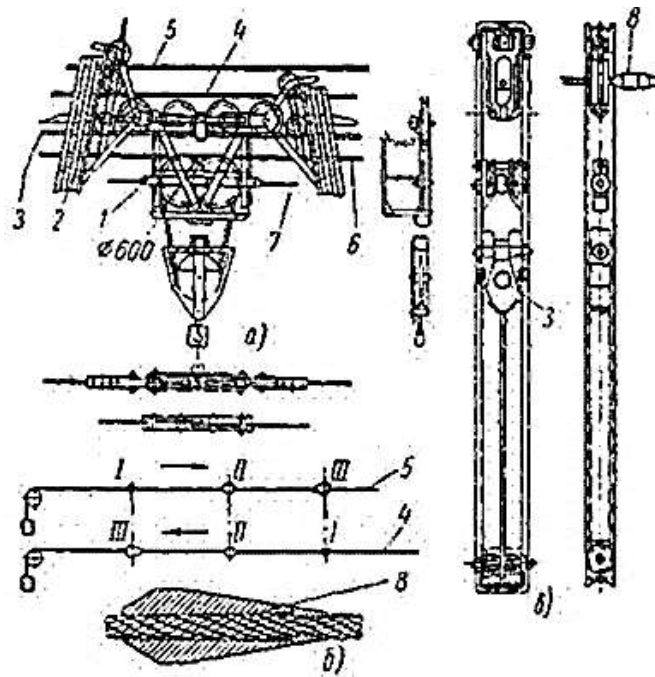


Рисунок 8.9 - Схема автоматизації керування кабельним краном

Після опускання бадді до потрібної висоти підйомний двигун вимикається і починається розвантаження бадді. Натяг підйомного каната при цьому зменшується, стрілка динамометра і з'єднаний з нею датчик повертаються, та реагує на відповідний кут приймач. Пов'язаний з ним кулачок при повороті впливає на перемикач диска і включає двигун лебідки на опускання. Пов'язаний же з двигуном датчик взаємодіє з приймачем і обертає через редуктор диск. При синхронному русі кулачка і диска підйомна лебідка буде повільно опускати вантаж вниз.

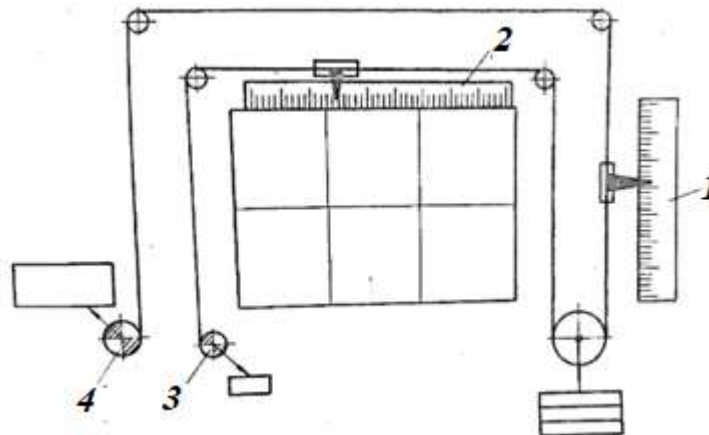
Якщо швидкість опускання бадді виявиться більше швидкості відповідної зміни провисання, диск, випереджаючи кулачок, звільнить вимикач, і двигун підйомної лебідки зупиниться. Якщо ж швидкість опускання бадді буде недостатня, то кут неузгодженості між кулачком і диском збільшиться, поки включиться другий вимикач і не перемкне двигун підйому на більш швидке опускання. При вимкненому автоматичному регуляторі двигун приводить всю систему в початкове положення.

Вантажний візок (рис.8.10) кабельного крана виконується у вигляді легкої металевої конструкції, на якій закріплені ходові колеса візка і блоки підйомного механізму.



а - схема візка; б - схема розташування кулачків на кулачкових канатах;
 в - підтримка; 1 - візок; 2 - підтримки; 3 - несучий канат; 4 і 5 - нижній і
 верхній кулачкові канати; 6 - підйомний канат; 7 - тяговий канат; 8 - кулачок
 Рисунок 8.10 - Вантажний візок і кулачкова підтримка кабельного крана

Для рівномірного розподілу навантаження всі ходові колеса кріпляться на балансирах. Несучі канати кабельного крана (один або кілька), зазвичай, закритої конструкції. Підйомний і тяговий - багатопрядні хрестової звивки, а також кулачкові канати для розміщення підтримок – однопрядні.



1 – шкала висоти підйому; 2 – шкала пересування візка; 3 – тягова лебідка;
 4 – вантажна лебідка

Рисунок 8.11 - Індикаторний пристрій кабельного крану

Індикаторний пристрій служить в якості вказівника підйому вантажу і положення візка в прогоні крана (рис. 8.11).

Індикаторний пристрій складається із стрілочного індикатора, поміщеного в кабіні крану, пов'язаного механічною передачею з тихохідним валом механізму підйому і пересування.

9. 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;
- одночасна робота декількох механізмів;
- велика зона обслуговування і можливість проходу залізничного транспорту;
- можливість роботи зі змінними вантажозахоплюючими органами;
- горизонтальне переміщення вантажу при зміні вильоту.

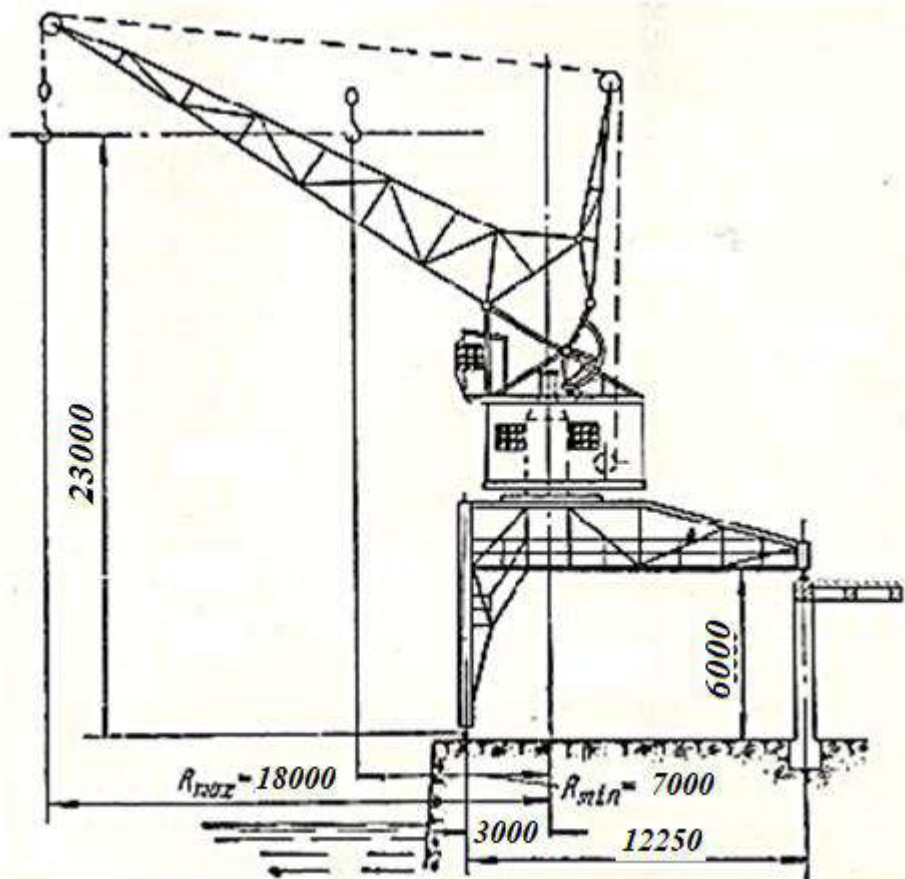


Рисунок 9.1 - Напівпортальний кран

У річкових портах, що мають укiснi набережнi, iнодi застосовуються на-впiвпортальнi крани (рис.9.1) спецiальної конструкцiї, що перемiщуються по рейках, розмiщених на рiзних рiвнях. Це дозволяє наблизити вiсь обертання крана до розвантажувомого судна, не вдаючись до зведення дорогих масивних стiнок набережних. При великих коливаннях рiвня води в рiччi пiд час

паводків ходові візки, що йдуть по нижній рейці, і частина металевої конструкції напівпортала часто працюють під водою.

9.1 Устрій порталних кранів

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

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

Розглянемо устрій класичних порталних кранів (рис.9.2)

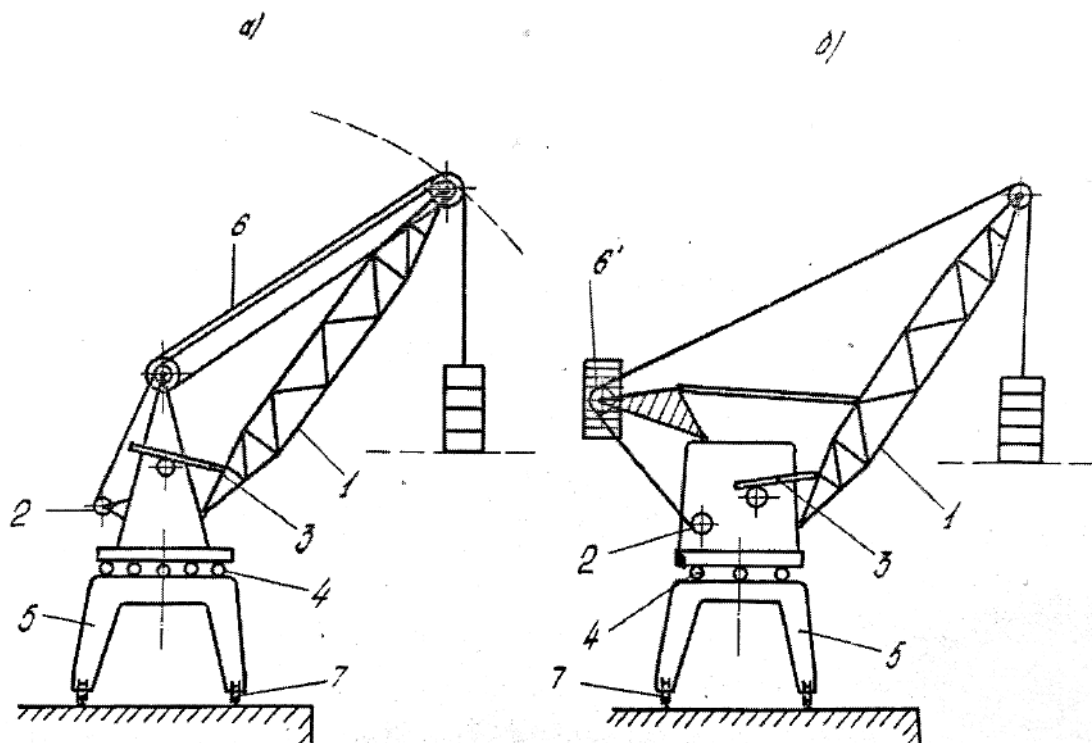


Рисунок 9.2 - Портальні крани з одноланковою стріловою системою

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

На рис.9.2, а 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.9.2, 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.

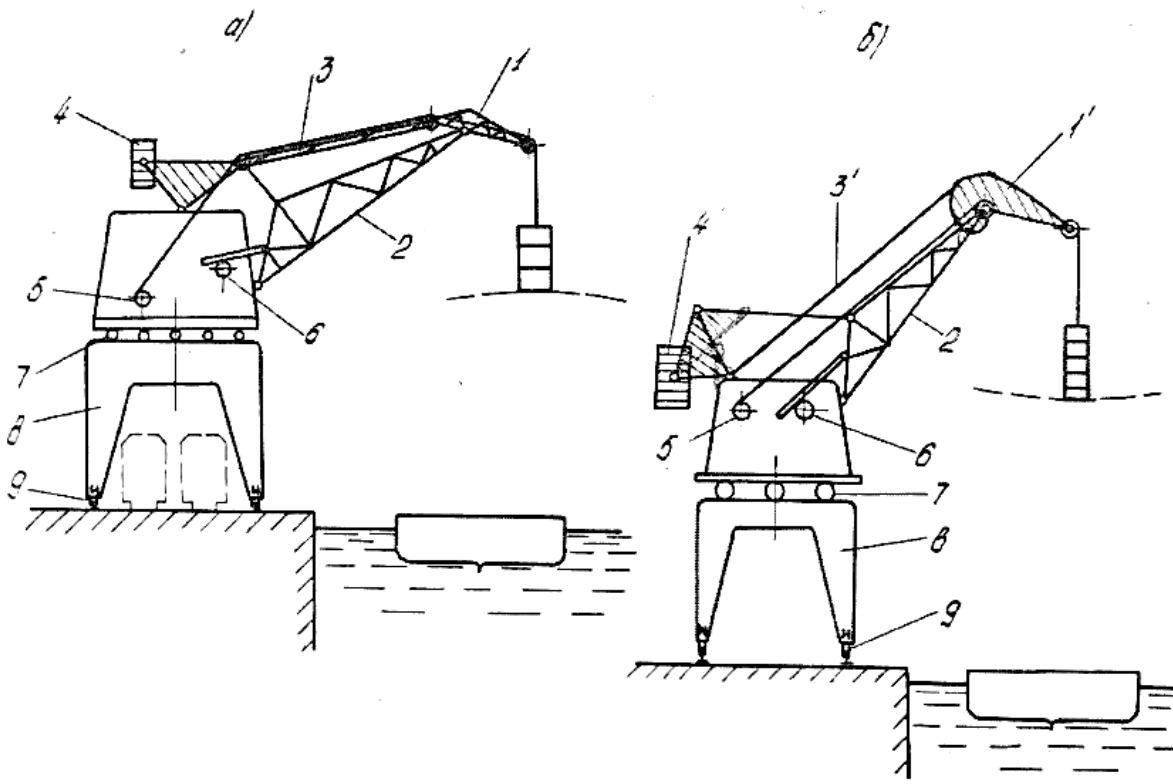


Рисунок 9.3 - Портальні крани з багатоланковою стріловою системою

Розрізняють крани з шарнірно-зчленованою укосиною, прямолінійним хоботом, жорсткою відтяжкою і крани з шарнірно-зчленованою укосиною, профільованим хоботом і гнучкою відтяжкою.

Кран з шарнірно-зчленованою укосиною, прямолінійним хоботом і жорсткою відтяжкою складається із наступних основних вузлів (рис.9.3, а):

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

На рис.9.3, б зображено схему крана з шарнірно-зчленованою укосиною, профільованим хоботом і гнучкою відтяжкою, де 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 обойм;
- секторні, застосовувалися в ранніх конструкціях кранів, де противага знаходилася на нижньому кінці стріли;
- кривошипно-шатунні.

Портальні крани за призначенням можуть бути: перевантажувальними, монтажними, стапельними, доковими.

Перевантажувальні крани (рис.9.4, 9.5) (найбільш масовий тип кранів) оснащуються грейферами для сипких вантажів, магнітами для металобрухту, або гаковими підвісками для штучних вантажів.

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



Рисунок 9.4 - Перевантажувальний кран із підйомною стрілою КППГ-5



Рисунок 9.5 - Перевантажувальні крани з шарнірно-зчленованою стрілою типу КПП

Монтажні крани (рис.9.6) широко використовують у портах, на суднобудівних підприємствах, судноремонтних заводах. Конструктивно ідентичні перевантажувальним кранам і відрізняються наявністю гусака на хоботі та малою швидкістю переміщення гака. Лебідка або одна, або дві різні – для головного та допоміжного підйомів. Вантажопідйомність – в інтервалі 12,5 – 160 т.



Рисунок 9.6 - Монтажний кран із шарнірно-зчленованою стрілою КПМ-32/16-17/30-10,5К

Стапельні крани (рис.9.7) – одні із вузьковикористовуваних спеціальних кранів. По суті, це монтажні крани і використовуються виключно на суднобудівних підприємствах. Вони призначені 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). Мають велику вантажопідйомність і малу посадкову швидкість.



Рисунок 9.7 - Стапельний кран із шарнірно-зчленованою стрілою в/п 75 т

Докові порталні крани в силу специфіки виконуваних робіт мають відносно невелику вантажопідйомність. Конструктивними особливостями є вузький портал (оскільки ширина стіни доку обмежена), наявність протиугінних захватів та захисту від перекидання. Вони мають обмеження щодо можливості роботи при хвилюванні морської акваторії.

9.2 Конструкція порталних кранів

9.2.1 Портал

Основний елемент портал має 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 – витягнутий по одній з координат. Найбільш поширені крани із симетричним порталом. 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 вісьмома або шістьнадцятью (дуже рідко) двигунами пересування. Це важкі крани. У них буває до чотирьох візків на ногу, причому іноді внутрішні крайні візки сусідніх ніг мають додатковий зв'язок у вигляді балансиру.

Крайні візки обов'язково мають закінчуватися буферами. На візках обов'язково є протиугінний захоплювач. Мінімальна їх кількість - по одному на нозі, можливо і більша кількість, якщо маса крана така, що одного на нозі може не вистачати для утримання крана при неробочому вітровому навантаженні. На докових порталних кранах, крім протиугінних захоплювачів, передбачаються пристрої утримання при крені, що також встановлюються на візку. В нозі прокладають кабелі. Сходи для машиніста всередині ноги не розміщують, лише – зовні.

Оголовок порталу - 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.

Величина проїзду вважається стандартною у одну, дві або три залізничних колії. Найбільш поширені – на дві колії (10,5 метрів). Портальні крани, які не працюють із транспортом під порталом, можуть мати іншу ширину.

Струмopідведення до крана буває двох виконань. Найпоширеніше - кабельний барабан (рис.9.8) і гнучкий кабель, що змотується або розмотується в міру пересування крана. Кабельний барабан розташовується на одній з ніг, або разом із протиугінними захоплювачами, укріпленими 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 струмомознімачами. Застосовується на суднобудівних заводах, де є ризик пошкодження гнучкого кабелю, та є можливість переїзду колії транспортом у будь-якому місці.



Рисунок 9.8 - Кабельний барабан

Верхня поворотна будова складається з поворотної частини, пов'язаної з порталом за допомогою опорно-поворотних пристроїв різної конструкції, стріли та противаги.

Серед опорно-поворотних пристроїв (рис.9.9) вітчизняних кранів найбільш масово застосовувався роликівий опорний пристрій на опорно-поворотному 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 (рис. 9.10). 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 H за будь-якого напрямку від вантажного моменту M . Нижній вузол сприймає вертикальний тиск V від ваги поворотної частини з вантажем і горизонтальне навантаження H від моменту M .



Рисунок 9.9 - Опорно-поворотний пристрій (ОПП) на прикладі стапельного крана

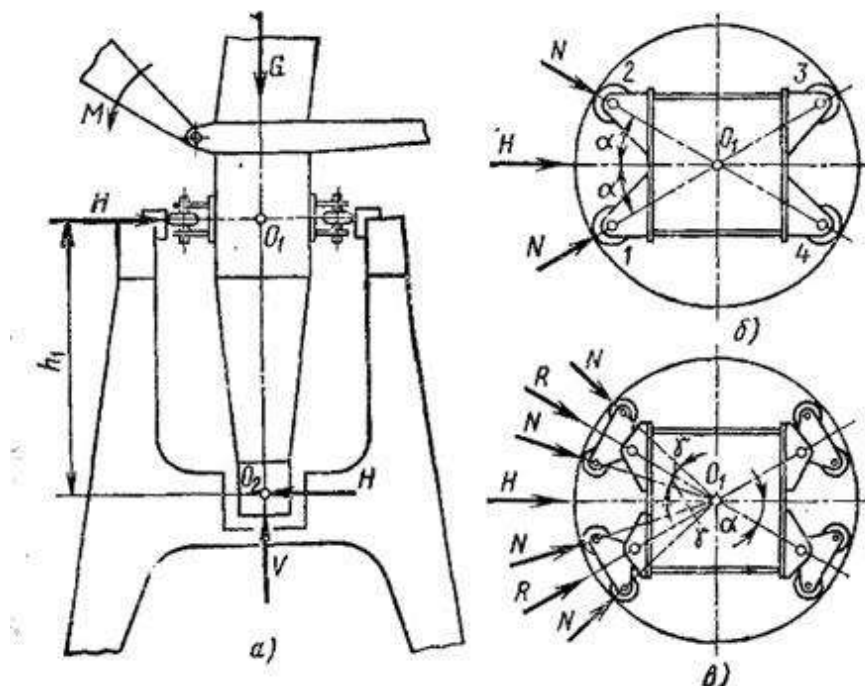


Рисунок 9.10 - Опорно-поворотний пристрій на колоні (кран КППГ-5)

9.2.2 Стрілові пристрої

Основними типами стріл в порталних кранах є:

- прямі стріли, як з пристроями, що дозволяють вантажу рухатися горизонтально, так і без них (рис.9.4);
- шарнірно-зчленовані стріли з канатною відтяжкою гусака, застосовувалися у період 1930-1990-х років (рис.9.11).
- шарнірно-зчленовані стріли з жорсткою відтяжкою гусака, мають перевагу - частково розвантажені від кручення при поперечному розгойдуванні вантажу (рис.9.12).



Рисунок 9.11 - Кран із шарнірно-зчленованою стрілою з тросовою відтяжкою



Рисунок 9.12 - Приклад шарнірно-зчленованої стріли з жорсткою відтяжкою

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 [22].

9.2.2.1 Врівноваження стрілових систем

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

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

До врівноважуючих пристроїв висуваються вимоги:

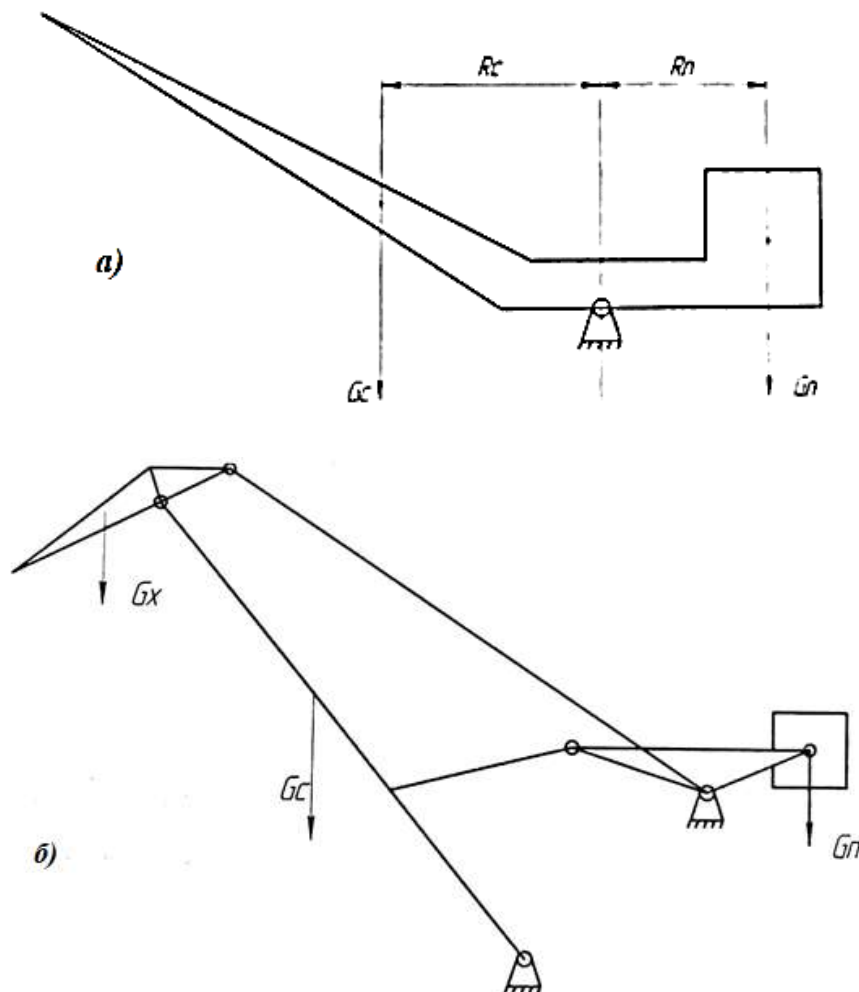
- врівноваженість стрілового пристрою на всьому діапазоні вильотів, відхилення від врівноваженості не більш 15% моменту ваги стрілового пристрою на найбільшому вильоті;

- 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 жорстко закріпленою противагою на консолі (рис.9.13, а), або на хиткому важелі (рис.9.13, б).

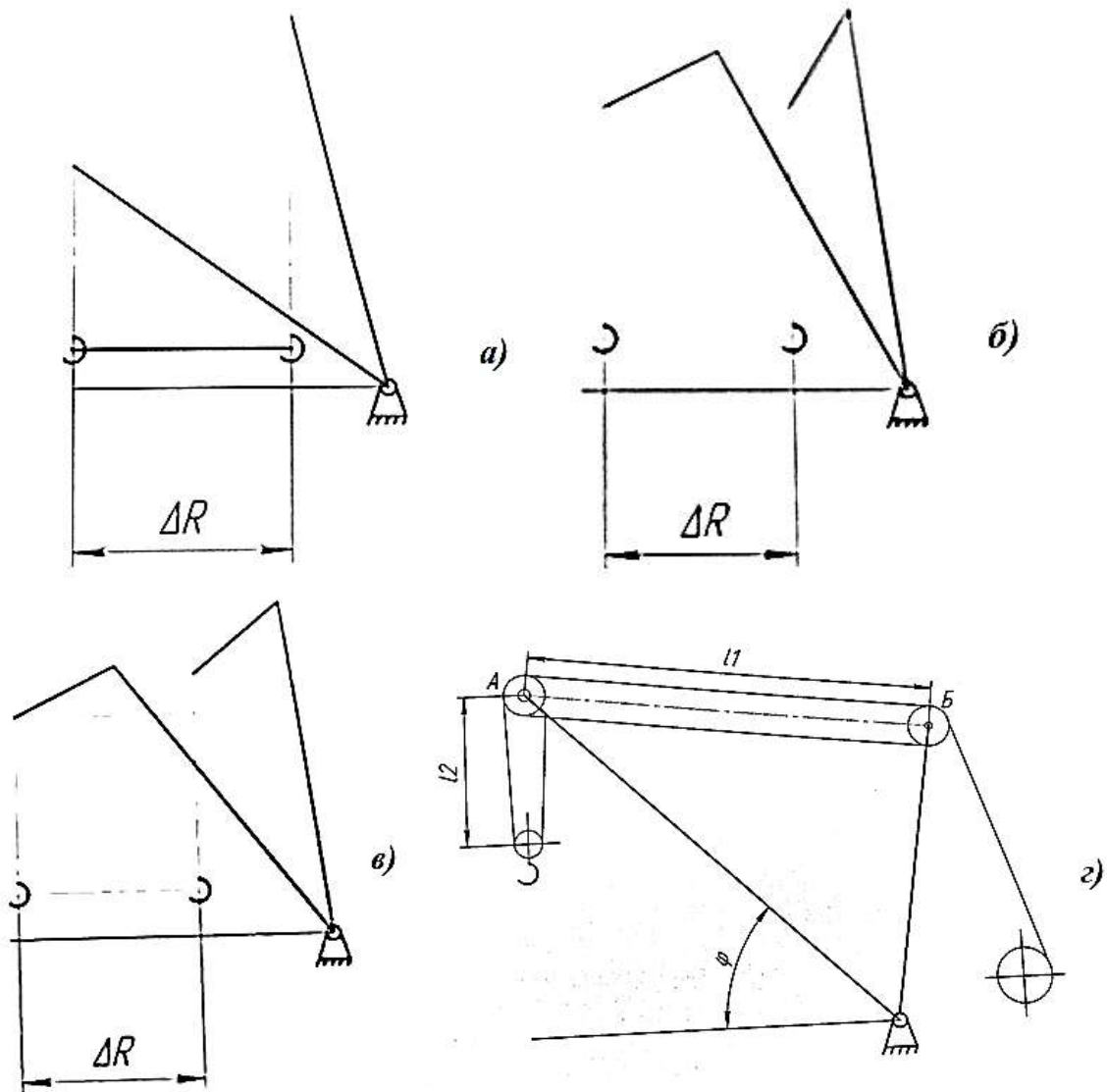


а) з жорстко фіксованою противагою; б) з противагою на хитному важелі

Рисунок 9.13 - Схеми врівноваження стріл

9.2.2.2 Забезпечення горизонтальності траєкторії руху вантажу

На практиці забезпечити абсолютно горизонтальне переміщення вантажу дуже важко. Існують способи забезпечення горизонтальної траєкторії вантажу при зміні вильоту (рис.9.14).



- 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 9.14 - Пристрої, що забезпечують горизонтальне переміщення вантажу при зміні вильоту

9.3 Показники ефективності класичних порталних кранів

Основними причинами низьких показників продуктивності класичних порталних кранів є:

- більшість кранів в українських портах складають крани типу "Сокіл", «Кондор» (рис. 9.15), «Тукан» (рис. 9.16), НКМЗ (рис. 9.17) з вантажопідйомністю на гаку – 30-40 т, тоді як закордонні аналоги порталних кранів у

гаковому режимі досягають вантажопідйомності 200 т, що визначає у наших кранів продуктивність вантажообробки нижче в 5 разів;

- порталні крани з шарнірно-зчленованою стріловою системою типу "Альбатрос", "Сокил", "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 тона вантажопідйомності. У крана "Сокил" вона становить 15,9 т/т, а у мобільно-портового крана LPS-280 – вона лише 4,1 т/т;

- середньостатистична продуктивність порталних кранів по галузі становить 110-137 т за годину, в окремих портах 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, "Конкрейнс Україна", "Азовмаш") йшло шляхом створення порталних кранів старих зразків, з шарнірно-зчленованою стріловою системою, за своїм рівнем вони відповідають новинкам 60-х років минулого століття (рис. 9.17).



Рисунок 9.15 - Кран "Кондор"



Рисунок 9.17 - «Тукан» кран-кенгуру



Рисунок 9.17 – Портальный кран НКМЗ

9.4 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 порталними кранами. У загальному парку порталних кранів до 90% складають порталні крани із шарнірно-зчленованою стріловою системою.

Знос парку порталних 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 $K_{\text{вик}} = 0,29$. Близько 40% кранів працюють з $K_{\text{вик}} = 0,0 - 0,15$.

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 і фізично зношених порталних 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 і 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 – вищі в 1,5-4 рази;
- показник «щільність потужності» - менший в 2-5 разів;
- навантаження на ходове колесо знижуються від 26-39 т до 18-22 т.

Аналіз показує, 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») (рис. 9.18) з максимальним вильотом стріли – 45 м, при вантажопідйомності – 40 т, має масу – 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 – 707 т. Вказані вище максимальні параметри порталних кранів із шарнірно-зчленованою стріловою системою з великим запасом перебиваються 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", "НКМЗ", "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.

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 9.18 – Портальний кран «МАРК-45»

Результати аналізу показують, що шарнірно-зчленована стрілова система в портальних кранах скоріше традиція, ніж економічна доцільність. Виявлено і 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 (хобіт, відтяжка, тяга, коромисло з рухомою противагою) перевищує масу самої стріли в кілька разів і досягає 60% 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 портальних 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.

9.5 Кращі портальні крани світу

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

9.5.1 Крани фірми «ARDELT»

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 (рис. 9.19). 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 портних умов.



Рисунок 9.19 - Портальний мобільний кран «Адлер»

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

Під краном «Адлер», як і під традиційним порталним 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.

9.5.2 Крани фірми «Gottwald»

Пропонуються українським портам порталні крани Готтвальд, які гарантують швидку і ефективну обробку вантажів. Портал виготовляється за

бажанням замовника під конкретні умови порту або терміналу. Перевага такого індивідуального підходу дає можливість розміщувати конвеєрні лінії або залізниці безпосередньо під краном. Всі моделі кранів Готтвальд оснащені дизельним мотором, а також можуть підключатись до джерела зовнішнього живлення.

Крани Готтвальд з дво- або з чотири канатними запасовками грейфера призначені для високопродуктивної перевалки вантажу 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 і техобслуговуванні. Крім того, можлива подача енергії на ці крани від зовнішньої мережі, що дозволяє йому перемикається на електричний привід. Також всі крани можуть бути оснащені всілякими 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 «Gottwald Port Technology», 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 «Gottwald» випускаються у вигляді мобільних портових, порталних і плавучих кранів. Електродизельні мобільні портові крани фірми «Gottwald» 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 (рис. 9.20), 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 викидів вихлопних газів в портах і істотно понизити рівень шуму – з відповідним позитивним ефектом для загального екологічного балансу портів.

Портові крани на рейковому ході фірми «Gottwald» 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 «Gottwald» 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 напряму по зміні і модернізації порталного крана досить актуальний.

У портах більшості морських держав на зміну традиційним порталним кранам приходять портові мобільні (ПМК) і 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 витрат 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 і 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.

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 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.



Рисунок 9.20 – Кран «Gottwald»

9.5.3 Крани фірми "Liebherr"

В Україні портові крани "Liebherr" працюють у портах Одеський, Південний.

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 здивуєш 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 завантаження 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 перевантаження 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).

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.9.21):

- 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 - збільшена висота вежі – 4,8 м (для більш високої точки опори стріли та висоти кабіни, опція);
- 5 – RACTRONIC® (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).

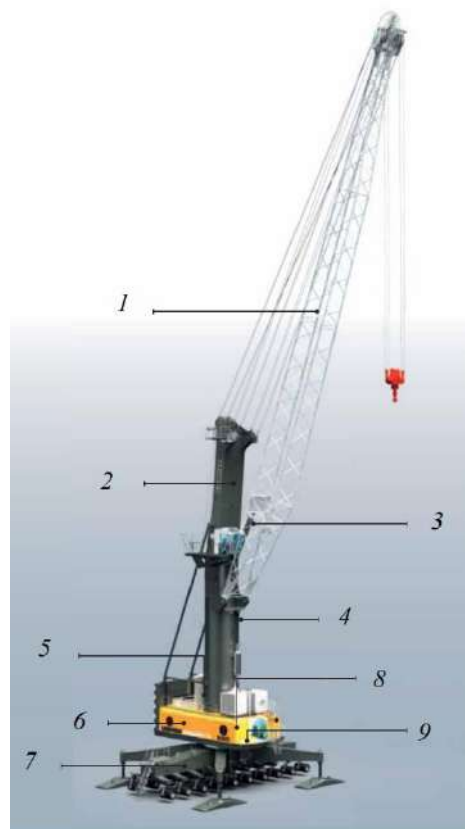


Рисунок 9.21 – Типовий мобільний портовий кран фірми «Liebherr»

Концепція мобільного портового крана Liebherr (рис. 9.21) 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.

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 (рис. 9.22). 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, напівавтоматичним або повністю автоматичними телескопічними спредерами для перевалки всіх стандартних контейнерів (від 10" 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 Cycrotronic® (електронна система керування краном з оптимізацією циклу) досягається точне позиціонування вантажу, що допомагає кранівнику виконати завдання з високою

точністю. Завдяки роботі системи Sycoptronic® підвищується безпека та впевненість оператора.

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



Рисунок 9.22 - LHM 550 мобільні портові крани

Оптимізована взаємодія потужної гідростатичної трансмісії та вдосконаленої електроніки Liebherr гарантує ефективну перевалку насипного вантажу завдяки коротким робочим циклам. Незалежно від використання моторного або чотирикранатного грейфера всі параметри перевалки, такі як кількість вантажу під час зачерпування 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 зачерпування грейфером матеріалу 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 Cusortronic® автоматично зупиняє розгойдування вантажу, поперечне та поздовжнє, на максимальних швидкостях;
- для забезпечення безпечної та ненапруженої роботи оператора компанія «Liebherr» пропонує напівавтоматичну систему Cusortronic® 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 (рис. 9.23).



Рисунок 9.23 - LHM 180 робота грейфером

Безпека та точність є найважливішими критеріями при роботі з важкими вантажами. Гідростатична концепція двигуна разом із замкнутими гідроприводами гарантують негайну реакцію системи, що забезпечує швидкі та безпечні робочі цикли. Залежно від моделі, мобільні портові крани Liebherr (рис. 9.24) 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;
- високу безпеку, яка покращує комфорт оператора і покращує продуктивність роботи.

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 заздальгідь обраних методах перевалки вантажів затримки на модифікацію не виникають.

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



Рисунок 9.24 - LHM 600 RNB при перевантаженні важких крупногабаритів

Вибір кранового обладнання базується на оцінці таких основних чисельних значень техніко-економічних показників (ТЕП) та якісних характеристик (КХ) (рис. 9.25):

- вартість;
- продуктивність;
- вантажопідйомність;
- виліт стріли;
- 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 (КХ) – 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 і 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 9.25 – Концептуально різні портові крани

На схемі (рис.9.26) 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 9.26 – 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.

9.5.4 Конструктивні особливості мобільних портових кранів

Мобільний кран є 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.

Різні зміни і способи будівництва причалів і терміналів у всьому світі привели компанію Liebherr до розробки унікальної конструкції шасі. Відмова від ідеї нерухомої осі, колісні візки по чотири колеса, кожен з яких незалежний, дозволяє здійснювати рухи у всіх напрямках (рис. 9.27).

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%.

Колісні 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 конструкції 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 9.27 - Колісні візки та промислові ходові шини

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 (рис. 9.28).



Рисунок 9.28 – Звільнення шасі від навантаження шляхом підйому крана на аутригерах

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

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

Вантажні лебідки розташовані в тилівій частині поворотної платформи. Можливі різні конфігурації вантажних лебідок залежно від типу крана та області застосування (рис. 9.29).

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 9.29 - Вантажні лебідки – аксіально-поршневі гідравлічні двигуни та канатний барабан

Сталевий каркас башти виконаний у вигляді жорсткої зварної герметичної конструкції трубчастого типу (рис.9.30). 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 та 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.

Шток стрілового 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).

Стріла крана має трубчато-решітчасту сталеву конструкцію з трикутним поперечним перетином і складається з двох 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°C , велику міцність/високий рівень жорсткості конструкції, точність рухів крана, висоту шарніру стріли – до 23,4 м.

9.5.5 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 у всьому світі (рис. 9.31).



Рисунок 9.30 - Трубчаста конструкція башти



Рисунок 9.31 – 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 існуючих 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.

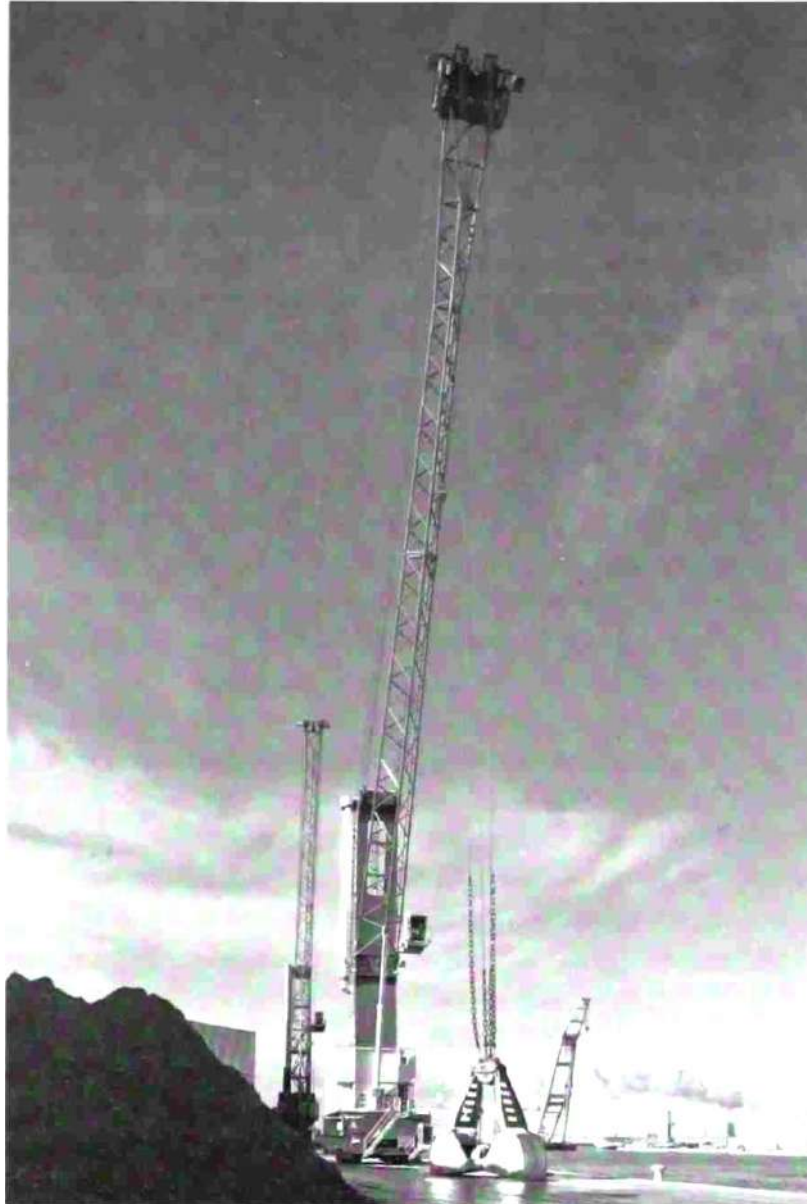


Рисунок 9.32 - Мобільний портовий кран Terex Gottwald Модель 6

Перший кран Terex Gottwald Модель 6, оснащений пристроєм зважування, введений в комерційну експлуатацію (рис. 9.32).

Фірма Terex Port Solutions нещодавно поставила свій 1500-й Terex Gottwald мобільний портовий кран G НМК 6407 В, Модель 6 з 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 – моделі 6 перетворився на флагман і бестселер для 5-го покоління кранів — варіант з чотирикранатним 40-тонним грейфером класифікації А8, 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 і 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.

9.6 Портальні крани з жорстким підвісом вантажу

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. 9.33).

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 вантажопідійомних 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 проти вагою. Зміна нахилу стріли здійснюється гідроциліндром. Хобот повертається відносно шарніра на голівці стріли гідроциліндром, шток якого закріплений на балці проти ваги, а провусини корпусу циліндра з'єднані із стрілою.

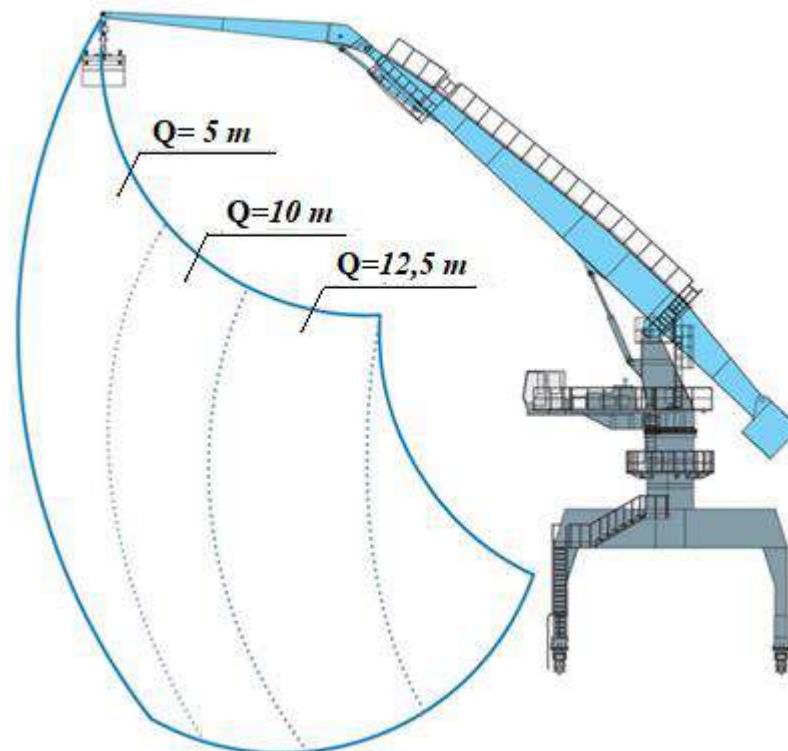


Рисунок 9.33 - Кран-маніпулятор балансний гідравлічний КМБ-240

Вантажозахоплюючі 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 крана в цілому.

9.6.1 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.9.34).

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 9.34 – Дволанкові порталні 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.

9.6.2 Крани-маніпулятори балансирні

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 вильоті стріли та економічності (рис. 9.35).

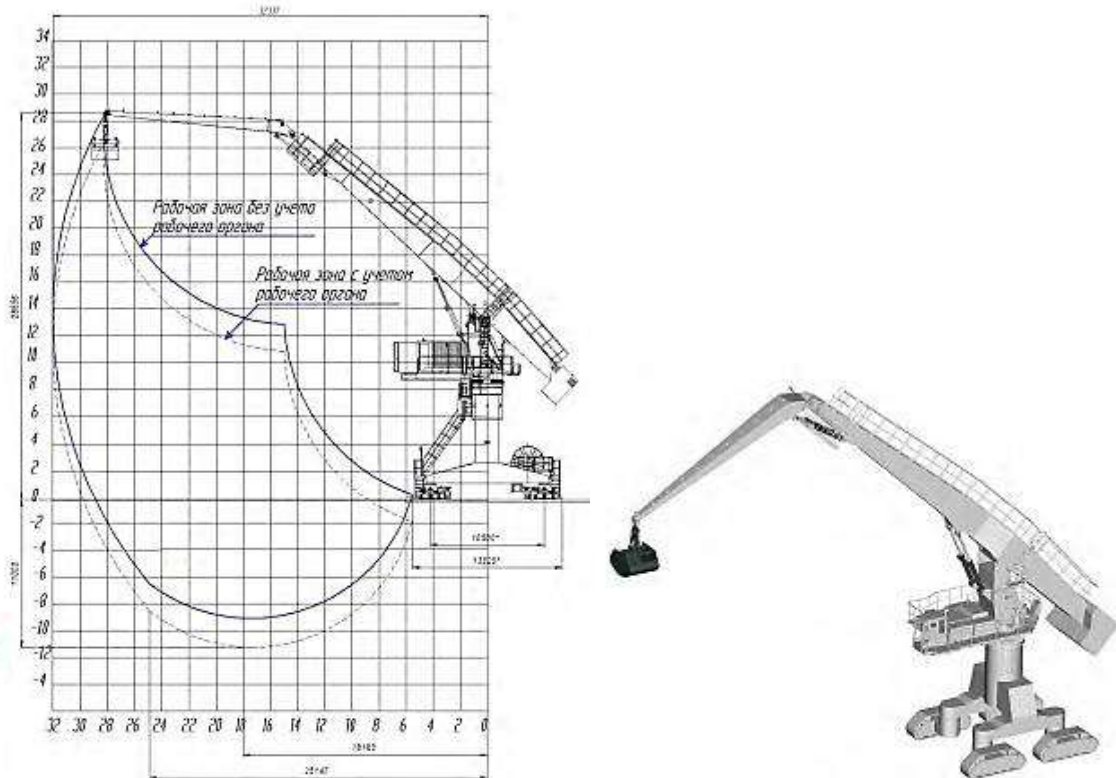


Рисунок 9.35 – Баланс-маніпулятори

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.

9.6.3 Баланс-крани

Портові вантажопідйомні машини традиційного типу (портальні, пневмоколісні і інші стрілові крани) - як і раніше основне перевантажувальне обладнання вітчизняних і багатьох зарубіжних портів, в першу чергу, за рахунок своєї універсальності що до типів перевантажуваних вантажів. У той же час триваючий процес старіння тих же порталних кранів обумовлює необхідність пошуку нових типів вантажопідіймальних машин, здатних ефективно переробляти певні категорії вантажів і звільняти від цієї роботи порталні крани.



Рисунок 9.36 – Баланс-крани в портах Європи

Якщо при перевантаженні будь-яких інших "сухих" вантажів перевага як і раніше віддається традиційним кранам з гнучким (канатним) підвісом вантажу, іншими словами - все тим же порталним і іншим стріловим краном, то протягом кількох останніх років серед зарубіжних виробників портового перевантажувального обладнання намітилася тенденція створення вантажопідійомних машин з так званим жорстким підвісом вантажу. Провідну позицію в цьому секторі кранобудування займає компанія KE Kranbau Eberswalde (табл.9.1).

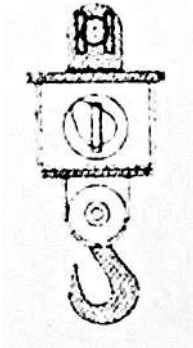
За термінологією виробника це баланс-крани (рис. 9.35). Здається більш відповідною є назва портові крани-маніпулятори за аналогією з бортовими кранами-маніпуляторами на автомобілях і спеціальних шасі.

Таблиця 9.1 – Баланс-крани серії ВК, що виготовляються на Kranbau Eberswalde

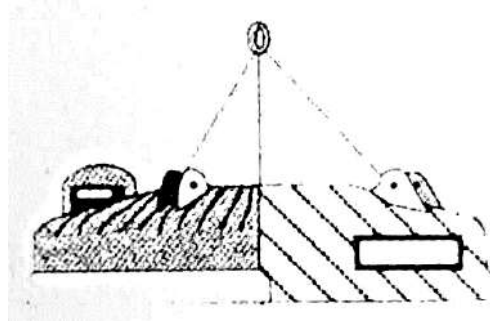
| Стандартні варіанти портових кранів-маніпуляторів Kranbau Eberswalde | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|
| Виліт стріли, м | 20,4 | 24,7 | 26,3 | 31,7 | 38,1 |
| Вантажопідійомність, т | 4 | 6 | 10 | 15 | 25 |

Фірма може виготовити крани з іншими параметрами, які задовільнять самого прискіпливого замовника.

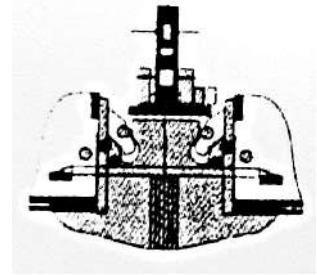
Всі гідравлічні, електричні і механічні компоненти кранів фірми Kranbau Eberswalde проходять всебічну перевірку, і багаторічний досвід показав стабільність їх якості та надійності в експлуатації. Ілюстрацією успіху на ринку кранів серії ВК фірми Kranbau Eberswalde служать фотографії їх роботи в портах різних країн (рис.9.36).



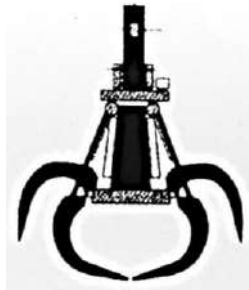
Гак



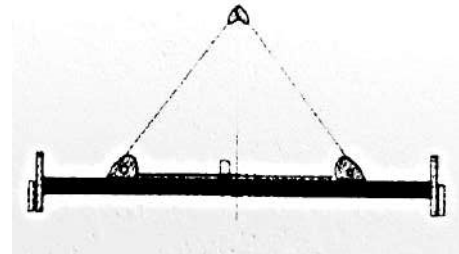
Магніт



Двощелепний моторний грейфер



Багатощелепний моторний грейфер



Спредер

Рисунок 9.37 – Вантажозахоплюючі пристрої баланс-кранів

Вантажозахоплюючі органи закріплюються безпосередньо на голівці хобота (рис. 9.37).

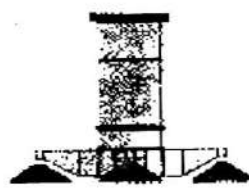
Крани можуть бути виготовлені з високими і низькими порталами, в стаціонарному виконанні, з механізмом пересування по рейках, з гусеничним або пневмоколісним ходом (рис. 9.38).



Низький портал. Гусеничний хід



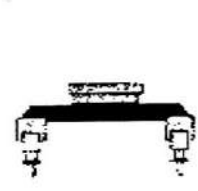
Гусеничний хід. Одноколіїйний високий портал



Гусеничний хід. Стационарний кран на опорах



Двоколіїйний високий портал. Пересування по рейках



Низький портал. На пневмоколісному ході

Рисунок 9.38 – Портали баланс-кранів

Крім того, крани ВК можуть бути виконані в причальному та плавучому варіанті (рис. 9.39).

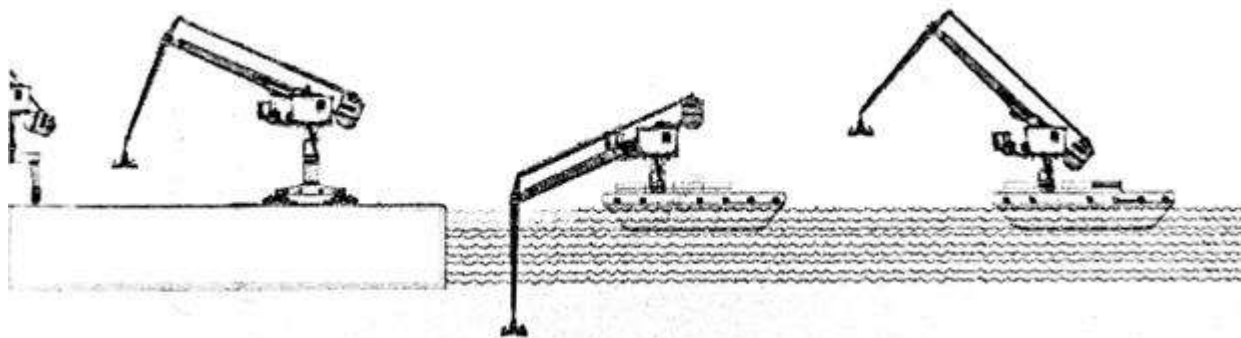


Рисунок 9.39 – Варіанти установки баланс-кранів

Відсутність канатного підвісу вантажу виключило вигин хобота і кручення стріли внаслідок бокового відхилення вантажу при обертанні крана, збільшило точність позиціонування і дозволило обертатися з частотою до 2 об/хв.

Висока продуктивність була досягнута завдяки вдосконаленій, висунутій на консолі вперед кабіні, що забезпечило повний огляд як вантажу, так і всієї ділянки роботи.

Комфортні умови роботи машиністу створюють кондиціонер, зручний пульт керування з джойстиком електропропорційного керування механізмами.

Збільшення продуктивності кранів серії ВК досягнуто і завдяки високій швидкості підйому вантажу - 100 м / хв, підвищеної точності позиціонування внаслідок виключення розгойдування вантажу, використання пристроїв розвороту вантажозахоплювального органа.

Залежно від побажання замовника регульовані насоси гідроприводу приводяться електромотором, що живиться від постової електромережі, або дизелем.

Економна витрата енергії, плавна і продуктивна робота досягнуті за рахунок електропропорційного керування і бортового комп'ютера. Бортовий комп'ютер дозволяє оптимізувати траєкторію переміщення вантажозахоплюючого органа та можливість автоматизації всього робочого циклу.

Простота техобслуговування, централізоване змащування, відсутність канатів, набагато менша запиленість під час обробки насипних вантажів, ніж при роботі класичних порталних кранів з грейфером, вже зробили цей тип машин звичним в портах Європи (рис.9.40).

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

Можна очікувати, що так само як бортові крани-маніпулятори витісняють з ринку автокрани, таке ж становище може встановитися і на ринку портових кранів-маніпуляторів - поступове витіснення ними портових порталних кранів. Не виключено появу кранів-маніпуляторів з триланковою шарнірнозчленованою стрілою, зі збільшеною до 10-15 м глибиною опускання вантажозахоплюючого органу нижче рівня причалу можуть ще більше потіснити на ринку класичні порталні крани.

Баланс-кран забезпечує урівноваження стрілової частини при її маніпуляції, а також можливість роботи вантажозахоплювачем нижче рівня встановлення крана (рис.9.40, 9.41).

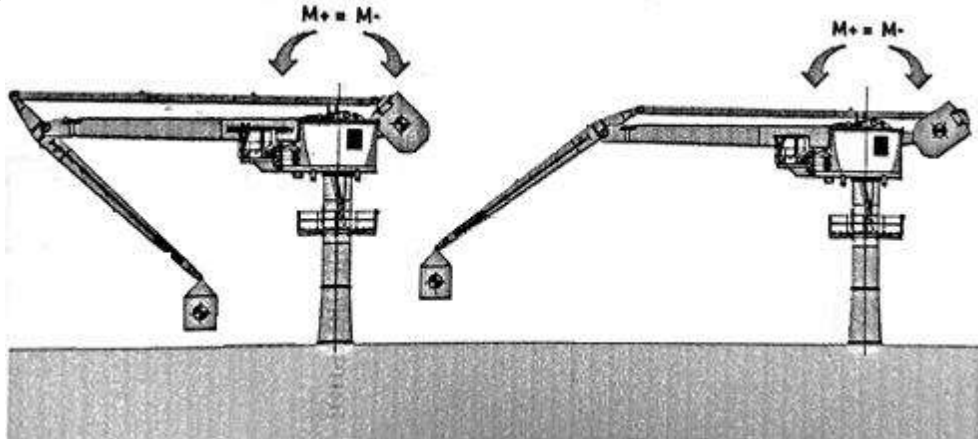


Рисунок 9.40 - Урівноваження стріли при її маніпуляції

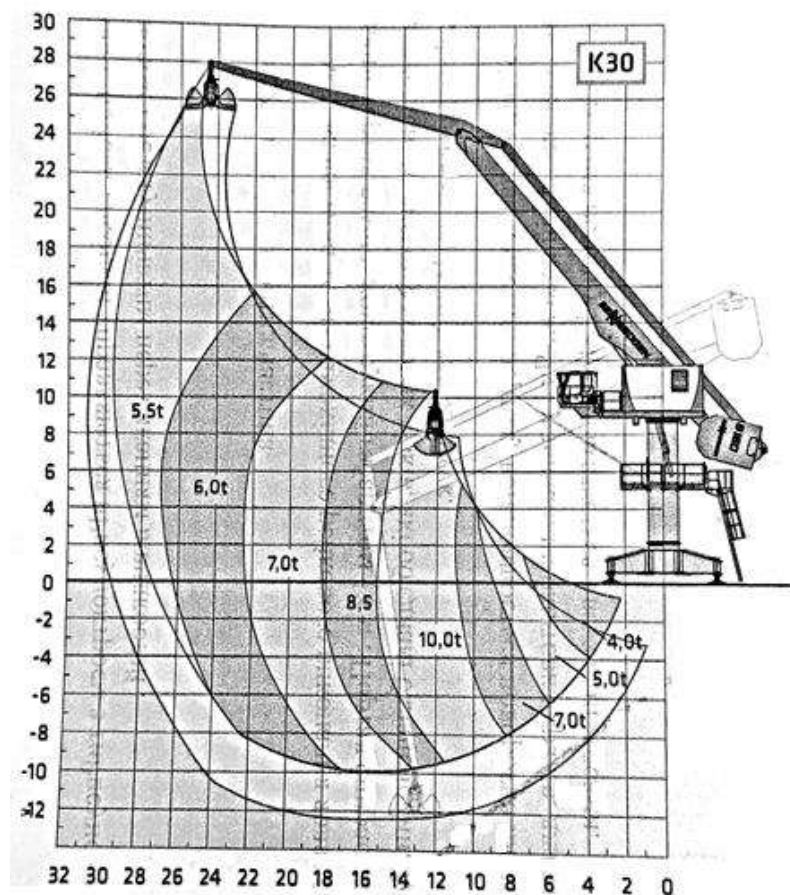


Рисунок 9.41 - Робоча зона баланс-крана



Рисунок 9.42 - Використання баланс-кранами багатощелепного та двощелепного грейферів

Таблиця 9.2 – Технічні характеристики баланс-кранів

| Тип крана | Вантажопідйомність, т | Виліт, м | Продуктивність, т/год |
|-----------|-----------------------|----------|-----------------------|
| BC 180 | 9/6 | 31 | 180 |
| BC 280 | 7,5/6 | 38 | 300 |
| BC 380 | 15/10 | 38 | 400 |
| BC 480 | 20/15 | 31 | 600 |
| BC 580 | 25/15 | 38 | 700 |

Баланс-крани особливо ефективні при перевантажуванні сипких або дрібнокускових матеріалів за допомогою однощелепних та багатощелепних грейферів (рис. 9.42).

У порівнянні з мобільними кранами баланс-крани мають великі виліт і вантажопідйомність. Завдяки різній конструкції порталу (рис.9.43) їх можна легко пристосувати до різних умов роботи, збільшуючи, наприклад, глибину опускання при розвантаженні суден і барж (табл.9.2).



Рисунок 9.43 - Кран «Пелікан» 380-38

9.7 Нова концепція портових кранів

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 («Gottwald» та ін.). Новацією є наявність у мобільному крані шасі, що відокремлюється (рис. 9.44).



Рисунок 9.44 – 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).

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

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.

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 «ARDELТ» (рис.9.19).

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.

Liebherr 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.

Gottwald 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, забезпечує роботу без жодних ризиків протягом життя крана. Для максималізації

довгострокової надійності крани забезпечені системою діагностики та технічного обслуговування.

На доводи Liebherr про значну перевагу дизель-гідравлічного приводу, Gottwald 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 Gottwald 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.

Liebherr, у відповідь на це, поставила за мету досягти «інтелігентної» економії палива вдосконаленням програмного керування, 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, 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 портальних 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 катострофічним збільшенням металоємності крана. Таким чином, у сучасних конструкціях оптимальною є пряма стріла (фірма "Liebherr", фірма "Gottwald"), де всі проблемні питання керування вирішуються електронними методами (рис. 9.45).

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 9.45 – Мобільні портові крани при виконанні різноманітних перевантажень

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, і забезпечує можливість легкої інтеграції в існуючу і плановану інфраструктуру терміналу.

Переваги:

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

Індивідуальні портальні 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.

Таблиця 9.3 – Характеристики сучасних мобільних портових кранів

| 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 грейфером.

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

Моделі також представлені такими типами:

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

ПАТ "ЗАПОРІЖКРАН" виготовляє такі типи портових кранів:

- порталні крани "МАРК" (рис.9.46);
- контейнерні перевантажувачі на пневмоколісному ході (RTG);
- контейнерні перевантажувачі на рейковому ході (RMG);
- причальні контейнерні перевантажувачі (STS).



Рисунок 9.46 - Портальні крани "МАРК"

Портальні крани "МАРК" важкого режиму роботи спроектовані спеціалістами компанії "Конекрейнс Украна" відповідно до найсучасніших міжнародних стандартів. Виготовлені із застосуванням привідних механізмів та систем керування виробництва Конесranes. 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 під'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 - портальні крани, що беруть свій початок всі 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 ХХ століття), змінного нахилу (підйомна), фіксованого нахилу з додатковим механізмом зміни вильоту (шарнірно-зчленована стріла).

Парк портальних кранів з повоєнного часу поповнювався двома шляхами: виготовлення на власних заводах та отримання кранів з імпорту. Як не сумно визнавати, але портальних 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, порівнянно з угорськими та німецькими.

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

10. БАШТОВІ КРАНИ

Баштовий кран (англ. Tower crane, фр. Grue à tour) — поворотний кран стрілового типу зі стрілою, закріпленою у верхній частині вертикально розташованої башти. У машинному парку пересувних кранів їх частка — близько 18% [24].

Перший прообраз баштових кранів сучасного типу з'явився ще в 1913 році. Кран, створений Юліусом Вольффом, мав поворотну платформу, розташовану у верхній частині башти. Через 15 років, в 1928 році, спроектований і створений перший баштовий кран з балочною стрілою, а в 1952 році — з підйомною.

Баштові крани на будівельних майданчиках країни почали застосовувати в радянські часи, в роки перших п'ятирічок.

Конструкції кранів постійно покращувалися, з'являлись нові моделі, покращувались характеристики, розширювалась область використання баштових кранів. Якщо перші крани мали вантажопідйомність – від 0,5 т до 1,5 т, з висотою підйому – від 20 до 30 м, то до 1980 року з'явилися крани вантажопідйомністю – до 50 т, з висотою підйому – до 150 м. У період з 1976 до 1980 роки з'явилися крани п'ятої і шостої розмірних груп (КБ-504, КБ-674, КБ-675, КБ-676), які мали більш високі технічні характеристики. У середині 1980 років у країні почалась підготовка до розробки ряду модульних кранів (КБМ-301, КБМ-401, КБМ-571).

Баштові крани за призначенням розподіляються на:

- крани для цивільного та промислового будівництва (рис.10.1);
- крани для промислового будівництва(рис.10.2);
- висотні крани (самопідйомні, повзучі і приставні) (рис.10.5, 10.6);
- крани-навантажувачі для складів, баз та полігонів(рис.10.3);
- монтажні крани (рис.10.2).



а) кран ґратчастої конструкції; б) кран з монотруб;
в) баштовий кран КБ-401

Рисунок 10.1 - Баштові крани для цивільного та промислового будівництва



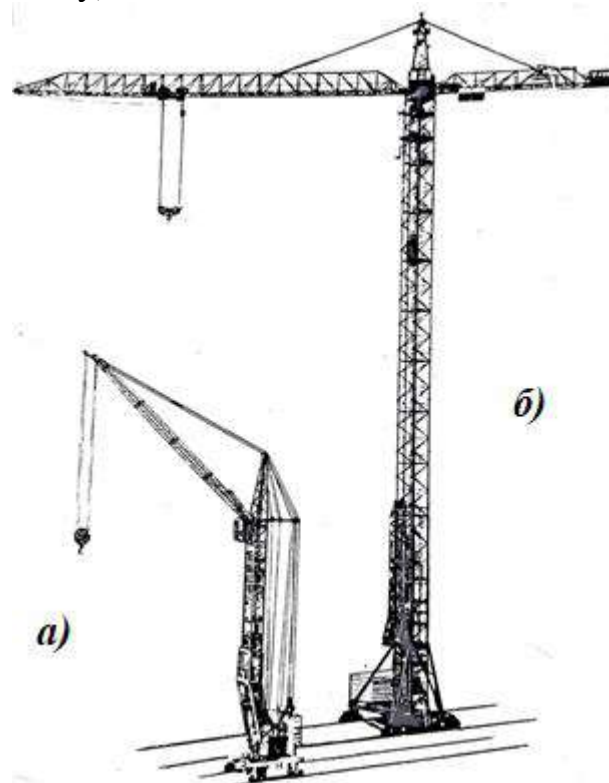
Рисунок 10.2 - Баштовий кран «Кролл»



Рисунок 10.3 - Кран-перевантажувач

По наявності переміщення баштові крани бувають:

- пересувними (рис.10.4) (самохідні, причіпні);
- стаціонарними (рис.10.5) (приставні, універсальні);
- самопідйомними (рис.10.6) (встановлюються на каркасі споруджуваного будинку).

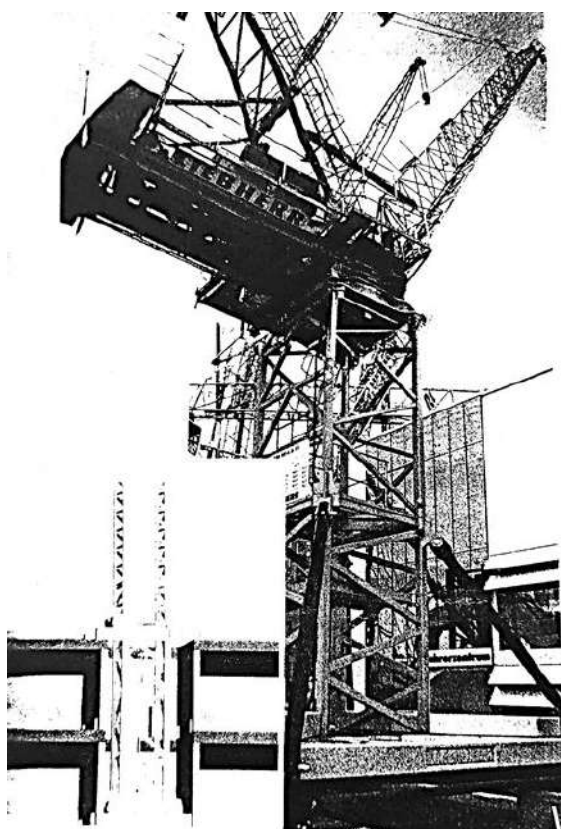


а) з поворотною баштою та підйомною стрілою; б) з неповоротною баштою та стрілою балкового типу

Рисунок 10.4 - Пересувні баштові крани



Рисунок 10.5 - Приставний кран, прикріплений до будівлі



а)



б)

Рисунок 10.6 - Самопідйомні крани на будівництві нового ВТЦ, м. Нью-Йорк

По типу ходової частини баштові крани поділяють на:

- автомобільні;
- пневмоколісні;
- гусеничні (рис.10.7);
- рейкові (рис.10.8);

- крокуючі;
- шасі автомобільного типу.

За конструктивними особливостями, також виділяють дві групи кранів: «класичні» баштові крани (з оголовком вежі) (рис. 10.16) і безоголовкові (рис. 10.10). Крім того, випускаються швидкомонтуемі крани (рис.10.31), збирання яких здійснюється в мінімально короткі терміни, без верхолазних робіт та допоміжної техніки.



Рисунок 10.7 - Баштовий кран на гусеничному ході

Окремо стоять баштові крани для гідротехнічного будівництва (рис. 10.8, 10.9).



Рисунок 10.8 - Триопорний баштовий кран БК 1000

На будівництві кінцевої частини автосту через шлюзи запорізького гідрокаскаду (рис.10.8) працював триопорний баштовий кран БК 1000.



Рисунок 10.9 - Кран для гідротехнічного будівництва

Конструктивно баштовий кран складається з таких основних частин: башта, робоча стріла, опорна частина, опорно-поворотний пристрій, кабіна кранівника.

Для виконання основних операцій, кран оснащується відповідними механізмами: лебідками, блоками і поліспастиами.

Башта крана має телескопічну конструкцію, або ґратчасту, двох типів – поворотну і неповоротну. При великій висоті вона може бути нарощуваною зверху і підрощуваною знизу. Як основний вантажозахоплюючий орган застосовується гакова підвіска. Такі крани, в основній масі, виготовляються в пересувному виконанні на рейковому полотні, а їхня конструкція дає змогу швидко здійснювати монтаж, демонтаж та подальше транспортування кранів на інші об'єкти.

Крани для висотного будівництва виконуються в приставному виконанні (рис.10.5). Конструкція такого крана спирається на землю і на каркас будівлі, що зводиться (за допомогою відтяжок).

Основне виконання кранів, використовуваних при будівництві висотних будівель і споруд, - стаціонарне приставне. Воно відповідає всім вимогам будівників: кран розташовують на невеликій відстані (2-12 м) від будівлі, що зводиться, встановлюється на бетонний фундамент. Все це дозволяє кранівнику контролювати ситуацію на будівельній частині і в місцях перевантаження. Кріпиться такий кран, традиційно, до споруджуваного будинку, що дозволяє йому нарощувати башту і переміщувати вантажі на висоту до 120-150 м. До недоліків стаціонарного приставного виконання можна віднести необхідність нарощувати висоту башти крана стандартними секціями по мірі росту будівлі (це приводить до значного подорожчання крана). Незнімний бетонний фундамент в місці встановлення крана може створити масу незручностей в майбутньому при прокладанні інженерних мереж. Також доводиться постійно виконувати кріплення крана до будівлі, що створює складності при виконанні фасадних робіт, а також зайві навантаження на будівельну частину. Стріла крана або його контр стріла виступає далеко за межі будівельного майданчика, що не у всіх випадках допустимо. Велика кількість часу витрачається в цілому на монтаж, нарощування і подальший демонтаж даного крана.

До кранів для висотного будівництва відносять також і самопідйомні крани (повзучі) (рис.10.6). Це є альтернативним рішенням, яке вже десятки років широко використовують зарубіжні будівельні компанії, що спеціалізуються на зведенні хмарочосів – це самопідйомні баштові крани (self-climbing, internal climbing tower crane) – застосовувані як з горизонтальною (балковою) так і підйомною стрілою (lifting crane). Крани цього типу встановлюються на конструкціях будівлі, що зводиться, а потім за допомогою власних механізмів періодично переміщуються вертикально вгору на один або кілька поверхів по мірі зростання будівлі. В споруджуваних монолітних будівлях самопідйомний кран спирається на спеціальні вікна, передбачені в стінах ліфтових шахт. При зведенні збірних залізобетонних

будівель, опорою для крана є осередки (металевого або залізобетонного) каркаса будівлі. Підйом крана може здійснюватися лебідкою, розташованою біля основи башти, або спеціальним гідравлічним механізмом. Перевагами цього виду баштових кранів є: можливість роботи на косогорах і в обмежених умовах, а також здатність забезпечити будівництво будівлі зі складною конфігурацією (в плані) одним краном. Переваги використання даного виконання крана очевидні. Конструктивна маса самопіднімального крана істотно менше, ніж маса приставного, що впливає в першу чергу на вартість механізму. Ціна такого крана суттєво нижче, ніж вартість традиційного приставного баштового крана, приблизно на 40-60%. Крім цього, знижуються навантаження на опорний фундамент, що в свою чергу, дозволяє вибрати мінімальний по масі і габаритам тип фундаменту. Вантажна лебідка самопідйомного крана з барабаном підвищеної канатоємності дозволяє переміщувати вантажі на висоту до 300 м.

Самопіднімальний кран економить вільне місце будівельного майданчика. У звичайному випадку фундамент для встановлення крана займає від 25 до 50 м², при встановленні крана на підкранові шляхи місце, що зайнято підкрановими балками і металоконструкціями пересувної частини, складає 100 м². Самопіднімальний баштовий кран своєю стрілою ефективніше накриває пляму забудови. Робоча зона крана зміщується в вертикальній осі висотної будівлі або майже співпадає з нею. Основні операції кран виконує «під собою». Завдяки цьому можна використовувати крани меншої вантажопідйомності.

Так, нещодавно здійснювалися розрахунки по створенню крана для спорудження об'єкту висотою близько 1000 м – башти-основи для енергетичної установки в пустелі в Австралії.

При створенні великих програм випуску кранів використовується в основному модульний принцип, який дозволяє гнучко додавати базовий модуль, що забезпечує оптимальну відповідність крана конкретній задачі. Випускаються крани на нерухомій або рухомій основі, на рейках, на колісному або гусеничному шасі з різноманітним конструктивним виконанням стріл (балковою, підйомною, ламаною стрілою, складною стрілою для бетоноукладачів, телескопічною стрілою). Одним з основних обмежень такого крана (по висоті) є канатоємність лебідки, а головним недоліком — складність демонтажу після завершення будівництва.

Спеціальні крани-навантажувачі (рис.10.3) виконуються на базі і з використанням вузлів кранів загального призначення.



Рисунок 10.10 - Безоголовковий баштовий кран

Одним з перспективних напрямів в конструюванні кранів є пристосування так званої «молотоподібної» стріли (кран без оголовка виробництва фірм «LIEBHERR», «POTAIN», «COMEDIL» та інш.). Як робоча стріла баштового крана, може бути застосована молотоподібна (рис.10.10) або підвісна стріла (з жорстким розчалом у вигляді окремих тяг, або на гнучкій канатній підвісці) (рис.10.11, 10.12). Конструктивно стріла може являти собою балочну, підйомну або комбіновану шарнірно-зчленовану конструкцію, виконану з труб (малого чи великого діаметра) (рис. 10.13), гнutoго профілю або кутників (рис. 10.14). Стріли кранів виготовляються секційними, що спрощує збирання і транспортування їх, а також забезпечує універсальність виконань.



Рисунок 10.11 - Поворотна частина крана з оголовком



Рисунок 10.12 - Балочна стріла з вантажним візком

Стріла балочного типу (рис.10.12) являє собою стрижневу металоконструкцію з квадратним, трикутним, або прямокутним поперечним перерізом. По нижніх поясах стріли (уздовж всієї стріли) переміщується вантажний візок. Стріла може встановлюватися горизонтально, або під кутом (від 30° до 45°). У разі встановлення під кутом, візок може бути переміщуємий уздовж поясів стріли, або жорстко закріпленим на її кінці.

Виліт такої стріли змінюється шляхом переміщення візка з підвішеним вантажем по напрямних балках нерухомо закріпленої стріли.



Рисунок 10.13 - Підйомна стріла з труб



Рисунок 10.14 - Підйомна стріла з кутиків

Підйомна (маневрова) стріла (рис.10.13, 10.14) являє собою просторову стрижневу металоконструкцію з квадратним, трикутним, або прямокутним поперечним перерізом. Конструкція прикріплена за допомогою опорного шарніра до башти. На кінці стріли розташовані блоки. Вантаж при цьому постійно підвішений до гакової підвіски, блоки якої через канатний поліспаст зв'язані з блоками, що знаходяться на кінці стріли. Стріла цього різновиду встановлюється похило до горизонту. Шляхом її підйому на потрібний кут нахилу з підвішеним до гака вантажем змінюється виліт гака.

Переваги цього типу стріл – простота конструкції. У порівнянні з кранами, забезпеченими балочними стрілами, підйомні стріли демонструють кращу маневреність в обмежених умовах і більш технологічні і зручні у виготовленні і експлуатації. При рівних характеристиках, такий баштовий кран легше (приблизно на 20%), ніж кран з балочною стрілою.

Недоліки – при зміні вильоту, стріла не має можливості горизонтально переміщувати вантаж, а горизонтальна швидкість переміщення вантажу при цьому буде невисокою і нерівномірною. Крім того, стріли цього різновиду не дозволяють охопити з одної стоянки крана всю зону обслуговування, наприклад, поблизу вежі самого крану.

Шарнірно-зчленована стріла належить до типу комбінованих, має форму ламаної лінії. Вона конструктивно складається з двох частин – основної (кореневий) і головної. Головна частина називається гусаком. Кран, оснащений такою стрілою має дві гакові підвіски. Виліт шарнірно-зчленованої стріли змінюється або підйомом всієї стріли, або сполученням рухів по підйому з подальшим переміщенням уздовж стріли вантажного візка. Стріли

цього різновиду застосовуються для збільшення висоти підйому крана і вильоту гака.

Башта крана являє собою телескопічну (коробчасту, трубчасту, монотрубну), або ґратчасту конструкцію, виконану з кутиків або з труб малого діаметра.

За способом повороту, башта крана може бути:

- неповоротною (з неповоротною баштою і поворотним оголовком);
- поворотною (з поворотною платформою або з поворотною баштою).

За способом збирання, башти кранів можуть виконуватися нерозбірними, розбиратися на землі (телескопічні та складні), підрощувані знизу і нарощувані зверху.

Опорно-поворотний пристрій поворотного крану з поворотною платформою розміщено внизу, безпосередньо на опорній частині крану або на порталі.

До поворотної частини відноситься поворотна платформа з розміщеними на ній робочими механізмами крана: вантажною і стріловою лебідками, механізмом повороту. Крім того, на платформі встановлюються плити противаги, башту з оголовком, розпіркою і стрілою.

У кранів з неповоротною баштою опорно-поворотний пристрій розміщено у верхній частині конструкції башти. Для можливості переміщення вантажів по дузі на башті встановлений поворотний оголовок, до якого для врівноваження стріли кріпиться противовагова консоль з контрвантажем. Робочі механізми встановлюють на противоваговій консолі.

Сучасні баштові крани з неповоротною баштою мають вантажопідйомність більше 10 т. Збільшена вантажопідйомність і висота підйому вантажу призводять до великої загальної маси, що ускладнює створення кранів з опорно-поворотним пристроєм в нижній частині машини.

Головна перевага пересувних кранів з неповоротною баштою — можливість їх переобладнання в приставні крани, які є багатофункціональними і можуть виступати на малій висоті як пересувні, а при збільшенні висоти – як стаціонарні приставні.

Приставні баштові крани не мають ходового пристрою. Переміщення пересувних баштових кранів по майданчику здійснюється за допомогою ходового пристрою, в основному, рейкового типу.

Башти кранів виконуються з оголовком або без оголовка. На баштах з оголовком встановлюються підйомні або балочні стріли, на баштах без оголовка можуть бути встановлені тільки балочні стріли.

Ці крани агресивно витісняють крани з оголовком башти. Наприклад, СТТ721-40 Тегех на кінці стріли при вильоті 85 м підіймає 4 т і на цій же стрілі на вильоті 23 м підіймає 20 т.

Цей кран спочатку створювали виходячи з можливості транспортування всіх його модулів в контейнерах. Це повністю відповідає сучасним тенденціям до перевезення все більшої кількості вантажів контейнерами. Таким чином,

можна сказати, що до безперечних переваг кранів Flat-top відносяться простий і швидкий монтаж і оптимальні транспортні об'єми.

Поворотна частина тут важче за рахунок застосування посилених (у зрівнянні з класичними баштовими кранами) стріл. Справа в тому, що прогин стріли баштового крана з оголовком башти під навантаженням проявляється тільки на консолі від місця кріплення відтяжок до стріли. В крана Flat-top для зменшення прогину стріли доводиться робити її ступінчастою, збільшуючи її перетин до основи, що призводить до збільшення маси стріли порівняно з класичною підвіскою стріли баштового крана і деякому падінню вантажної характеристики порівняно з класичними кранами.

Застосовується два види секцій башти для одного і того ж типрозаміру. Один-два варіанти з самонарощуванням башти. Це виконання легко впізнається по наявності підсилюючих К-подібних розкосів (діагоналів) на бокових фермах. Інший вид секції без самонарощування башти не має цих К-подібних розкосів. Вигода тут – менша вага таких секцій і вежі в цілому.

До основних параметрів баштових кранів, пов'язаних з параметрами зведених будинків і споруд, слід віднести вантажний момент, виліт, вантажопідйомність і висоту підйому.

Рейковий ходовий пристрій являє собою сталеві колеса з ребордами, об'єднані в ходові візки, які спираються на підкранові шляхи. Залежно від навантаження, ходовий візок може об'єднувати від чотирьох до 32 коліс. Якщо баштовий кран має вісім (і більше) ходових коліс, то їх об'єднують за допомогою балансирів у візок, який називається балансирним. Навантаження від крана в цьому випадку рівномірно розподіляється між усіма колесами.

Ходові візки підрозділяються на привідні і невідні (ведучі та ведені). Розташування привідних візків може бути як одностороннім (обидві на одній рейці), так і двостороннім (по діагоналі) — на різних рейках кранового шляху. У випадку двостороннього розташування візків, переміщення крана більш плавне. Однак, у двостороннього розташування є недолік – при русі по криволінійних ділянках колеса, що переміщуються по внутрішній рейці, пробуксовують і швидше зношуються.

Крокуючий ходовий пристрій використовується у важких баштових кранах, що працюють на слабких ґрунтах. Такий ходовий пристрій поєднує в собі як елементи рейкового ходового пристрою, так і крокуючого. Опорою для такого крана є опорний башмак, з'єднаний з ходовою платформою, а для переміщення використовуються ходові колеса. Переміщення крокуючого крана полягає в поперемінній перестановці опорних частин в напрямку руху.

Пересування крокуючого крану здійснюється наступним чином:

- опорний башмак крану разом з ходовою платформою піднімаються над поверхнею, після чого рама пересувається вперед;

- ходова платформа крану опускається на поверхню, а опорний башмак знову піднімається над землею;

- кран за допомогою ходових коліс переміщується вперед уздовж ходової рами на величину кроку, а опорний башмак опускається на землю.

Опорні поверхні крокуючих кранів можуть бути також виконані у вигляді центральної опорної плити і двох лиж. У цьому випадку переміщення крану здійснюється за допомогою кривошипно-шатунних механізмів, або гідравлічних домкратів, штоки яких прикріплені на шарнірах до опорної плити.

Баштові крани на автомобільному, пневмоколісному і гусеничному шасі виконуються на основі самохідних кранів стрілового типу. Як робоче стрілове обладнання застосовуються пристрої у вигляді підйомної стріли або стріли балочного типу з переміщенням уздовж неї вантажним візком.

Баштові крани мають широке застосування.

Основними провідними машинами в будівництві є баштові крани (БК). Вони призначені для механізації будівельно-монтажних робіт, забезпечуючи до 98% всіх підйомно-транспортних робіт при монтажі будівель і споруд, а також широко використовуються в різних видах вантажно-розвантажувальних робіт.

До переваг баштових кранів відноситься оптимальне поєднання переміщень піднятого на будь-яку висоту вантажу по вертикалі і горизонталі в будь-яку точку будуємого об'єкта. У зв'язку з цим потреба в баштових кранах у всіх країнах світу збільшується з кожним роком.

Будівельні баштові крани, застосовують при цивільному (сільському і міському), промисловому і гідротехнічному будівництві, при монтажі будівель, споруд та технологічного обладнання, а також для подачі будівельних матеріалів.

Будівельні крани для висотного будівництва застосовуються для зведення багатоповерхових цивільних і промислових будівель і споруд великої висоти (до 150 м і більше).

Суднобудівні і добудовчі баштові крани забезпечують збирання корпусів суден на стапелях суднобудівних заводів та добудову їх після спуску на воду. Перші називаються стапельними, а другі — добудовчими.

Баштові крани випускаються двох типів: напівсамохідні (за термінологією виготовлювача) і рейкові самохідні.

Напівсамохідні крани представляють собою гратчасту металоконструкцію, башта якої встановлюється на низькому порталі. Портал крану має рамну конструкцію. Кран обладнаний стрілою гратчастого типу, яка шарнірно закріплена на башті. У робочому положенні кран стоїть на 4 гвинтових опорах, які стаціонарно закріплені на порталі.

Пересування такого крана здійснюється на задній колісній парі, яка закріплена на рамі порталу. При цьому спереду підставляється вузько розташована колісна пара з тяговою балкою, яка з'єднана з тяговим гаком буксируючого транспортного засобу.

З рейкових самохідних кранів, що застосовуються в Україні, найпотужнішим є кран марки К-10000. В Україні К-10000 («Кролл») застосовувався в енергетичному будівництві — при зведенні атомних електростанцій.

Крани-навантажувачі застосовуються для виконання вантажно-розвантажувальних і складських робіт з підйому і переміщення будівельних виробів, конструкцій і вантажів на відкритих складах, полігонах будіндустрії, а також будівельних майданчиках. Конструктивно відрізняються від решти баштових кранів заниженою баштою. Стріла у кранів-навантажувачів — балочна, з вантажним візком.

Монтаж і демонтаж баштових кранів здійснюють згідно з інструкцією, правилами техніки безпеки та ДНіП. Етапи можуть відрізнятися для різних типів башт і моделей кранів.

Транспортування баштових кранів здійснюється автотранспортом. Може здійснюватися окремими вузлами стандартним автотранспортом, в залежності від місцевих умов, характеристики транспортних засобів і вимог ДАІ. При цьому керуються «Правилами дорожнього руху» та інструкцією по монтажу.

При перевезенні водним транспортом, керуються ДНіП та «Правилами техніки безпеки і виробничої санітарії на вантажно-розвантажувальних роботах у портах і на пристанях» Міністерства Річкового флоту.

При перевезенні по залізниці кран повинен бути розібраним на окремі укрупнені вузли, розміщення і кріплення яких на залізничних платформах і піввагонах повинно здійснюватися у відповідності з кресленнями і розрахунками кріплення, затвердженими в установленому порядку. При цьому керуються «Технічними умовами навантаження і кріплення вантажів».

10.1 Конструкції будівельних баштових кранів

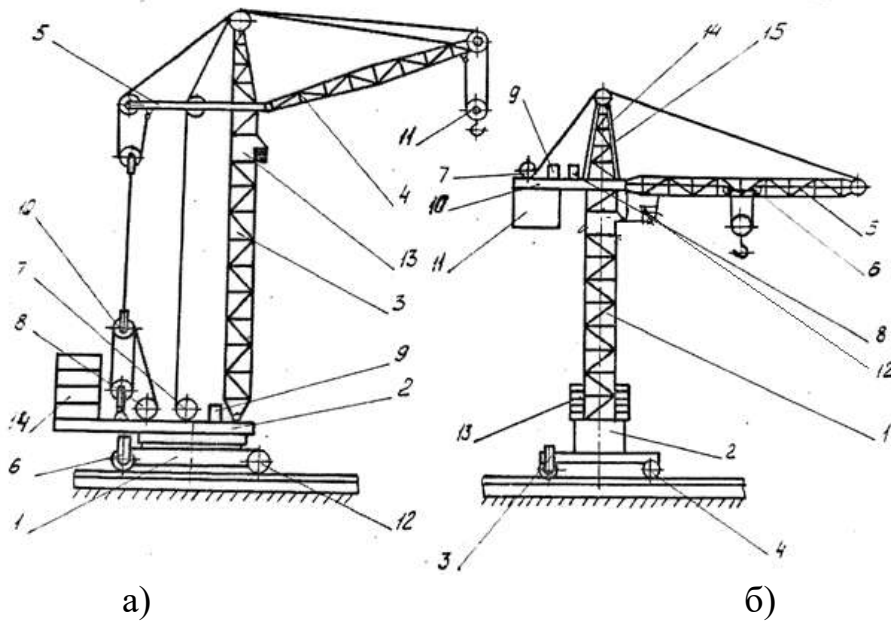
Баштовий кран - найбільш поширений тип вантажопідйомних машин, вживаних в цивільному і промисловому будівництві.

Різноманіття моделей баштових кранів відрізняється конструктивними рішеннями і технологічними можливостями, їх використання обумовлено характером зміни вантажопідйомності і висоти гака в залежності від вильоту стріли, конструкцією кранової будівлі, способом пересування кранів, а також методом їх монтажу і демонтажу.

Баштовий кран представляє собою Г-подібну поворотну стоячу конструкцію, у якій стріла прикріплена до верхньої частини. Така конструкція дає великий підстріловий простір, можливість обслуговування декількох об'єктів або майданчиків з однієї стоянки, простоту переміщення крану по підкрановим коліям, хороший огляд майданчика кранівником та інш.

До недоліків слід віднести значну кількість і трудомісткість монтажу, демонтажу, перебазування і встановлення підкранових колій.

Конструкції найбільш поширених баштових кранів приведені на рис.10.15.



а) з поворотною баштою; б) з неповоротною баштою

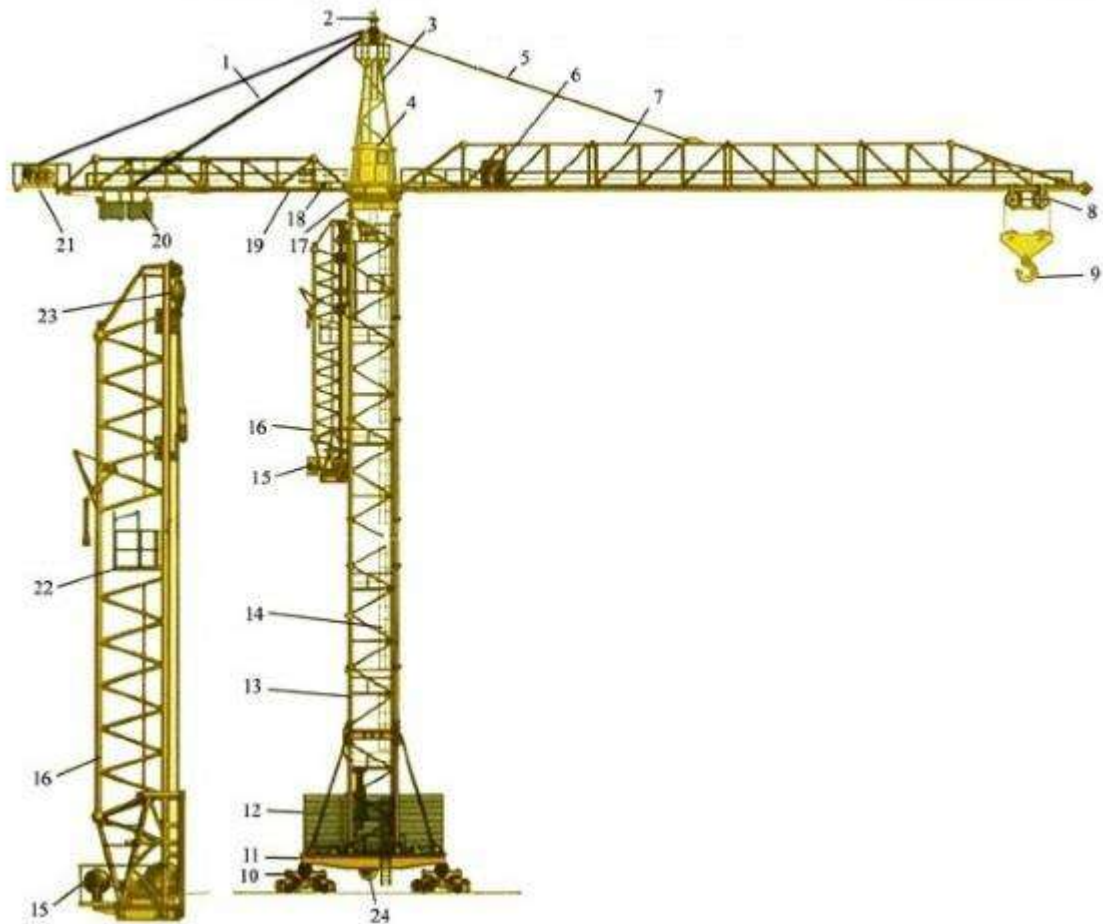
Рисунок 10.15 - Баштові крани

Кран з поворотною баштою (рис.10.15, а) складається з неповоротної рами 1, поворотної рами 2, башти 3, стріли 4, підстрілка 5, механізму пересування крана 6, механізму підйому вантажу 7, механізму зміни вильоту стріли 8, механізму повороту 9, стрілового поліспада 10, гакової підвіски 11, непривідних ходових візків 12, кабіни кранівника 13, баласта 14.

Баштовий кран з неповоротною баштою (рис.10.15, б) складається з башти 1, портала 2, привідного 3, непривідного 4 ходових візків, стріли 5 з вантажним візком 6, механізму підйому вантажу 7, механізму пересування вантажного візка 9, механізму повороту крана 8, противагової консолі 10 з противагою 11, кабіни кранівника 12, баласта 13, неповоротного 14 і поворотного 15 оголовків.

Баштові крани з поворотною баштою більш стійкі, так як їх центр ваги розташовано нижче, а згинаючий момент, що діє на башту від ваги консолі і підіймаємого вантажу, компенсується відповідним запасуванням канатів.

Схема широковикористовуемого промислового баштового крана приведена на рис. 10.16



- 1 – тяга; 2 – анемометр; 3 – оголовок вежі; 4 - кабіна керування; 5 – тяга;
 6 - лебідка пересування вантажного візка; 7 – стріла; 8 - вантажний візок;
 9 - гакова підвіска; 10 – ходові візки; 11 – рама; 12 – баласт; 13 – вежа;
 14 – сходи; 15 - лебідка монтажної стійки; 16 – монтажна стійка; 17 - опорно-
 поворотний пристрій; 18 - лебідка пересування противаги; 19 - консоль
 противажна; 20 - пересувні противаги; 21 - вантажна лебідка;
 22 – майданчик; 23 - поліспаст; 24 - кабельний барабан

Рисунок 10.16 - Баштовий пересувний кран з неповоротною вежею та балочною стрілою

10.2 Конструктивні особливості баштових кранів

10.2.1 Канатний привід обертання баштового крана

Механізми повороту баштових кранів бувають як канатного, так і зубчастого типу. Перші з них є більш старими та простими по конструкції. Канатні механізми повертання вимагають використання реверсивних лебідок будь-якого типу, але застосовуються в наш час рідко в першу чергу тому, що щоглово-стрілові крани, де вони переважно використовувались, вийшли з використання, а також і тому, що складно досягти плавності обертання поворотної частини із-за пружного витягування поворотного каната (рис.10.17).

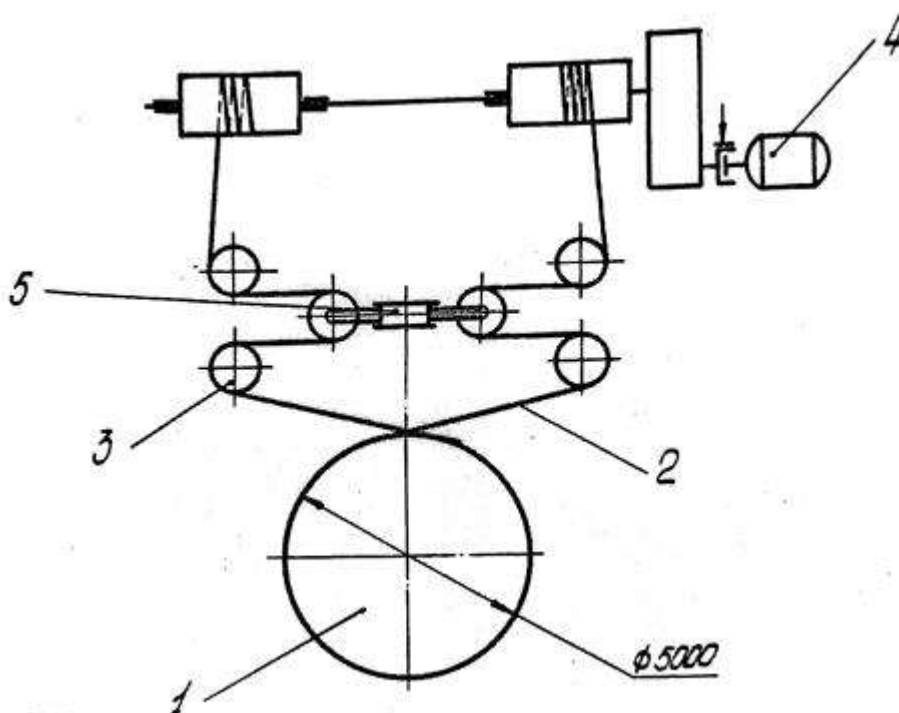


Рисунок 10.17 – Канатний привід обертання баштових кранів

Для забезпечення нормального навівання каната на барабан потрібне значне віддалення лебідки від колони, що робить ці пристрої практично непридатними, але в деяких типах важких баштових кранів такі пристрої використовуються. Конструктивно поворотні пристрої канатного типу виконуються у вигляді круга, що кріпиться до колони 1 із залізобетонним ободом і каната 2, огинаючого круг в 1,5-2 оберти. Вільні кінці каната крізь обвідні блоки 3 навіваються на барабани поворотної реверсивної лебідки 4 в протилежних напрямках. Обертання барабанів відбувається від електродвигуна крізь з'єднуючу муфту з гальмом і редуктор.

Для передбачення проковзування канату відносно поворотного круга виконується натяжний пристрій 5, або канат виконується розрізним і кожна гілка кріпиться до поворотного круга за допомогою гвинтового затиску.

10.2.2 Механізм зміни вильоту

При роботі стрілових кранів важливо досягти горизонтальності переміщення вантажу при зміні вильоту. Сполучення поліспаств двох основних механізмів крана до деякої міри задовольняє цим вимогам.

Застосування спеціальних засобів дозволяє отримати приблизно горизонтальне переміщення вантажу у кранів зі зміною вильоту шляхом нахилу стріли. Отримати це можливо двома способами: шляхом зв'язку між лебідками стрілопідйомного і вантажопідйомного механізмів або шляхом зв'язку між стріловим і вантажним поліспадами (рис.10.18).

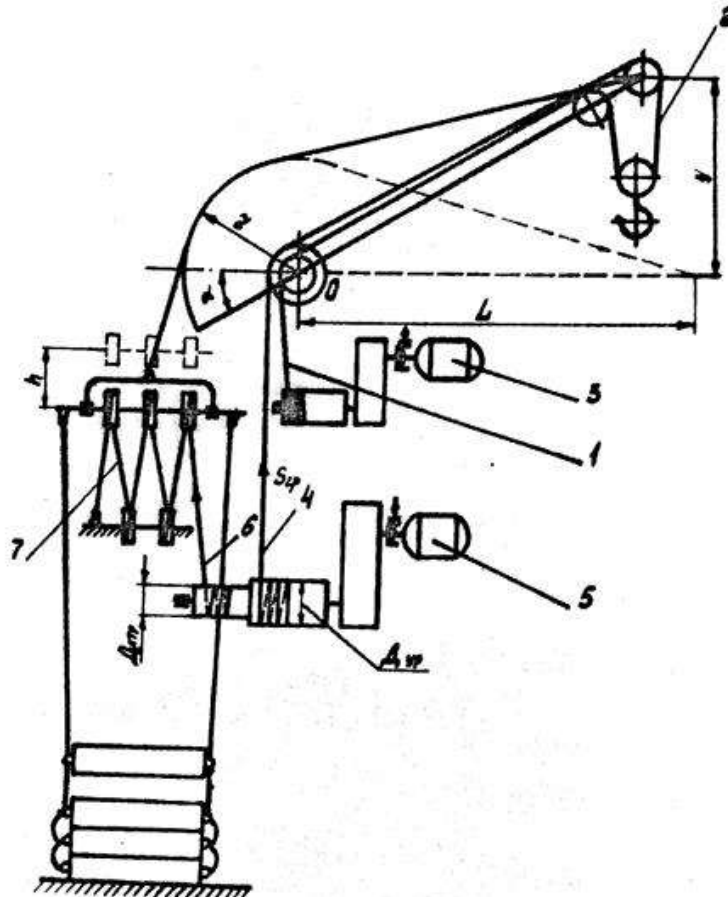


Рисунок 10.18 – Механізм зміни вильоту

Одна кінцева гілка *1* вантажного поліспада *2* навивається на барабан лебідки механізму підйому *3*. Інша кінцева гілка *4*, яка у звичайних конструкціях кріпиться до стріли, в цій схемі навивається на барабан стрілопідйомної лебідки *5* у напрямку протилежному намотуванню кінцевої гілки *6* стрілопідйомного поліспада *7*. Таким чином, при підйомі стріли відбувається навивання стрілопідйомного каната на барабан, а вантажний канат буде змотуватись з барабана, при опусканні стріли.

Відповідним підбором кратностей поліспаств при конкретних параметрах крану (довжині стріли, координатах п'яти стріли та інш.), а також підбором діаметра і конфігурації барабана стрілопідйомної лебідки можна

забезпечити майже горизонтальне пересування вантажу при зміні вильоту стріли.

Крани з подібними механізмами зміни вильоту маневреніші кранів з візками, що пересуваються по стрілі, і забезпечують більшу висоту.

10.2.3 Поліспасти змінної кратності

При експлуатації баштових кранів часто виникає технологічна потреба в змінній кратності підйомного поліспада.

Кратність поліспада у більшості кранів дорівнює двом при одинарному закріпленні на барабані. Пропонуються поліспасти із змінною кратністю.

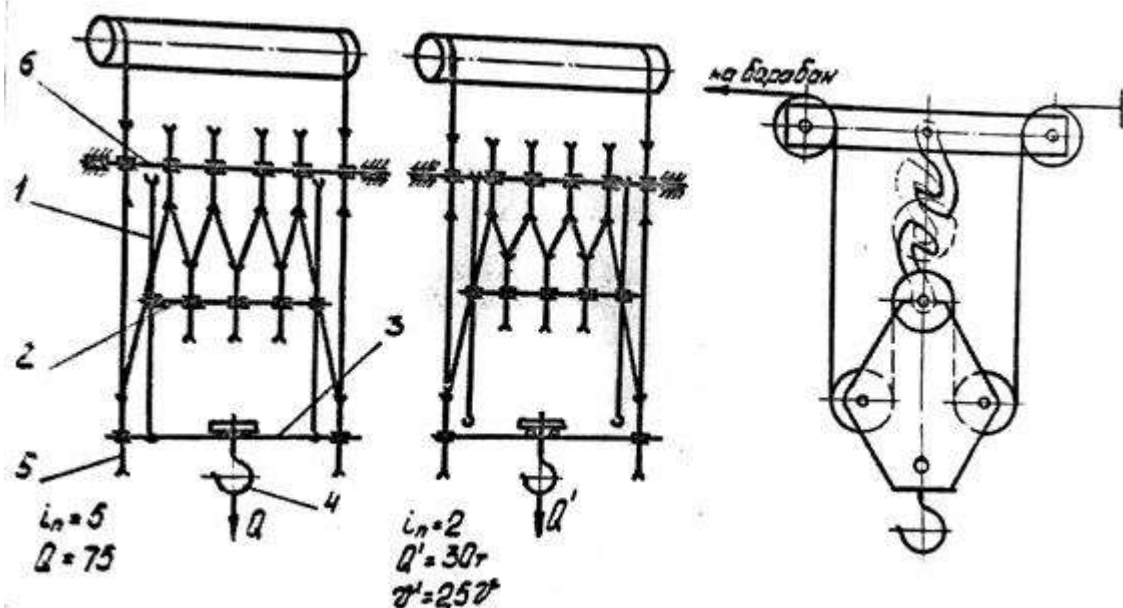


Рисунок 10.19 – Поліспасти із змінною кратністю

В першому випадку (рис. 10.19) важелі 1, які закріплені до середньої траверси 2, знаходяться в зачепленні з нижньою траверсою 3, на якій закріплено гак 4 з двома блоками 5. На середній траверсі закріплено три блоки, а на верхній нерухомій траверсі 6 закріплено шість блоків. При цьому кратність поліспада буде дорівнювати п'яти, а вантажопідйомність збільшиться в 2,5 рази.

В іншому випадку важелі 1 від'єднанні від нижньої траверси 3, але закріплені на верхній нерухомій траверсі 6. При цьому кратність поліспада буде дорівнювати двом.

При зміні кратності поліспада з п'яти до двох вантажопідйомність зменшується в 2,5 рази, але збільшується швидкість підйому вантажу в 2,5 рази.

10.2.4 Типові приводи сучасних баштових кранів

У сучасних баштових кранів головні приводи мають наступну конструкцію (рис. 10.20, 10.21, 10.22)

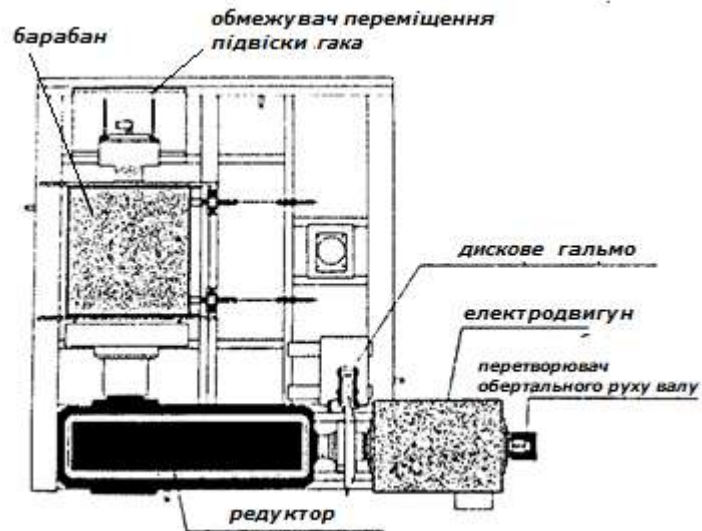


Рисунок 10.20 - Вантажна лебідка

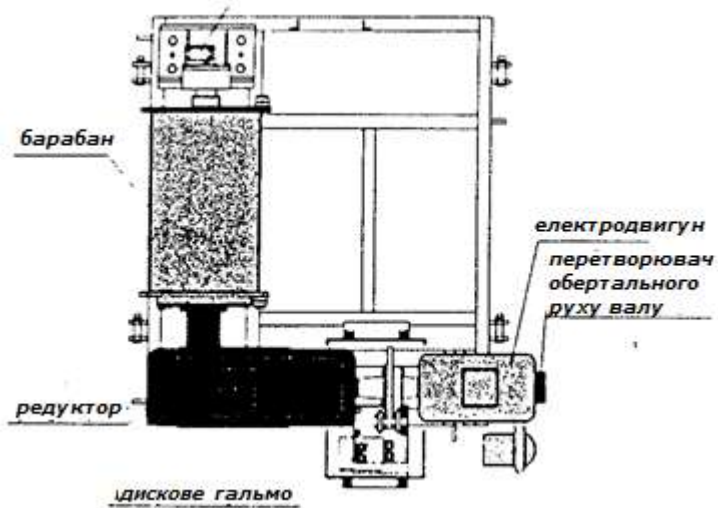


Рисунок 10.21 - Механізм пересування візка



Рисунок 10.22 - Поворотний механізм

10.2.5 Розрахунок стійкості баштових кранів

Аварії баштових кранів складають 40% загальної кількості аварій стрілових вантажопідіймних кранів. Найбільш часто (30% випадків) причиною аварій баштових кранів є порушення умов безпечної експлуатації, пов'язаних з несправністю обмежувачів вантажопідіймальності (ОВП) і перевантаженням баштового крана, незадовільним станом кранових шляхів і проведенням робіт при швидкості вітру, що перевищує граничні значення.

Найбільшу небезпеку представляють аварії, пов'язані з втратою стійкості баштового крана та його перекиданням, іноді з попереднім руйнуванням елементів несучих металоконструкцій.

Стійкістю крана проти перекидання називається здатність крана протидіяти перекидаючим його моментам від вітрового навантаження, ваги піднятого вантажу, динамічних навантажень і ухилу. До силових факторів, що створюють перекидаючий момент, відносяться: вага консольно-розташованих частин (стріли, противаги і стрілового розчалу), вітрове навантаження, вага вантажу, динамічні навантаження, що виникають при пуску й гальмуванні механізмів і при русі крана по нерівному шляху та ін.

Згідно з вимогами нормативних документів стійкість крана визначається для найбільш несприятливих умов його роботи. Вантажну стійкість крана перевіряють як для максимального, так і для мінімального вильоту. Власну стійкість кранів контролюють при положенні піднятого вантажу на максимальному вильоті.

Відповідно до ГОСТ 13994 перевіряється стійкість (рис.10.25):

- вантажна

$$M_{yT} = G_0 b_K; \quad (10.1)$$

$$M_0 = Q^H b_Q + M_{\omega p}^H; \quad (10.2)$$

- власна

$$M_0 = M_{\omega p}^H; \quad (10.3)$$

- при раптовому знятті навантаження

$$M_0 = M_{\omega p}^H + 0,3Q^H b_Q, \quad (10.4)$$

де $M_{\omega p}^H$ – перекидні моменти щодо ребра перекидання відповідно від дії вантажу, динамічних навантажень і від вітрового навантаження робочого стану, кНм;

$M_{ут}$ – утримуючий момент щодо ребра перекидання від сили тяжіння крана, кНм;

Q^H - нормативна сила ваги вантажу, кН;

b_Q - відстань від точки підвісу вантажного поліспада до вертикальної площини, що проходить через ребро перекидання, м.

Критерієм виконання умови стійкості є співвідношення

$$k \cdot M_0 \leq m_0 \cdot M_{ут}, \quad (10.5)$$

де k - коефіцієнт перевантаження (враховує відхилення навантажень в несприятливу сторону);

m_0 - коефіцієнт умов роботи.

В розгляд вводять також коефіцієнт стійкості K , який являє собою відношення утримуючого моменту до перекидаючого

$$K = M_{ут}/M_0. \quad (10.6)$$

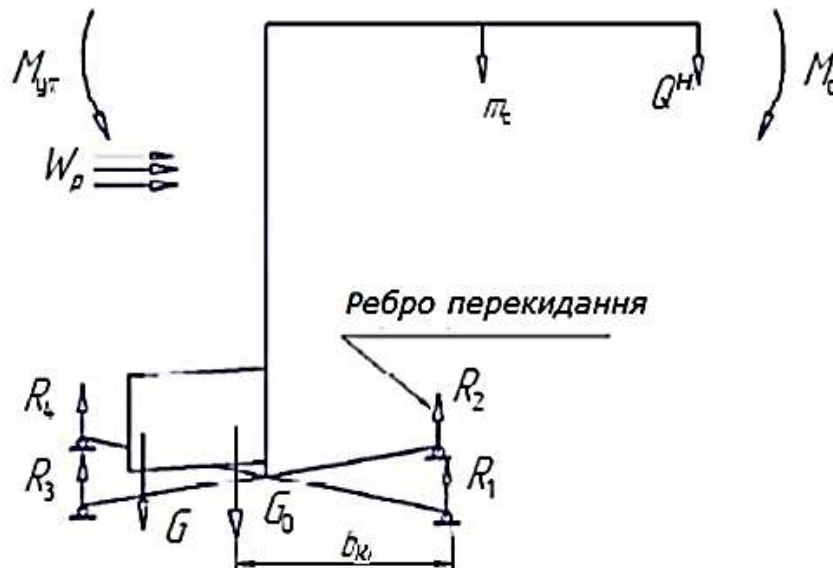


Рисунок 10.23 – Схема дії навантажень при визначенні стійкості згідно ГОСТ 13994

Перекидаючий момент від вантажу піднятого стріловим краном тим більше, чим більше вантаж і виліт гака від ребра перекидання. Під ребром перекидання розуміється грань опорного контуру, відносно якої сили прагнуть перекинути кран (рис.10.23). Для рейкових кранів ребро перекидання приймається по центрам ходових візків (балансирів).

При визначенні стійкості крана в розгляд вводять також наступні величини:

G_0 - нормативна складова сили ваги крана, кН;

G - вага противаги, кН;

W_p - вітрове навантаження, кН;

R_1, R_2, R_3, R_4 - реакції в опорах, кН;

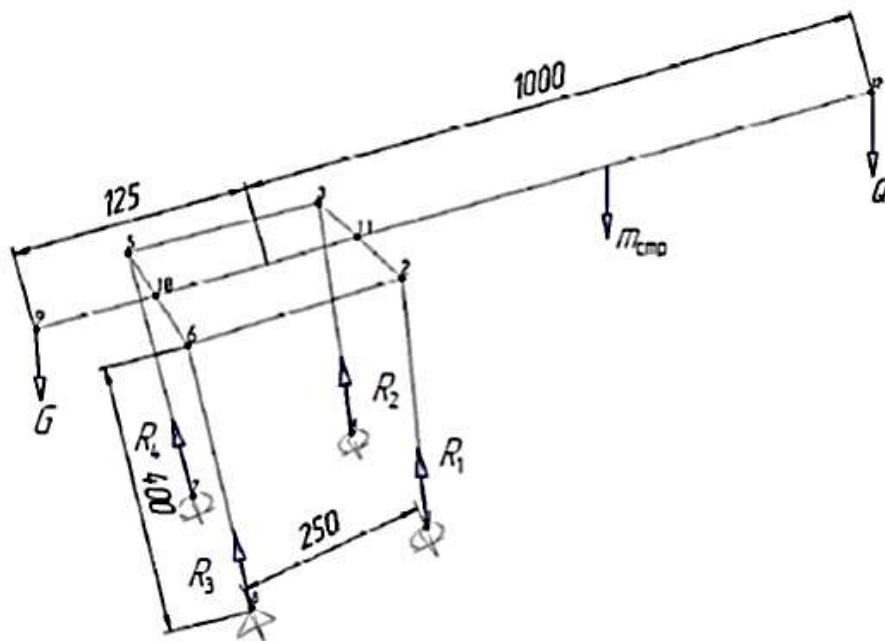
$m_{стр}$ - вага стріли, кН;

b_i - відстань від центру мас частин крана до вертикальної площини, що проходить через ребро перекидання, м;

$M_{ут}$ - утримуючий момент щодо ребра перекидання від сили тяжіння крана, кНм.

Слід зазначити, що ГОСТ 13994 не дає рекомендацій щодо розрахунку стійкості в різних експлуатаційних станах, таких як поворот вежі крана, зміна вильоту, підйом (опускання) вантажу або суміщення робочих операцій. Динамічні навантаження, що виникають при русі крана при виконанні робочих операцій, можуть призводити до різкої зміни навантажень на металоконструкцію крана, зміни навантажень на опори і рейкові шляхи баштового крана. Вплив зазначених факторів на стійкість можна визначити шляхом обчислення зміни реакції в опорах баштового крана при дії сполучення навантажень, а також з урахуванням різних експлуатаційних станів.

З метою порівняння результатів розрахунку на стійкість різними методами розглядається спрощена розрахункова модель (рис.10.24).



G - вага противаги; $M_{ут}$ - утримуючий момент щодо ребра перекидання від сили тяжіння крана; R_1, R_2, R_3, R_4 - реакції в опорах; $m_{стр}$ - вага стріли;
 Q - вага вантажу

Рисунок 10.24 - Спрощена модель баштового крана

10.2.6 Приклад.

Вихідні дані: $G = 53 \text{ Н}$, $Q = 7 \text{ Н}$, розподілене навантаження від ваги стріли $q_{\text{стр}} = 11 \text{ Н/м}$, розподілене навантаження від ваги підстрілка $q_{\text{підстр}} = 1,4 \text{ Н/м}$.

Розрахунок спрощеної розрахункової моделі по ГОСТ 13994 при відсутності ухилу і вітрового навантаження дає значення $M_{\text{ут}} = 28,8 \text{ Н} \cdot \text{м} > M_0 = 13,06 \text{ Нм}$, що відповідає нормативному критерію стійкості при $k = 1$ і $m_0 = 1$. При цьому коефіцієнт стійкості $K = 2,2$.

Пропонується проводити розрахунок коефіцієнта стійкості з використанням виникаючих в опорах реакцій за формулою (10.7)

$$K = 1 + R_2^{\min} / R_1^{\min}, \quad (10.7)$$

де R_1^{\min} , R_2^{\min} – відповідно, реакції, що виникають в опорах на ребрі перекидання ($R_1^{\min} = \min(R_1, R_2)$) і опорах, протилежних ребру перекидання ($R_2^{\min} = \min(R_3, R_4)$), кН.

З метою проведення порівняльного аналізу, для спрощеної розрахункової моделі визначені реакції в опорах, виходячи з співвідношень будівельної механіки, які склали $R_1 = R_2 = R_1^{\min} = 62,8 \text{ Н}$ і $R_3 = R_4 = R_2^{\min} = 62,8 \text{ Н}$. Коефіцієнт стійкості $K = 2$.

Реакції в опорах, знайдені з використанням методу скінченних елементів, склали $R_1 = R_2 = R_1^{\min} = 28,5 \text{ Н}$ і $R_3 = R_4 = R_2^{\min} = 23,43 \text{ Н}$. Коефіцієнт стійкості $K = 1,8$.

Таким чином, всі три способи дали близький результат. Крім цього, розрахунок реакцій опор з використанням методу скінченних елементів дозволяє досліджувати стійкість конструкції баштових кранів для різних значень піднімаємих вантажів, а також з різною орієнтацією стріли.

10.3 Сучасні будівельні та монтажні баштові крани

Основними виробниками баштових кранів в Європі є відомі фірми наступних країн:

- Німеччини – «LIEBHERR», «MAN WOLFFKRAN», «ZEOOELIN»;
- Франції – «POTAIN»;
- Італії – «COMEDIL», «RAIMONDI»;
- Росії: ОАО «Ржевский краностроительный завод» (ОАО «РКЗ»), м. Ржев; ЗАО «Стройиндустрия», м. Москва; ОАО «Механический завод», м. Санкт-Петербург;
- Китаю;

В Китаї нараховується 150-170 заводів, які виготовляють вантажопідйомну техніку. З них більша частина випускає і баштові крани. Ці крани різної якості. Є, наприклад, машини разового використання, для побудови одного будинку, потім кран просто ріжуть. В цьому випадку нікого

не бентежить, яка втомна цінність металу. Правда, і ціни на ці крани відповідні. Широковикористовуємі в промисловому та цивільному будівництві баштові крани провідних світових фірм приведені на рис. 10.25, 10.28).

Виробничі програми основних європейських виробників включають наступні види баштових кранів:

- крани швидкомонтуємі з нижнім поворотом, які перевозять на спец шасі, вантажопідйомність до 8 т.;

- крани баштові з верхнім поворотом типу «С CRANE», монтуємі повністю допоміжним краном;

- крани баштові з верхнім поворотом з самопідрощуванням для висотного будівництва.

- потрібний робочий діапазон температур кранів в Україні – від +40° до -40° Цельсія.

В Україну було поставлено невелику кількість кранів високої вантажопідйомності: Rotain MD-3200, що використовувалась компанією «ЮТЭМ», при реконструкції саркофагу Чорнобильської АЕС, баштові крани Kroll Cranes, модель K-10000, що використовувалась при будівництві Запорізької, Хмельницької АЕС і інших промислових об'єктів. Більшість промислових підприємств СНД до цих пір експлуатують морально застарілі радянські баштові крани БК-1000. Крани цієї моделі були використані для будівництва об'єктів енергетичного і промислового комплексу колишнього СРСР.



Рисунок 10.25 – Монтажний баштовий кран «Кролл»

У 1970-х роках датська компанія Kroll Kranes A/S почала проектування власного модельного ряду кранів, що призвело до розробки в 1978 році крана з вантажним моментом 10 000 тм, названого К-10000. Кран призначався для зведення великих промислових споруд і електростанцій (рис. 10.25, 10.26, 10.27).

На початку 1980-х років компанією були укладені контракти на поставку цих кранів на будівельні майданчики атомних станцій СРСР і США. Однак, через аварію на Чорнобильській АЕС в 1986 році почалося згорання будівництва атомних станцій і виробництво кранів даної моделі було припинено.

Кран поставляли в стаціонарному виконанні. Основна секція крана встановлювалася на фундамент, а секції башти та стріли попередньо збиралися на землі.

Всього в 1980-х роках було випущено і поставлено 15 штук К-10000, з яких два - для США, а 13 штук - для Радянського Союзу. Тільки 5 з цих 13 кранів, поставлених в СРСР, були встановлені і працювали на будмайданчиках.

Кран, встановлений на будівельному майданчику Запорізької АЕС зображено на рис. 10.26, де виконувалися унікальні монтажні операції з важковаговиками (рис. 10.27).

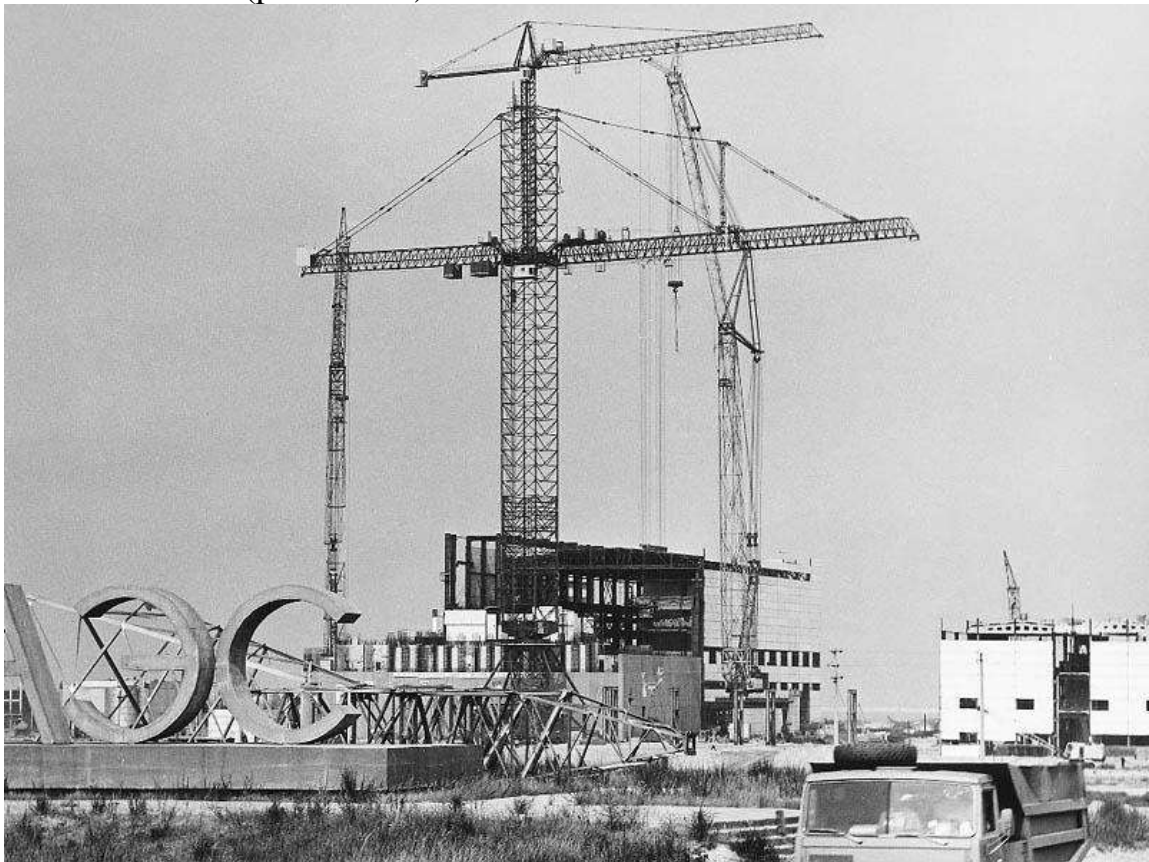


Рисунок 10.26 - Запорізька АЕС



Рисунок 10.27 - Монтаж купола реактора ЗАЕС

Сьогодні вони поступаються дорогою новим технологіям, реалізованим в баштовому крані M1500 компанії «Sichuan Construction Machinery» (Group) Ltd (SCM).

Характеристики найбільш затребуваного в Україні баштового крана наступні. Це повинен бути стаціонарний кран з горизонтальною стрілою 70 м, з максимальним вантажним моментом – 160 тм, максимальною вантажопідйомністю – 8 т на вильоті – до 20 м і 1,2 т на вильоті – 70 м. Висота підйому вільно стоячого крана – 60 м, висота підйому з кріпленням до будівлі з гаком – 250 м.

Такі характеристики стаціонарного крана з неповоротною баштою пояснюються зменшенням будівництва будівель системою ДБК і все більш широким будівництвом цеглових і монолітних будівель з невеликими, близько 2-6 т, піднімаємими вантажами.

Насамперед враховується те, що обмежені площі будівельних майданчиків не дозволяють використовувати баштові крани з великим радіусом хвостової частини поблизу рівня землі, якими є крани з поворотною баштою. Крім того, відсутність підкранових шляхів виключає аварійні ситуації, пов'язані з їх незадовільним станом і можливістю утону крана вітром.

Привід механізмів перспективного крана – асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором і перетворювачем частоти. Діапазон регулювання приводів – 1:20 з забезпеченням підйому вантажу 8 т при мінімальній посадковій швидкості (частота напруги живлення – 5 Гц). На максимальній швидкості (частота – 100 Гц) забезпечено підйом вантажів до 4 т.

Сучасний будівельний ринок наповнюють баштові крани, зображені на рис. 10.28, 10.29, 10.30.



а)



б)

а) стріли з розпірками; б) балочні стріли

Рисунок 10.28 - Крани Liebherr з оголовком серії ЕС-Н повністю перекривають робочі площі промислових та цивільних забудов

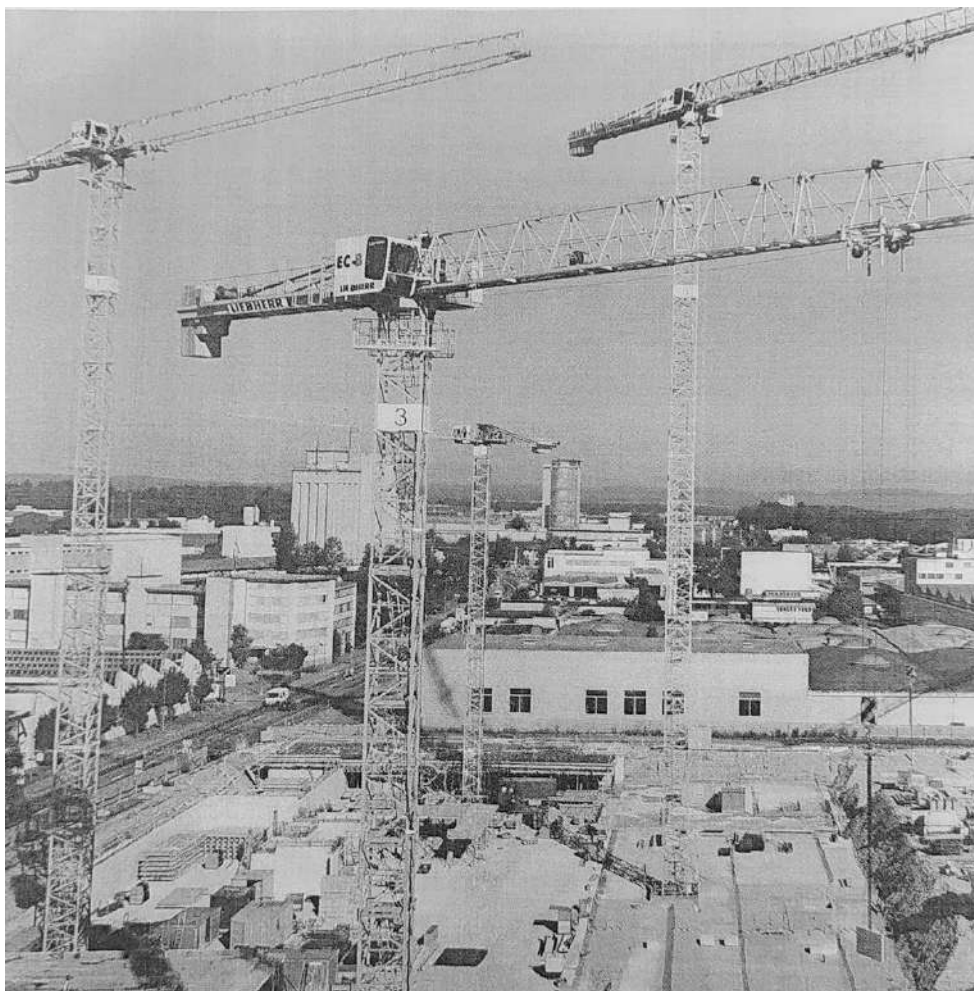
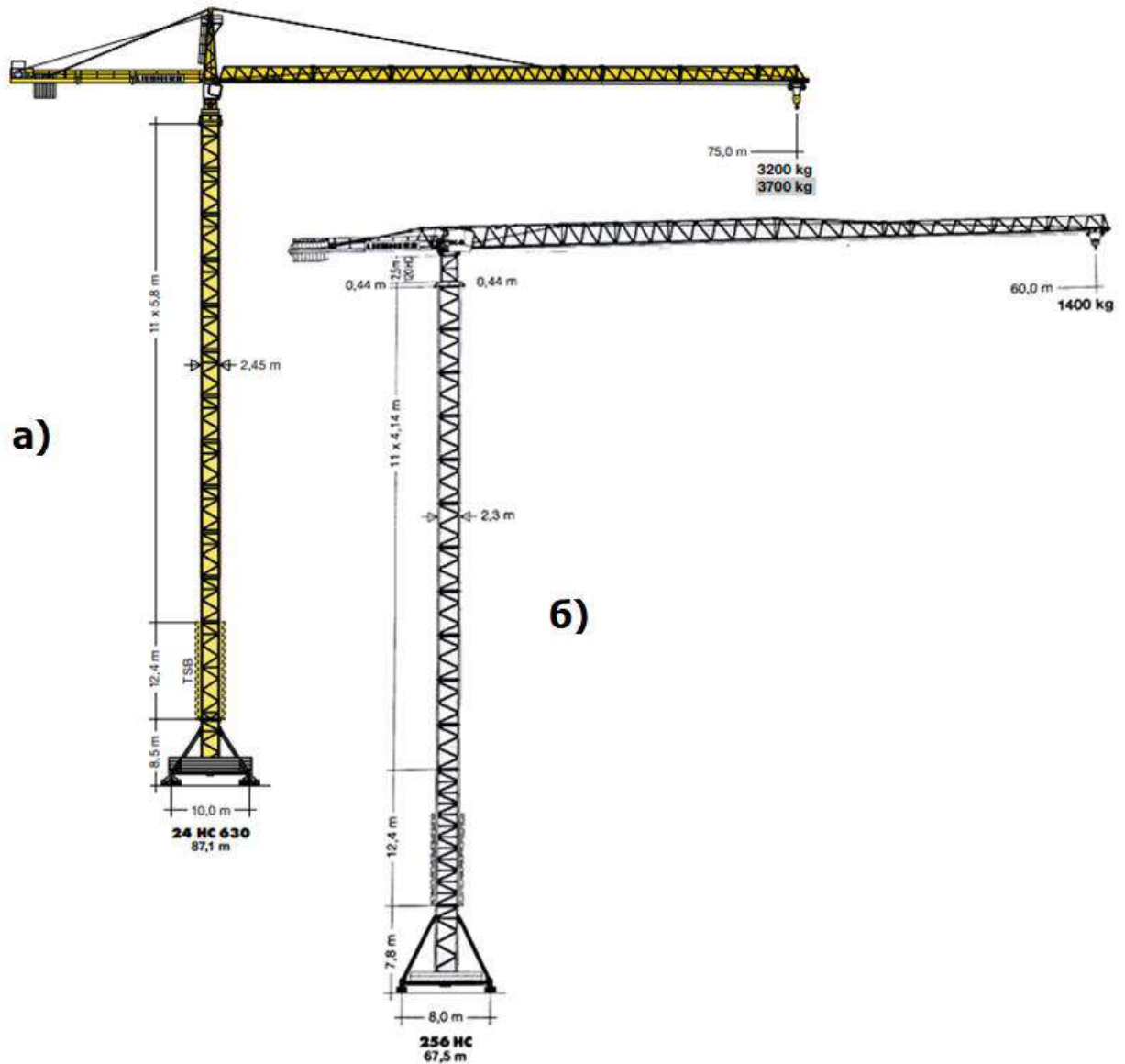


Рисунок 10.29 - Баштові крани без оголовка (молотоподібні, «топлес») при обслуговуванні робочих зон



а) з оголовком, неповоротною баштою, балочною стрілою, підрощування знизу; б) без оголовка («топлес»), з неповоротною баштою, молотоподібною стрілою, підрощування знизу

Рисунок 10.30 - Баштові крани ф. «Liebherr»

10.4 Перспективи розвитку баштового кранобудування в Україні та за кордоном

Сучасне кранобудування характеризується стійкою тенденцією по збільшенню вантажопідйомності підймальних кранів з одночасним збільшенням їх мобільності. Це пов'язано з тим, що ці крани звичайно залучаються для виконання разових унікальних підйомів на об'єктах, значно віддалених один від одного. В цих умовах час приведення крана в робочий стан набуває великого значення. Тому кранобудівники намагаються створювати великовантажні крани, які в змозі пересуватися у складі

звичайного дорожнього руху своїм ходом в повністю зібраному комплектному стані.

Вимоги, які зараз висуваються до баштових кранів:

- можливість використання робочих характеристик на повному вильоті (тоді як обмежений підстріловий простір крана з телескопічною стрілою не дозволяє йому близько підійти до підіймаємого вантажу);

- спроможність самомонтажу в тісноті міських вулиць і максимально близького підходу до будівель;

- здійснення самомонтажу крана однією людиною протягом декількох хвилин;

- можливість швидкого збільшення вильоту за рахунок автоматичного монтажу 3-, 4- або 5-секційної стріли;

- відсутність додаткового контрвантажувача;

- швидка (порівняно з краном телескопічним) робота, оскільки зміна вильоту здійснюється пересуванням вантажного візка вагою 200 кг, тоді як для досягнення того ж результату телескопічному крану потрібно підняти багатотонну стрілу;

- великий розрахунковий ресурс крана (що складає 10 тис. циклів);

- можливість безпечної роботи крана при силі вітру 7 балів (17,1 м/с), а при визначених умовах – можливість демонтажу крана при 8 балах (20,7 м/с).

Крани проектуються тепер так, щоб всі елементи могли бути розташовані в стандартних контейнерах для перевезення до місця монтажу на вантажівках.

Останнім часом до традиційних баштових кранів додалися швидкокомунтуємі (самокомунтуємі) баштові крани на шасі автомобільного типу (рис. 10.31).



Рисунок 10.31 – Швидкокомунтуємі баштовий кран

Малогабаритні баштові крани, що швидко монтуються, на жаль в Україні не випускаються.

Монтаж швидкомонтуємого крана займає всього близько 15 хвилин (рис.10.32). Тобто стільки часу знадобиться на монтаж вежі та стріли з моменту, коли кран уже встановлений на будівельному майданчику, виставлений на опори та відгоризнтований. Потім 1 годину відводиться на перевірку кінцевих вимикачів, параметрів механізмів підйому вантажу, обертання та переміщення візка. Наприклад, при перевірці обертання необхідно перевірити, як поводить гальмо.



Рисунок 10.32 - Кран розгортається для роботи за лічені хвилини

Ще один важливий напрям – мобільні баштові крани. Тут потрібно мобільні і швидкомонтуємі нижньоповоротні крани. Вони поєднують в собі мобільність класичних автокранів з функціональними перевагами баштових кранів.

Ринок вимагає все більше кранів з решітчастими стрілами великої вантажопідйомності.

За останні декілька років на світовому ринку кранів великої вантажопідйомності з'явилися нові моделі з підвищеними вантажовисотними характеристиками. Так, наприклад, компанія «Bigge Crane & Riffing» (США) випустила найбільший у світі кран з ґратчастою конструкцією AFRD вантажопідйомністю 7500 т, з довжиною основної стріли 165 м. На вильоті 142 м кран піднімає 4000 т. Кран використовується на атомних електростанціях, морських платформах, судоверфях та буд майданчиках для підйому модульних конструкцій підвищеної одиничної ваги.

Фірма «Sarens» випустила кран SGC-120 вантажопідйомністю 3150 т на вильоті 30 м. На вильоті 80 м кран підіймає 1000 т. Використовується в нафтохімічній та енергетичній галузях. Вага гакової підвіски складає 105 т, максимальна маса контрваги - 3600 т. Один оберт крана по круговій рейковій колії здійснюється за одну годину.

Кран компанії «Mammoet» PTC140DC, PTC200DC, з вантажним моментом, відповідно, – 140 та 200 тис. тм.

Однією з головних проблем при цьому є можливість зниження ваги крана в транспортному положенні для забезпечення допустимого тиску на осі не більш 12 т. Так, для кранів вантажопідйомністю до 50 т частка маси протываги складає не більше 50%, а для кранів вантажопідйомністю – 100-300 т – близько 30%. Одночасно необхідно зменшення числа осей для забезпечення маневрування крана в загальному потоці машин по дорозі.

Одним із резервів зменшення ваги крана є використання вантажних канатів із синтетичного волокна марки KZTM100, які призначені для мобільних кранів, що випускає фірма «Samson». Вони встановлені на коротко базовому крані Manitowoc Grove RT770E вантажопідйомністю 65 тон і вперше були запропоновані на виставці ConExpo-2014 у Лас-Вегасі.

Переваги канатів із синтетичного волокна порівняно з аналогічними традиційними сталевими канатами виражаються в 80% зниженні ваги, відсутності кручення, відсутності петель або вигинів.

В результаті лабораторних і експлуатаційних випробувань на надійність протягом 14000 циклів було випробувано 7500 метрів каната.

KZTM100 не схильний до корозії, не вимагає мастила, довговічний, простий в експлуатації, що знижує ступінь зносу на канатних барабанах і блоках.

Будівельний бум, що охопив Україну в останні кілька років, тільки починає набирати оберти. Використовувані десятиліттями машини і механізми не здатні забезпечити необхідні темпи цивільного і промислового будівництва. Висока щільність забудови, дефіцит місця на будівельних майданчиках, стрімке зростання висоти споруджуваних будинків підштовхують будівельні організації до придбання сучасної високопродуктивної будівельної техніки, здатної впоратися з поставленими завданнями.

Малогабаритні швидкокомонтуючі крани відповідають основним вимогам, що пред'являються до будівних кранів, таким як:

- можливість монтажу баштового крана в обмежених міських умовах;
- мінімальні строки виконання монтажних та демонтажних робіт;
- висока продуктивність при мінімумі витрат;
- безпечні умови праці при виконанні монтажних і монтажно-будівних робіт.

Крани цього типу володіють наступними очевидними перевагами:

- перевозяться без демонтажу на одному автомобілі;
- потрібно малий час на монтаж і демонтаж крана (від 20 до 40 хв);
- не вимагають установки анкерного або іншого фундаменту – достатньо тільки підсипати гравій і ущільнити ґрунт, зміцнити його бетонуванням або укласти бетонні плити.

У всіх випадках розгортання крана здійснюється за допомогою монтажних гідроциліндрів. Керування краном, як в процесі монтажу/демонтажу, так і при безпосередньої експлуатації – дистанційне і здійснюється з переносного пульта.

Малогабаритні швидкомонтуємі крани особливо підходять для будівельних майданчиків з коротким циклом будівництва об'єкта, що потребує багатьох транспортних, монтажних і демонтажних операцій.

У перспективних баштових кранах загальна довжина стріл може доходити до 300 м. Існують конструкції, в яких обертання поворотної частини здійснюється парою пропелерів, встановлених на кінці кожної стріли (рис. 10.33). Кожен пропелер має індивідуальний регульований привід. Пропелери реверсивні, з регульованим кроком, що дозволяє реверсувати обертання стріли. Це конструктивне рішення передбачається використовувати на стрілах довжиною більше 50 м.

Встановлення пропелерів на кінцях стріл для повороту крана GG дозволяє зменшити кручення башти, дає можливість використовувати енергію гальмування повороту стріли. Вона (одна стріла) може бути з оголовком, підйомна, топлес. Для виконання інших операцій і зменшення розхитування вантажу регулюють вантажно-моментну несучість однієї стріли (підйомної стріли).

Таке рішення дозволяє:

- збільшити ефективність використання крана;
- збільшити вантажопідйомність консолі з поворотним пропелером;
- збільшити довжину стріл до 2×150 м;
- оптимізувати швидкість обертання крана;
- оптимізувати гальмівну потужність за рахунок пропелерів;
- оптимізувати споживання енергії; повертає і може підняти кінець стріли;
- збільшити рівень безпеки при роботі крана за рахунок усунення розхитування підвішеного на гаку вантажу.



Рисунок 10.33 - Баштовий кран фірми «GG Tower Crane» з двома стрілами

На думку все зростаючого числа виробників, майбутнє належить модульним кранам з молотоподібними стрілами. Вони економічні при монтажі завдяки можливості зменшення числа компонентів, маса яких обмежена тільки вантажопідйомністю використовуваного мобільного крана. Крім того, немає необхідності в підвісці стріли, що прискорює процес монтажу. В залежності від умов будмайданчика, стріла може бути розділена на частини, для її монтажу можна застосовувати мобільний кран меншої вантажопідйомності, тобто дешевший.

Для роботи на обмежених площах міських забудов передбачено використання спеціальних коротких (довжиною менше 30 м) стріл. Баштові крани з молотоподібними стрілами можуть використовуватись не тільки на звичайних будмайданчиках, але і на об'єктах, що мають обмеження по висоті, у випадку використання всередині будівлі.

Ергономічний дизайн кабіни оператора дозволяє йому в комфортних умовах, з найкращим оглядом повністю сконцентруватися на роботі і на поставлених задачах. Кабіна облаштована системою опалення і кондиціонером, на монітор, встановлений в кабіні машиніста, видається вся оперативна інформація, а саме: вага переміщуємого вантажу, висота підйому гака/вантажю, положення вантажного візка на стрілі, швидкість пересування вантажу і інш. Також ці дані фіксуються в пам'яті реєстратора параметрів. В електронних пристроях керування краном використовуються програмовані логічні контролери, які роблять керування краном точним, швидким і плавним, не допускаючи виконання оператором помилкових операцій.

11. СТІЛОВІ АВТОМОБІЛЬНІ КРАНИ [25]

Автомобільні крани – це стрілові повноповоротні крани, змонтовані на стандартних шасі вантажних автомобілів нормальної та підвищеної прохідності. Автокрани мають досить велику вантажопідйомність, високі транспортні швидкості пересування (до 70...80 км/год), хорошу маневреність і мобільність, тому їх застосування найбільш доцільно при значних відстанях між об'єктами з невеликими обсягами будівельно-монтажних і вантажно-розвантажувальних робіт. В даний час автомобільні крани становлять понад 80% загального парку стрілових самохідних кранів.

При використанні на будівельно-монтажних роботах автокрани зазвичай обладнують змінними видовженими стрілами різних модифікацій, видовженими стрілами з гусаками, баштово-стріловим обладнанням.

При оснащенні спеціальним обладнанням (грейфером) автокрани застосовують для перевантаження сипких і дрібнокускових матеріалів, екскавації легких ґрунтів, копання ям, очищення траншей і котлованів від ґрунту і снігу.

Автокрани можуть проводити наступні робочі операції: підйом та опускання вантажу, зміна кута нахилу стріли, поворот стріли на 360 ° у плані, зміна довжини телескопічної стріли.

Кожен автокран обладнують чотирма виносними опорами аутригерами, що встановлюються вручну або за допомогою гідроприводу. Для підвищення стійкості кранів під час роботи задні мости автомашин обладнані гідравлічними стабілізаторами для вивішування заднього мосту під час роботи на виносних опорах та блокування ресор при роботі без опор.

Автокрани можуть переміщуватися разом із вантажем зі швидкістю до 5 км/год. При пересуванні вантажопідйомність автокранів знижується приблизно в 3...5 разів.

Основне силове обладнання автокранів – двигун автомобіля. При включенні трансмісії кранових механізмів трансмісія автомобіля вимикається.

Привід кранових механізмів може бути електродвигуном (механічним) та багатомоторним (дизель-електричним та гідравлічним), підвіска стрілового обладнання – гнучкою (канатною) та жорсткою.

Керування крановими механізмами здійснюється з кабіни машиніста, розташованої на поворотній платформі, управління рухом крана – з кабіни автошасі.

Промисловість випускає автомобільні крани 2, 3, 4-ї розмірних груп вантажопідйомністю – від 6,3 т, що мають механічний, електричний та гідравлічний привід кранових механізмів. Крани з механічним та електричним приводами мають гнучку підвіску стрілового обладнання, з гідравлічним приводом – жорстку.

Кожен автокран складається з базового автомобіля кранової модифікації, стрілового обладнання, поворотної та неповоротної частин, з'єднаних між собою роликовим опорно-поворотним пристроєм (ОПП).

Неповоротна частина крана включає ходову раму, жорстко прикріплену до рами автошасі, коробку відбору потужності, проміжний конічний редуктор, зубчастий вінець опорно-поворотного пристрою, виносні опори та стабілізуючий пристрій. Поворотна частина крана складається з поворотної платформи, на якій змонтовано гратчасту стрілу, двоногу стійку, противагу, вантажну і стрілову лебідки, реверсивно-розподільний механізм, механізм повороту крана і кабіну машиніста з важелями і педалями керування.

Крани оснащуються жорсткою або висувною основною стрілою.

Автомобільні крани збираються на шасі вантажних автомобілів, що серійно випускаються, з установкою на рамі передніх і задніх виносних опор для забезпечення стійкості при роботі крана з вантажем і підвищення вантажопідйомності. Вони можуть самостійно пересуватися ґрунтовими дорогами і долати підйоми до 30°.

Основною перевагою автомобільних кранів є їхня висока мобільність, що дає можливість оперативно переміщувати їх на віддалені один від одного об'єкти. При перевезенні залізницями не потрібно їх розбирати, оскільки вони вписуються в розмір залізничного транспорту.

До основного стрілового обладнання автомобільних кранів відносяться:

- телескопічні стріли із жорстким підвісом;
- гратчасті стріли з гнучким підвісом;
- баштово-стрілове виконання (БСВ);
- стріли з гусаком.

До змінного обладнання відносяться подовжуючі секції (вставки) або висувні секції при телескопічних стрілах, а також подовжені гусаками стріли.

На сучасних кранах великої вантажопідйомності застосовуються різноманітні типи та схеми монтажу кранових установок: баштові, телескопічні, з гратчастою стрілою, з прямим та зворотним розташуванням кранової установки, зчленовані, зчпні і інш. Слід зазначити, що більшою міцністю, на відміну від стріли з прямокутним профілем, має телескопічна кранова установка закритого перерізу з U-подібним профілем.

Висока транспортна швидкість для кранів великої вантажопідйомності не є основним параметром, зазвичай вона знаходиться в межах від 50 км/год (КС-10471 масою 103 т) до 80 км/год (LTM 1080/2 масою 48 т), оскільки автокран розрахований обслуговувати розосереджені об'єкти і експлуатується на дорогах загального користування, де потрібно дотримуватися швидкісного режиму.

11.1 Автомобільні крани

Автомобільні крани (рис.11.1) використовуються при частих перебазуваннях для виконання невеликих обсягів робіт, вантажно-розвантажувальних, рідше - монтажних. Для кранів використовуються шасі серійних вантажних автомобілів, на якому закріплюється перехідна (опорна) рама з виносними опорами і повноповоротна кранова установка.



Рисунок 11.1 – Автомобільні крани

Підйом вантажів на виносних опорах проводиться в секторі 270° , виключаючи сектор кабіни автомобіля. На деяких кранах допускається підйом і пересування з невеликими вантажами при положенні стріли в бік заднього моста. Швидкості пересування автомобільних кранів по шосе як правило,

нижче швидкості пересування базового спецшасі і вказуються в паспорті крана.

Привід механізмів поворотної частини може бути механічний, електричний або гідравлічний.

Механізми поворотної частини в сучасних кранах самостійні або приводяться через коробку відбору потужності, а включення механізмів і їх реверс виконують муфти.

Електромотори поворотної частини автокранів з електроприводом отримують через кільцевий струмознімач живлення від генератора.

Генератор приводиться в обертання через коробку відбору потужності.

Аналогічно приводиться насосна група кранів з гідроприводом поворотної частини.

На автомобільних кранах з механічним і електричним приводом стріли гратчасті з канатною підвіскою, на гідравлічних - телескопічні.

Усі автомобільні крани оснащені системою пристроїв та приладів, що забезпечують їх безпечну експлуатацію. У цю систему входять: обмежувачі вантажопідйомності, підйому і опускання гака, підйому стріли, покажчики вильоту гака і вантажопідйомності, пристрої, що запобігають закиданням стріл, креноміри, сигналізатори крену, межі робочої зони, небезпечної напруги, нижнього робочого положення, прилади освітлення.

Деякі моделі сучасних кранів обладнані автоматичними обмежувачами, керуючими мікропроцесорами.

Гідравлічні стрілові крани на спеціальних шасі оснащені телескопічними, жорстко підвішеними стрілами, мають індивідуальний гідравлічний приводи кожного механізму, що змонтовані на спеціальних шасі автомобільного типу та короткобазових шасі, пристосованих для специфічних кранових режимів роботи. Висунення та втягування телескопічної стріли можуть виконуватись з вантажем на гаку. Змінне робоче обладнання кранів - подовжувачі, некеровані гусаки, некеровані гусаки з подовжувачами, керовані гусаки (баштово-стрілове обладнання).

Шасі автомобільного типу виготовляють багатовісними (від 3 до 9 осей залежно від вантажопідйомності) з використанням складальних одиниць серійних вантажних автомобілів. Крани на таких шасі мають високу мобільність та швидкості пересування і завдяки відносно невеликим навантаженням на осі та колеса мають високу прохідність. Зазвичай, вони обслуговують віддалені один від одного розосереджені будівельні об'єкти.

Крани на шасі автомобільного типу випускають 5...10 розмірних груп і є однотипними по конструкції, максимально уніфікованими машинами. Крани можуть працювати на виносних опорах і без них і пересуватися майданчиком з твердим покриттям з вантажем на гаку при стрілі, спрямованій уздовж осі крана назад.

Двигун шасі служить також для приводу кранових механізмів. На кранах більшої вантажопідйомності кранове обладнання та шасі мають самостійні силові установки.

На поворотній платформі розміщені: телескопічна стріла, механізм підйому вантажу, механізм підйому-опускання стріли, механізм повороту, кабіна машиніста з пультом керування та противага. Механізм підйому вантажу має дві конструктивно однакові вантажні лебідки – головну та допоміжну. Головна лебідка здійснює головний підйом, допоміжна використовується для роботи з гаковими підвісками керованих гусаків, а при баштово-стріловому обладнанні надає руху керованому гусаку через поліспасти управління. Привід механізмів підйому вантажу та повороту здійснюється аксіально-поршневими насосами; механізми підйому - опускання стріли та висування-втягування її секцій приводяться в дію гідроциліндрами подвійної дії. Гідродвигуни кранового обладнання отримують живлення від аксіально-поршневих насосів із приводом від двигуна внутрішнього згорання. Насоси розвивають тиск у гідросистемі до 16 МПа.

11.2 Пневмоколісні крани

Пневмоколісні крани (рис.11.2) призначені для тривалої роботи на одному об'єкті. Швидкості пересування невеликі - до 20 км / год. Великі осьові навантаження не дозволяють пересуватися їм по шосе без спеціального дозволу. На пневмоколісних кранах є одна кабіна, з якої машиніст керує крановими механізмами і пересуванням.

Привід механізмів одномоторних кранів здійснюється від двигуна за допомогою механічної трансмісії багатомоторних кранів – від електро- або гідроприводу. Силовий агрегат розташований на поворотній частині. Дизель-електричні крани можуть працювати від зовнішньої мережі змінного струму.

Вантажопідйомність пневмоколісних кранів – від 16 до 100 т. Відмінною характеристикою пневмоколісних кранів є можливість без опор не тільки піднімати вантажі, але і пересуватися з ними. Маса вантажів, з якими кран пересувається, складають до 50% вантажопідйомності на опорах.



Рисунок 11.2 – Пневмоколісні крани

11.3 Крани на спецшасі

Кранова установка (рис.11.3) змонтована на спеціально виготовленому шасі автомобільного типу, на яких можуть бути мости на ресорній або торсіонній підвісці.

Осьові навантаження і габарити дозволяють кранам пересуватися по шосе зі швидкістю до 80 км/год. Крани долають ухили 25-30°. Вантажопідйомності кранів - до 100-250 т. Гідравлічний привід механізмів здійснюється насосною установкою, що приводиться через коробку відбору потужності від двигуна шасі для машин вантажопідйомністю до 50 т. На кранах більшої вантажопідйомності на поворотній платформі встановлюється дизельний двигун для приводу кранових механізмів.



Рисунок 11.3 – Крани на спецшасі

Машини сучасного рівня переважають у світовому випуску серед ССК наступним: високі транспортні швидкості, легкість управління і мінімальні поперечні (лобові) габарити, що дозволяє нарівні з шосейними машинами вписуватися в транспортний потік. Крани обладнуються двома кабінами - транспортною та крановою. Вони пристосовані до тривалих пробігів, незамінні за необхідності проведення короткочасних вантажних операцій на різних об'єктах регіону. Створення кранів цієї групи постійно вимагає новизни конструктивних і технологічних рішень.

Суворі лімітації металоємності та транспортної ваги даних машин диктує необхідність застосування високоміцних матеріалів для несучих конструкцій. Як правило, кранові установки мають гідравлічні телескопічні багатосекційні стріли, трансмісії шасі механічні або гідромеханічні з багатошвидкісними коробками передач. При необхідності високої прохідності

та маневреності привідними та керованими можуть виконуватись практично всі ходові мости.

В даний час відбувається інтеграція виробництв даних машин за рахунок спільної роботи над створенням провідних автомобільних і кранових фірм.

На рис.11.4 представлені окремі моделі кранів на спецшасі, гама яких створена на Одеському ВО "Краян" спільно з польським об'єднанням "Бумар", вантажопідйомністю від 25 т до 250 т.



а)



б)



в)

а) – КС-6472; б) – КС-8471; в) - КС-9471

Рисунок 11.4 - Крани на спеціальному шасі вітчизняного виробництва

Кран гідравлічний на спеціальному шасі КС-6472 вантажопідйомністю – 40 т (рис.11.4, *а*). Конструктивна маса крана – 37 т, максимальна швидкість пересування – 70 км/год, навантаження на вісь менше 40 т, може пересуватися дорогами загального користування. Кран оснащений чотирисекційною телескопічною стрілою – 10,6-34,5 м та подовжувачами – 9,5 та 16 м. У транспортному положенні подовжувач закріплюється на бічній площині стріли.

На рис.11.4 *б* показаний кран моделі КС-8471 (вантажопідйомність – 100 т). Транспортна швидкість машин близько – 50 км/год, чотирисекційна телескопічна стріла, довжиною – 13,6-47,8 м. При встановленні на стрілу змінного гусака кран можна використовувати з баштовим обладнанням.

Кран КС-9471 вантажопідйомністю – 160 т (рис.11.4, *в*), створений вперше у вітчизняному кранобудуванні, відноситься до унікальних вантажопідйомних пристроїв. Незважаючи на значну конструктивну масу (114 т), кран має високу мобільність та експлуатаційну готовність, розвиває швидкість до 50 км/год. П'ятисекційна стріла подовжується з 14 м до 50 м. Семивісне шасі з гідромеханічною трансмісією базується на ходовій рамі, зібраній за шарнірно-зчленованою схемою, що значно підвищило керованість машини. У робочому положенні задня частина рами розсувається і використовується як опорна балка.

Гідропневматична підвіска коліс забезпечує комфортні умови роботи водія у транспортному режимі. Машина вантажопідйомністю – 250 т встановлюється на восьмівісному шасі з аналогічними конструктивними рішеннями.

Ці крани найефективніше можуть бути використані для підйому та монтажу одиничних вантажів великої маси. Такі операції характерні для енергетичного, металургійного та хімічного будівництва.

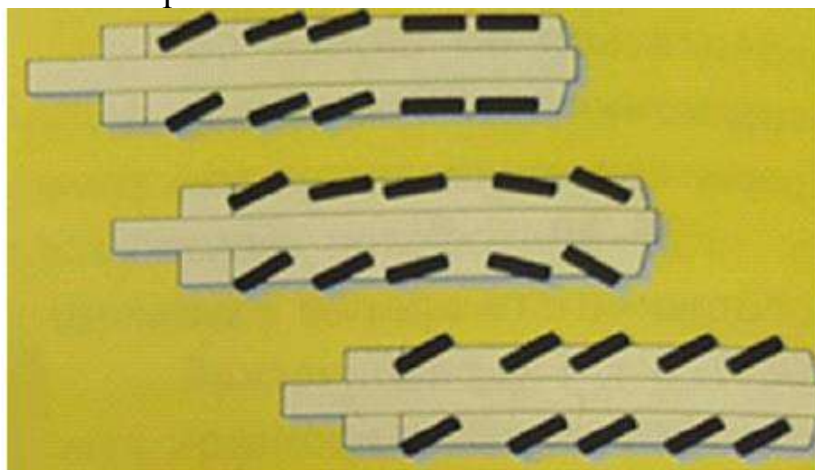
11.4 Крани підвищеної прохідності

Крани підвищеної прохідності або крани-всюдиходи (рис.11.5) долають ухили до 30°. Габарити і осьові навантаження дозволяють цим кранам пересуватися по шосе в загальному потоці машин. Гідравлічний привід механізмів виконується по замкнутій і розімкнутій схемам. В останніх моделях перевага віддається замкнутим схемами, як більш економічним.

Як правило, всі мости керовані, дво- або чотиривісні і привідні. Підвіска мостів пневмогідравлічна або типу "Мегатрак", що дає можливість без проблем йти зі швидкістю 77 км / год навіть восьмівісній машині масою – 96 т.

Стрілове обладнання кранів-всюдиходів охоплює весь діапазон можливих конструкцій - від телескопічних стріл, секції яких висувуються одним циліндром, до ґратчастих з дериком і пристроєм підвищення вантажопідйомності. Діапазон вантажопідйомності різних моделей кранів-

всюдиходів від – 30 до – 800 т. Керування пересуванням по будмайданчику можливо і з кабіни кранівника.



а)



б)

а) маневреність; б) транспортне положення
Рисунок 11.5 – Кран підвищеної прохідності LTM150/1
вантажопідйомністю 150 т

11.5 Короткобазові крани

Короткобазові крани - "робочі конячки" у світі кранів, які часто місяцями експлуатуються на будмайданчиках, виконуючи роботу, яку в минулому робили крани іншого типу, наприклад, маленькі баштові крани або крани підвищеної прохідності (all-terrain). Популярність цих машин пояснюється їх високими вантажними характеристиками за компактних розмірів, можливістю швидкої підготовки до роботи і маленькими радіусами повороту. Вони призначені для виконання звичайних вантажопідйомних операцій, можуть використовуватися як допоміжний кран, можуть працювати на об'єктах, доступ до яких для інших кранів не можливий.

Для виконання різноманітних вантажопідйомних операцій на одному будівельному об'єкті періодичність технічного обслуговування короткобазових кранів повинна бути зведена до мінімуму, а системи управління повинні бути прості та легкі. Також ці крани мають гарну транспортабельність і маневреність завдяки їх компактным габаритним розмірам. Такі машини потрібні в енергетичному секторі, де часто доводиться працювати на обмежених площах.

Короткобазові крани поєднують у собі основні переваги пневмоколісних кранів та кранів на спецшасі. Основні вимоги: мобільність, маневреність, підвищена прохідність.

Як правило, крани оснащуються телескопічними стрілами та додатковим стріловим обладнанням (подовжувачем-гусаком). Ходова частина вищого рівня, ніж у пневмоколісних машин. Трансмисії – механічні, гідромеханічні або гідрооб'ємні. Швидкість пересування – 40-50 км/год, що дозволяє ефективно здійснювати перебазування крана між об'єктами.



Рисунок 11.6 – Кран моделі КС-5371

На рис. 11.6 показаний гідравлічний кран на короткобазовому шасі моделі КС-5371 вантажопідйомністю – 25 т. Кран призначений для вантажно-розвантажувальних та монтажних робіт у обмежених умовах заводських та складських дворів при реконструкції діючих підприємств. Кран змонтований на спеціальному двовісному шасі підвищеної прохідності. Обидва мости привідні та керовані. Трансмисія – гідромеханічна. Приводами вантажних лебідок та механізму повороту служать аксіально-поршневі гідродвигуни. Силовий агрегат розташований на шасі.

Стрілове обладнання складається з трисекційної телескопічної стріли довжиною 9,5-22 м із синхронним висуванням секцій та подовжувача-гусака некерованого.

Передбачені вантажні операції у режимі "без опор" та пересування з вантажем. Транспортна швидкість – 40 км/год.

Крани на спеціальному короткобазовому шасі, випускають 4...6-ї розмірних груп вантажопідйомністю – 16, 25 і 40 т. Крани мають аналогічну конструкцію та обладнані телескопічними стрілами, висування та втягування яких можна здійснювати під навантаженням. Кранове обладнання кранів на спеціальних автомобільних шасі та на короткобазових шасі максимально уніфіковано.

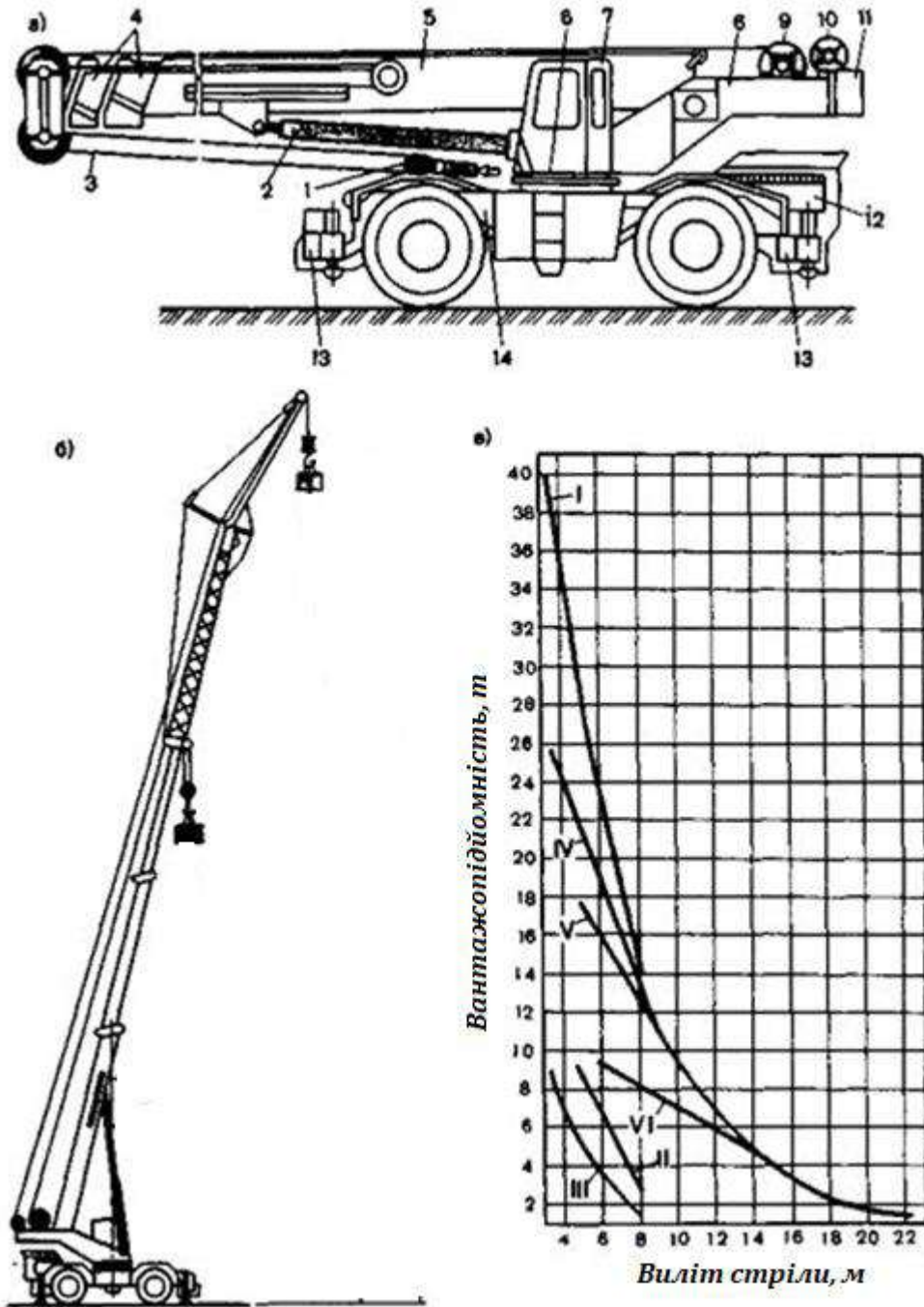
У короткобазових шасі відношення колії до бази машини становить приблизно 0,8...0,9. Крани мають два привідних, незалежно працюючих та керованих мости, що забезпечує кранам високу мобільність та маневреність, підвищену прохідність та можливість роботи у обмежених умовах. Обидва мости всіх шасі кранів взаємно уніфіковані. Крани на короткобазовому шасі використовують на будівельних об'єктах із середніми обсягами робіт. Змінне робоче обладнання кранів – подовжувачі стріл та некеровані гусаки.

Короткобазовий кран 6-ї розмірної групи (рис. 11.7 а) складається з шасі, поворотної частини і робочого обладнання. На рамі шасі встановлені: дизельний двигун, виносні гідрокеровані опори та опорно-поворотний пристрій для з'єднання поворотної частини з рамою шасі. Кожна виносна опора складається з балки з гідродомкратом для підйому крана на опорах та гідроциліндра висування опор. Від дизеля шасі здійснюється привід гідромеханічної трансмісії ходового пристрою та привід аксіально-поршневих насосів кранових механізмів.

Поворотна частина складається з поворотної рами, на якій змонтовані: трисекційна телескопічна стріла з корньовою та двома висувними секціями, вантажним поліспастром та гаковою підвіскою, кабіна машиніста, головна та допоміжна вантажні лебідки, гідроциліндр підйому-опускання стріли та противага.

Кранові механізми приводяться в дію аксіально-поршневими гідромоторами та гідроциліндрами, що отримують живлення від насосів, які розташовані на гідротрансформаторі трансмісії ходового пристрою. Насоси приводяться у обертання від двигуна через насосне колесо гідротрансформатора.

Робоче обладнання крана включає телескопічну стрілу довжиною 10,6 ... 25,2 м, подовжувач довжиною – 10 м і некерований гусак довжиною – 7,5 м з укосиною і відтяжками. Під час роботи з подовжувачем та гусаком кран може здійснювати як основний, так і допоміжний підйоми.



а - загальний вигляд; б - схема крана в робочому положенні; в — графіки вантажопідйомності (головний підйом)

Рисунок 11.7 – Кран на короткобазовому шасі

Короткобазні крани (рис. 11.8) ефективні з вантажопідйомністю до 100 т. Ширина кранів і великі навантаження від своєї ваги на колеса не дозволяють їм пересуватися по дорогах загального користування. Шини великого діаметра і гідродинамічна передача забезпечують високу прохідність, а керовані і привідні обидва мости роблять крани маневреними. Відмітна особливість керування ходом - це можливість пересування "крабом". Швидкість пересування - до 40 км/год. Крани можуть піднімати вантажі і пересуватися з

ними, при цьому маса вантажів досягає 50% вантажопідйомності на виносних опорах.



Рисунок 11.8 – Короткобазові крани

11.6 Компактні крани

У компактних кранах ("Сіті-кранах") (рис.11.9, 11.10) сама назва визначає, що це крани для роботи в обмежених міських забудовах. Привід всіх кранових механізмів, включаючи пересування, є гідравлічний. Силова установка розташована позаду поворотної частини. Крани вантажопідйомністю до 35 т - двовісні (рис.11.9, а) і до 55 т - тривісні (рис. 11.9, б). Кожна вісь привідна і керована. Механізм пересування виконується у вигляді двошвидкісних мотор-колес або двошвидкісних мостів автомобільного типу з індивідуальним приводом кожного моста. Багатосекційна телескопічна стріла в складеному положенні не виходить за габарит шасі крана. При високих вантажовисотних характеристиках маси "Сіті-кранів" порівняно невеликі і дозволяють їм без обмежень їхати по місту зі швидкістю до 80 км/год.

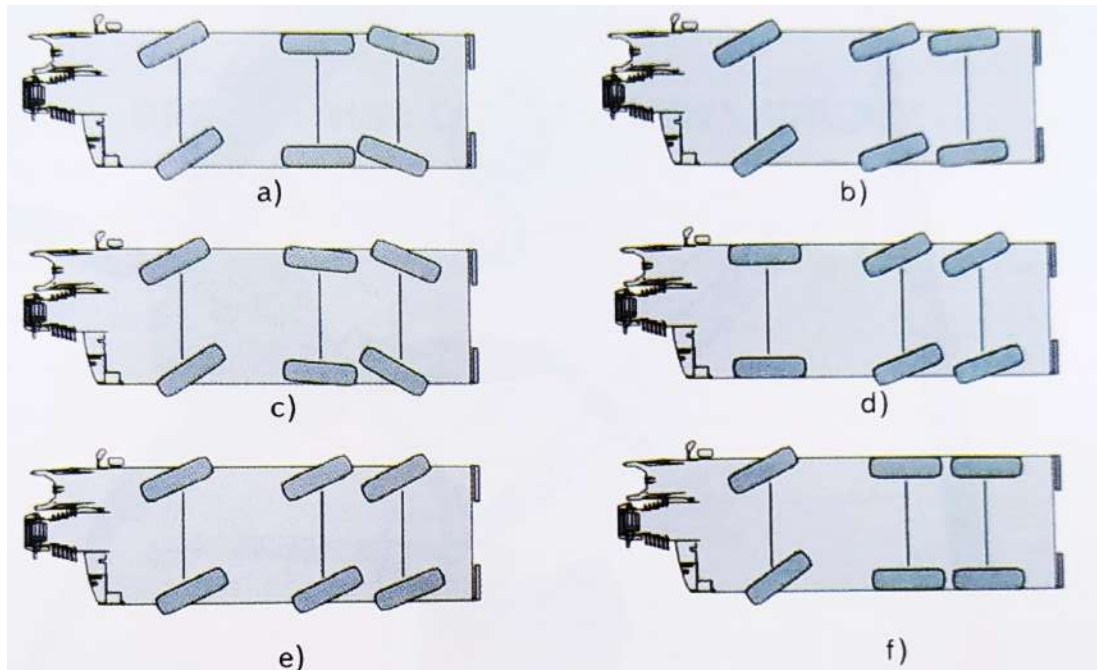
Вантажовисотні характеристики значно поліпшуються, коли встановлюються додаткові секції противаги. Секції противаги перевозяться на візку напівпричепа, який буксирується краном.



а)

б)

Рисунок 11.9 – Компактні крани "Сіті-крани"



а)

б)

с)

д)

е)

ф)

Рисунок 11.10 – Компактні крани "Сіті-крани" (маневреність)

11.7 Міні-крани

Міні-крани (рис. 11.11) - сучасні технічні засоби, без яких неможливі реформування і розвиток житлово-комунального господарства країни.

Будівництво та інновація об'єктів благоустрою та інженерного захисту території, благоустрою населених пунктів, ремонт будівель, ремонт і реконструкція систем тепло- і водопостачання можлива тільки при оснащенні житлово-комунального господарства мікро- і міні-технікою, хоча в Україні міні-техніка практично не застосовується, що не дає можливість механізувати невдячну працю працівників ЖКГ.



Рисунок 11.11 – Міні-крани

Деякі характеристики представників міні-кранів:

1. Міні-крани на гусеничному ході. Привід гідронасосів, що живлять всі механізми, приводиться бензиновим або дизельним двигуном потужністю від 4 до 14 кВт. Швидкість пересування плавно регулюється від 0 до 4,5 км/год, а привід кожної гусениці зі своїм гідромотором дозволяє шасі розвертатися на місці на 360° . Ці міні-крани долають ухили до 35° .

2. Міні-крани італійської фірми змонтовані на триколісному шасі з приводним і керованим заднім колесом. Вантажопідйомність їх становить від 2 до 3,5 т.

3. Для виконання ремонтних і будівельних робіт застосовуються міні-крани з радіокеруванням, з розворотом поворотної частини на 360° . Вантажопідйомність їх становить від 1 до 3 т. Міні-крани мають габарити, що дозволяють проходити навіть в отвори одинарних дверей. Гідрооб'ємний привід кранових механізмів приводиться двигуном внутрішнього згорання або від акумуляторних батарей.

11.8 Методи збільшення вантажопідйомності стрілових кранів

До двократного збільшення вантажопідйомності кранів, особливо на великих вильотах, досягають за рахунок застосування пристроїв підвищення вантажопідйомності (ППВ).

Якщо область допустимої вантажопідйомності обмежена стійкістю, то її збільшення досягається за рахунок додаткової противаги, яка підвішується на стійці, змонтованої на хвостовій частині поворотної рами.

Коли область допустимої вантажопідйомності обмежена міцністю стріли в площині її підвісу, то розвантаження стріли досягається за рахунок установки контрстріли ("Дерік").

Для кранів надвисокої вантажопідйомності для унікальних підйомів встановлюється ППВ - "суперліфт", дозволяючий збільшити стійкість, розвантажити стрілу і ОПП.

У цій конструкції візок з додатковою противагою з'єднаний з поворотною частиною крана і прикріплений на гнучкому підвісі до голівки контрстріли.



Рисунок 11.12 - Пристрій збільшення вантажопідйомності стріли

Візок з допомогою гідравлічних опор можна підняти і розгорнути в положення, необхідне для повороту крана або пересування по майданчику.

Для підвищення вантажопідйомності телескопічних стріл розроблено пристрій, що складається з двох укосин, які закріплюються на стрілі за допомогою адаптера і системи відтяжок (рис. 11.12). Укосини гідроциліндрами встановлюються в одному з трьох положень в площині перпендикулярній стрілі під кутом 30° і 60° . Встановлені перпендикулярно стрілі укосини зменшують прогин в площині підвісу, а повернені на 30° і 60° зменшують деформації і напруги в стрілі в бічному напрямку і частково – в площині підвісу гака.

Так, наприклад, кран Demag AC 500-1, має основну стрілу завдовжки 51 м і 88,5-метровий керований гусак, піднімає 3,4 т. При установці даного ППВ вантажопідйомність зростає до 6,6 т. У межах підйому, необхідного для монтажу, можна домогтися 50% збільшення вантажопідйомності в порівнянні зі стандартною конфігурацією крана.

11.9 Профілі телескопічних стріл

Сьогодні більшість стрілових самохідних кранів оснащуються телескопічними стрілами, що представляють консольно закріплені стрижні змінного перерізу. Прагнення максимально полегшити вагу цих стріл призвело до застосування при їх виготовленні високоміцних сталей з межею плинності $\sigma_T = 900 - 1000$ МПа. Це, в свою чергу, призвело до підвищеної податливості стріл. Так, наприклад, прогин стріли крана КС-10471, виготовленого на АТ "Краян" (м. Одеса), вантажопідйомністю 250 т при довжині стріли $L = 50$ м досягав 5 м. Настільки значні прогини, особливо в площині перпендикулярній площині підвісу стріли, викликані дією горизонтальних сил, пояснюються нелінійною залежністю деформацій стріл від цих сил, а також впливом дії вантажу і власної ваги стріл.

Надлишкова податливість телескопічних стріл не тільки призводить до необхідності посилення конструкції (як наслідок, до їх збільшення ваги) в зв'язку з появою додаткових деформуючих моментів від корисного вантажу і власної ваги, що істотно впливає на експлуатаційні якості: збільшується період власних коливань, утруднюється подача вантажів до місця монтажу, з'являється необхідність компенсації прогинів стріли в площині її підвісу з метою збереження незмінним номінального вильоту під вантажем, що, в свою чергу, призводить до непродуктивного використання простору під стрілою і необхідності в надлишковому ході гідроциліндра підйому стріли.

Найбільш ефективним методом боротьби з підвищеними прогинами телескопічних стріл стало створення і застосування оптимальних поперечних перерізів стріл і застосування різних пристроїв підвищення вантажопідйомності.

Форма поперечного перерізу стріл з року в рік удосконалювалася. На наведених нижче чотирьох перетинах стріл (рис.11.13) праворуч дані епюри сумарних напружень згину з урахуванням тільки напружень стиску в площині підвісу вантажу, як визначальні при розрахунку стійкості стінок.

Профіль на рис.11.13, *a* історично – найперший. Реакції P_H створюють в верхньому поясі згинаючий момент

$$M_0 = P_H \cdot f \quad (11.1)$$

і відривають верхній зварний шов. Нижній пояс і стінки через небезпеку втрати стійкості виконуються досить товстими. Профіль на рис. 11.13, *б* виконується зварним зі стиком по нейтральній лінії. У профілі немає консолі,

що викликає згин в верхньому поясі, реакції сковзунів не відривають зварні шви верхньої полиці, тому що немає швів і немає консолей, що створюють згинаючий момент. Однак, на секціях довгих стріл необхідно встановлювати елементи жорсткості на стінках, що зменшує простір для розміщення секцій. Як наслідок - зменшення жорсткості довгої стріли.

Профіль на рис.11.13, в - попередник сучасного профілю. Однак і в цьому випадку, не дивлячись на те, що кут вигину нижнього пояса – $30...35^\circ$ дозволяє зменшити висоту стінок. Необхідно все-таки спеціальними профілями збільшити стійкість вертикальних листів. Введення жорсткостей також зменшує простір для розміщення секцій телескопа і, як наслідок, зменшується жорсткість довгих стріл.

На рис.11.13, г, д, е показані профілі сучасних стріл. Нижня частина виконана у вигляді кола, еліпса або вписаного в ці контури багатокутника. В основному виконанні профілю зображений сковзун, який охоплює нижню частину секції майже до середини профілю. Профіль на рис.11.14 більш технологічний, ніж профілі на рис.11.13 і дозволяє виготовляти секції довжиною до 12 м з нижньою частиною, що є не закругленою, а являється багатогранною, вписаною в контур еліпса.

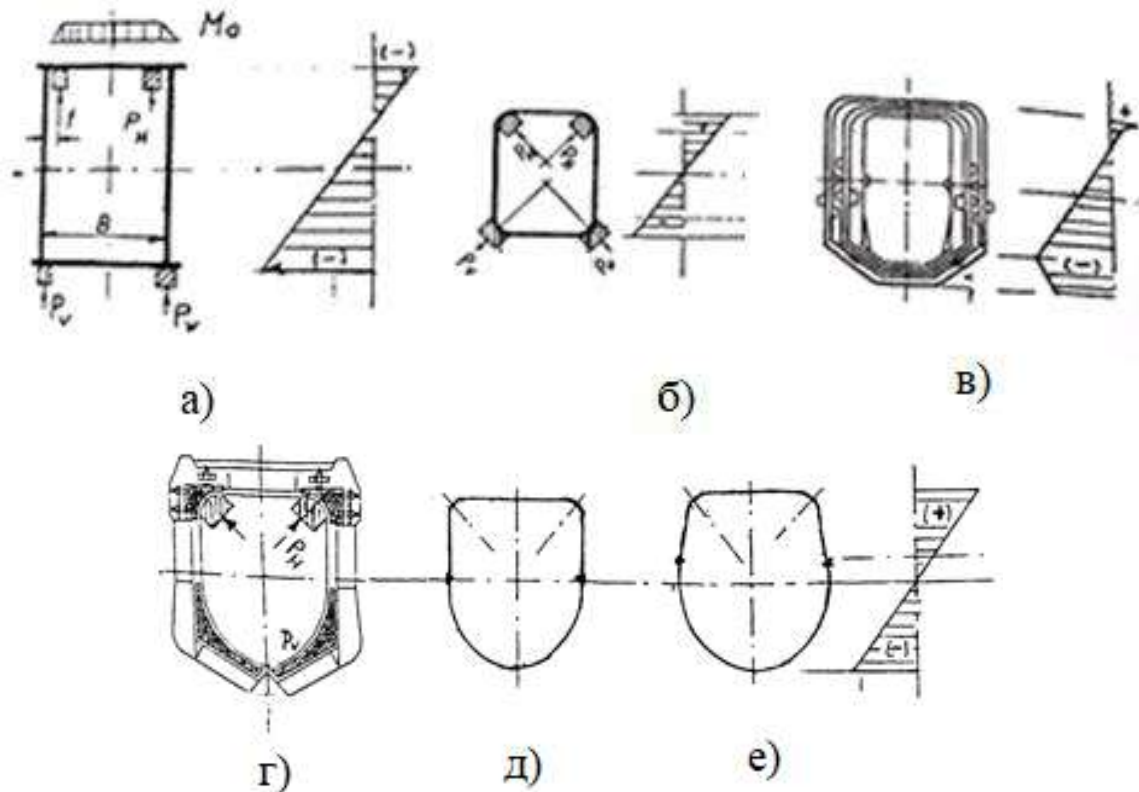


Рисунок 11.13 – Профілі поперечних перетинів телескопічних стріл

В даний час кращим профілем стріли можна вважати профіль багатогранника, з наближенням форми нижньої частини до овальної. Ще раз про її переваги:

- відпадає необхідність в елементах жорсткості, з усіма їх недоліками;
- порівняно низька трудомісткість;

- висока жорсткість профілю досягається застосуванням високоміцних, термооброблених, дрібнозернистих сталей StE 960, StE 1100, що дозволяє витримувати високі допускні напруги без загрози викривлення;

- навантаження від сковзунів передаються оптимально, так як сковзун охоплює профіль;

- сковзуни забезпечують високу щільність, що особливо ефективно проявляється при крученні стріли, при додатковому фіксуванні телескопічних секцій між собою можна домогтися майже повної відсутності зазору між секціями (одноциліндрове телескопування з фіксацією секцій);

- виготовлення овального профілю шляхом багаторазового гнуття підтверджує ще раз доцільність призматичної направляючої, стріла при виготовленні залишається прямою і зберігає цю властивість і у висунутому стані.

Таким чином, разом з іншими перевагами, наприклад, одержуваними при впровадженні нових розробок механізмів телескопування, застосування овальної телескопічної стріли є найбільш оптимальним.



Рисунок 11.14 – Сучасні профілі стріл

В розрахунках із площини підвісу вантажу телескопічна стріла розглядається як консольна балка, закріплена біля основи.

До несподіваного висновку призводить розрахунок згину стріли при односторонньому нагріванні.

Якщо навесні рано вранці сонце освітлює збоку стрілу, а температура повітря ще досить низька, то одна з сторін стріли нагрівається, а протилежна залишається холодною. Внаслідок подовження від нагрівання сонячної сторони стріла зігнеться по дузі радіуса R_m . Довжина холодної сторони зігнутої стріли, очевидно, дорівнює довжині стріли L_T . Довжина нагрітої частини стріли

$$L_A = L_T(1 + \alpha \cdot \Delta t), \quad (11.2)$$

де $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ - коефіцієнт лінійного розширення сталі, м/град;

Δt - перепад температур в градусах Цельсія.

Позначимо

$$B_m = (B_1 + B_2 + \dots + B_x)/X, \quad (11.3)$$

де B_M - середня ширина стріли, м;
 X - кількість секцій стріли.
 Різниця довжин дуг внутрішньої і зовнішньої сторони

$$L_T(1 + \alpha \cdot \Delta t) - L_T = \varphi(R_A - R_1), \quad (11.4)$$

де φ - кут дуги зігнутої стріли, рад;
 R_A - зовнішній радіус зігнутої стріли, м;
 R_1 - відповідно, внутрішній радіус, м.

Звідки

$$\varphi = \frac{L_T \alpha \cdot \Delta t}{B_M}, \quad (11.5)$$

$$R_M = \frac{L_T}{\varphi} + 0,5 B_M = B_M \left(\frac{1}{\alpha \Delta t} + 0,5 \right). \quad (11.6)$$

З подоби трикутників знаходиться відхилення голівки стріли

$$X_T = \frac{L_T^2}{2R_M} = \frac{L_T^2 \alpha \Delta t}{B_M(2 + \alpha \Delta t)}. \quad (11.7)$$



Рисунок 11.15 – Згин стріли при односторонньому нагріванні

Якщо подовжувач виконано у вигляді ґратчастої конструкції, то практично деформації від нагрівання не буде.

Відхилення на подовжувачі

$$X_S = L_S \operatorname{tg} \varphi = L_S \frac{L_T}{R_M}. \quad (11.8)$$

Сумарне відхилення на подовжувачі складає

$$X_G = X_T + X_S. \quad (11.9)$$

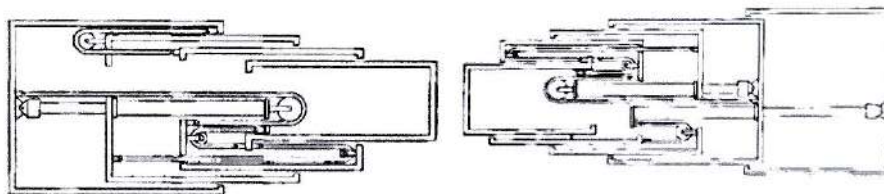
Так при довжині стріли $L_T = 40$ м, довжині ґратчастого подовжувача $L_S = 18$ м, ширині $B_M = 0,6$ м і перепаді температур 35°C відхилення X_G складе більше 1 м.

У цьому розрахунку не враховані фактори, що впливають на подальше істотне збільшення пружних деформацій стріли, а саме: вага вантажу, власна вага, прискорення, тиск вітру.

У той же час показана важливість врахування "сонячного" чинника при розрахунках стріл, а також необхідність враховувати цей фактор при експлуатації, особливо при роботі з довгими стрілами.

11.10 Схеми телескопування стріл

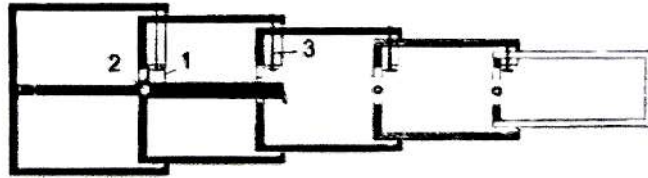
Висування секцій телескопічних стріл довжиною до 30 м проводиться одним гідроциліндром і системою поліспастів. Довші стріли телескопуються двома гідроциліндрами і системою поліспастів (рис. 11.16). Новітні розробки висунення секції одним циліндром з фіксацією кожної секції знаходять все більше застосування, особливо на кранах великої вантажопідйомності і компактних кранах (рис. 11.17).



Телескопування одним циліндром і системою поліспастів

Телескопування двома циліндрами і системою поліспастів

Рисунок 11.16 – Різні схеми телескопування стріл



- 1 - поперечне коромисло; 2 - зачіп циліндра з телескопуємою секцією;
3 - палець фіксації секцій

Рисунок 11.17 – Телескопування одним циліндром з фіксацією секцій

Овальна форма та мінімальні відступи між секціями забезпечують міцність і жорсткість стріли.

Сталь розрахункових елементів металоконструкцій стріл вибирається з урахуванням схильності до крихкого руйнування і гарантії зварюваності. Для оцінки схильності сталі до переходу в крихкий стан при низькій температурі використовують данні випробувань стандартних зразків на ударну в'язкість при температурах -20° і -40° . Енергія удару при випробуваннях повинна бути не менше 27 Дж/см^2 .

Сталі для зварних металевих конструкцій підйомно-транспортних машин вибираються за галузевим стандартом України ДСТУ 3-063. У ГОСТ 22827 обумовлена мінімальна температура експлуатації - мінус 40° . В ДСТУ 3-063 введені градації для районів експлуатації по ГОСТ 16350.

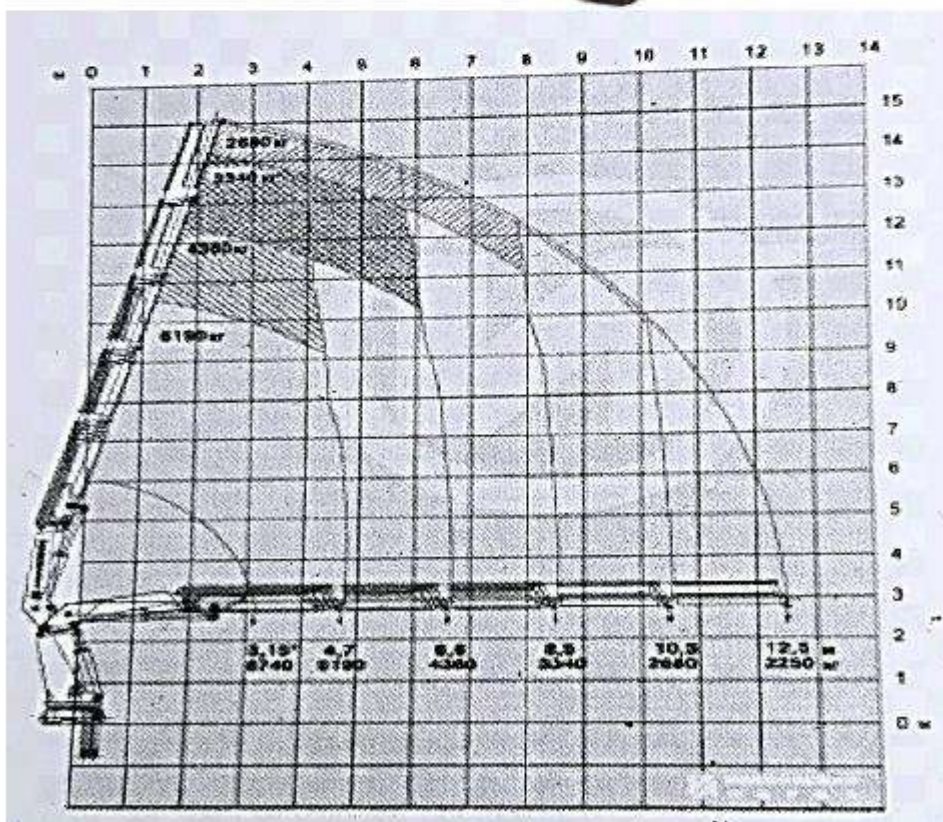
Для виготовлення металоконструкцій стрілових самохідних кранів застосовують високоміцні сталі, що дозволило створити легкі і міцні конструкції. Однак, втомна міцність зварних з'єднань високоміцних сталей при випробуваннях понад $6 \cdot 10^6$ циклів не вище, ніж сталей з міцністю 520...550 МПа.

11.11 Гідроманіпулятори

На Заході гідроманіпулятори набули такого поширення саме з міркувань економії, оскільки мінімальна вантажопідйомність крана на автомобільному шасі - 35 т, а виробництво крана меншої вантажопідйомності економічно безглуздо. Поступово утворилася вільна ніша для переміщення вантажів масою від 1 до 30 т, яку і зайняли гідроманіпулятори, за ціною в кілька разів дешевшими за автокран.



а)



б)

а) загальний вигляд; б) вантажна характеристика
Рисунок 11.18 – Автомобільні гідроманіпулятори

Зниження ваги стрілових самохідних кранів досягається за наступних засобів:

- високолеговані сталі для зниження ваги кранів, фірма «Liebherr» використовує марку сталі з межею міцності 1300 МПа (сталь марки ST300), з неї виготовляють телескопічні стріли кранів останніх моделей з відповідним лазерним і лазерно-гібридним (комбінованим) зварюванням;

- застосування на кранах більш міцних та легких синтетичних канатів KZTM 100 замість сталевих також сприяє зниженню ваги крана;
- використання нейлонових вантажних канатів лебідки, які також міцні як сталеві, але досить легкі, щоб плавати на воді;
- на мобільних кранах серії Explorer використовується асиметрична система позиціонування аутригерів, що забезпечує експлуатаційну гнучкість крана під час планування проектів виконання робіт.

Виникає питання, «чи є межа зниження ваги самохідних стрілових кранів?»

11.12 Сучасні світові моделі стрілових кранів

На наступних рисунках 11.19...11.28 приведені досить широковикористовуємі сучасні стрілові самохідні крани на пневмоході різних світових виробників.



Рисунок 11.19 - Автокран КАТО НК-160 S-II

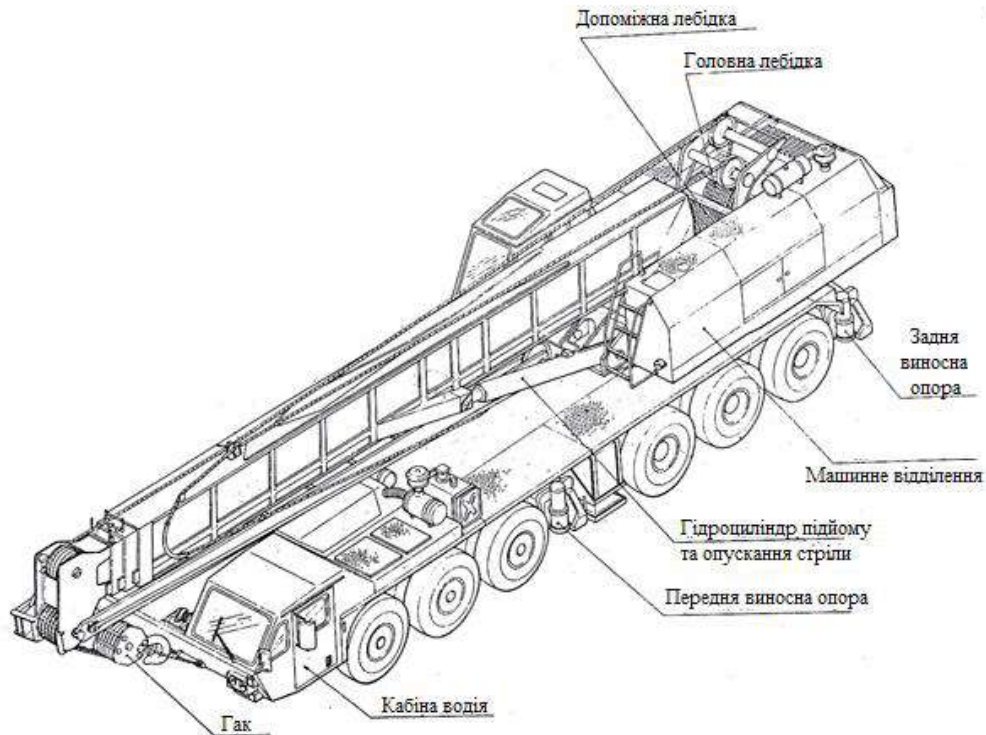


Рисунок 11.20 - Схема розміщення механізмів автокрана КАТО моделі НК-750YS-S

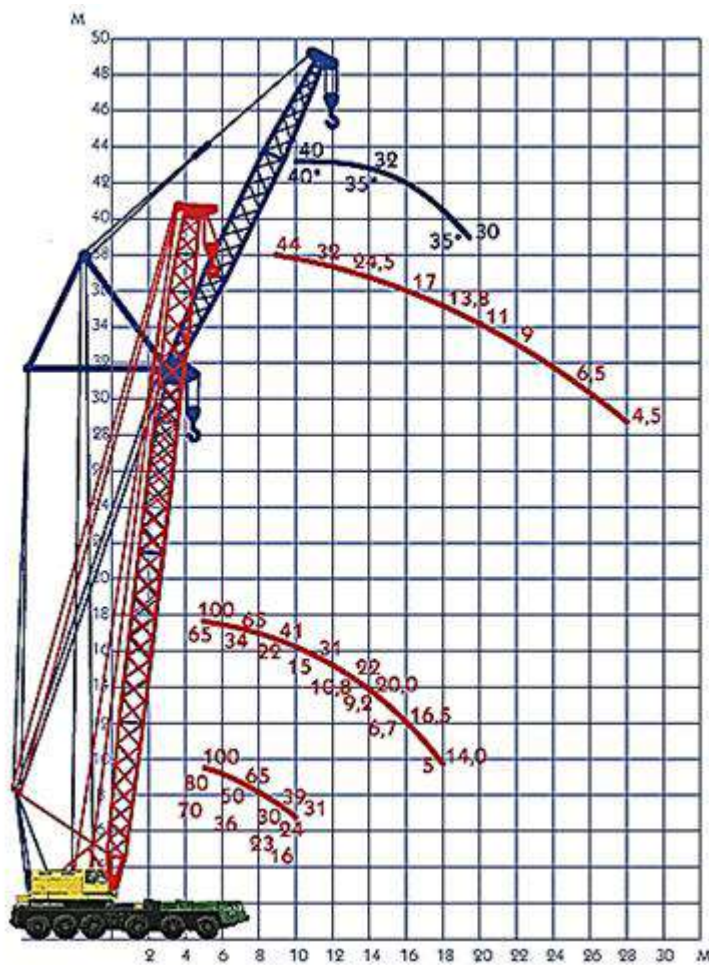


Рисунок 11.21 - Вантажопідйомні характеристики монтажної автокрана "Январець КС-8562" з ґратчастою стрілою



Рисунок 11.22 – Кран Tadano ATF 100-5



Рисунок 11.23 – Мобільний кран типа LTM 1400-7.1

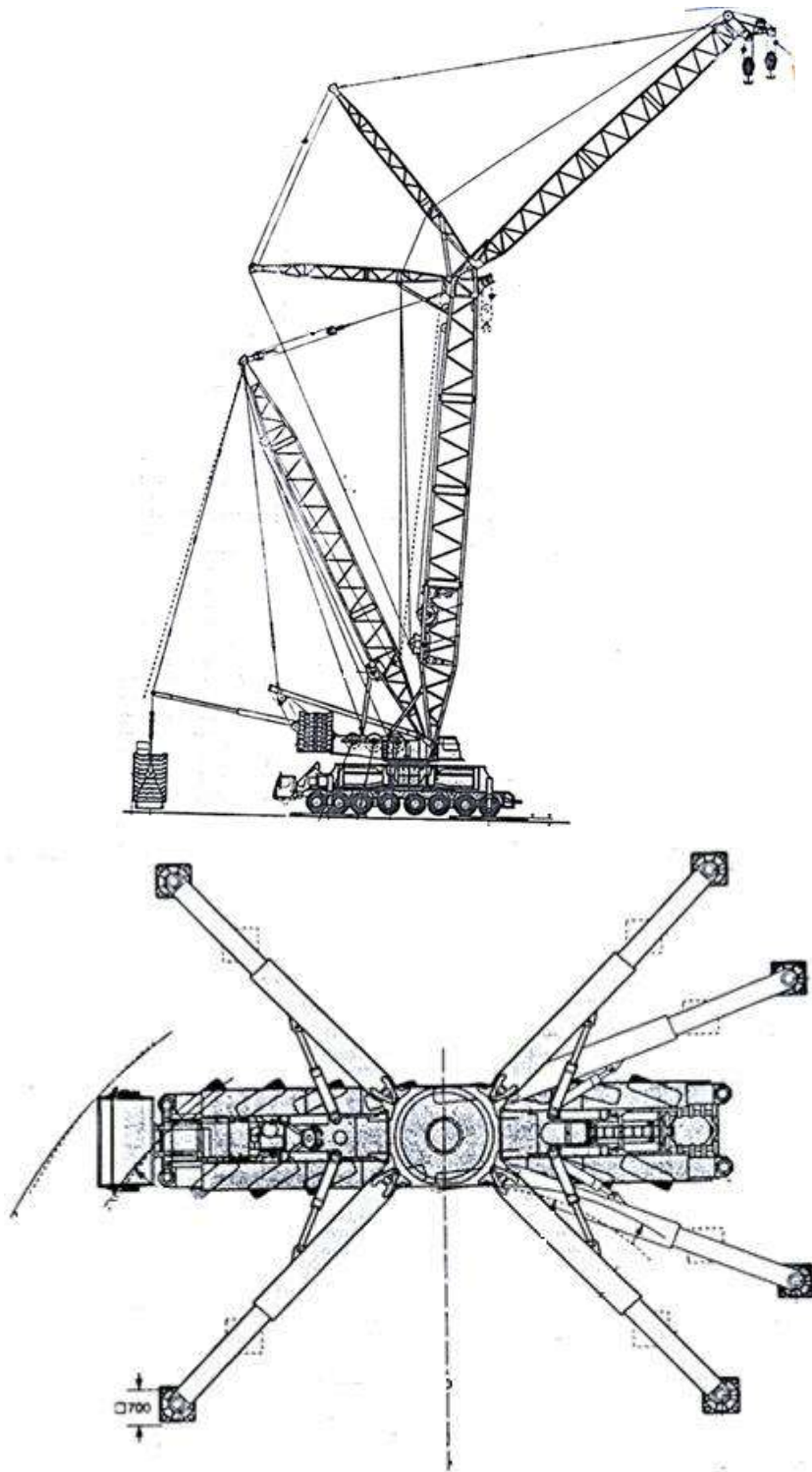


Рисунок 11.24 – Кран Liebherr LG 1750



Рисунок 11.25 - Кран Terex DEMAG AC 500-2

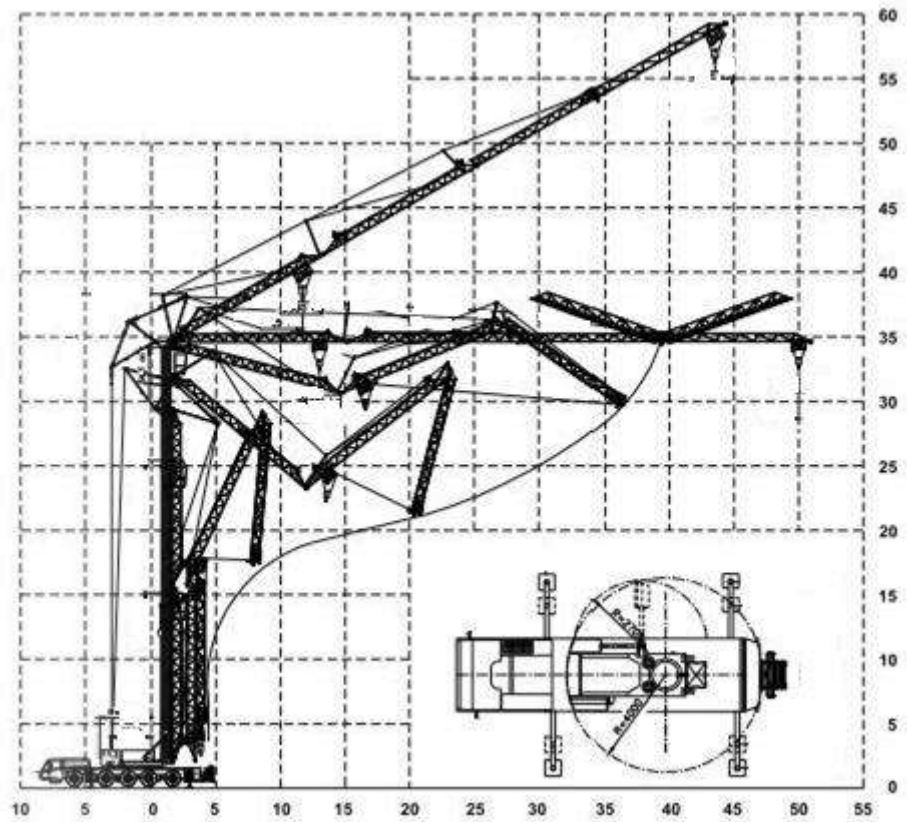


Рисунок 11.26 – Стріловий швидкокомунтуемий кран SPIERINGS SK599-AT5



Рисунок 11.27 – Кран TEREX DEMAG AC 1000

Технічні характеристики крана TEREX-DEAMAG AC 1000

| | |
|---|-----------------------------------|
| Максимальна вантажопідйомність/виліт | 1200 т/3 м |
| Головна стріла | 13,5-50/100 м |
| Подовжувач стріли | 128 м/75 м/69 м/12 м/15 м |
| Максимально можлива довжина системи | 33,3+4,0+126,0=163,3 м |
| Габаритна довжина | 22,48 м |
| Довжина шасі | 17,15 м |
| Радіус розвороту по оголовку стріли | 20,31 м |
| Двигун шасі | DaimlerChrysler (480 кВт/653 к/с) |
| Максимальна швидкість у похідному стані | 80 км/год |
| Колісна формула | 18×8×18 |
| Тип шин | 14.00 |
| Максимальний ухил, що долає кран | 38% |
| Максимальна противага | 168/228т |



Рисунок 11.28 - Liebherr LTM 11200-9.1 "Мамонт" - самохідний телескопічний кран

Liebherr LTM 11200-9.1 у своїй категорії є найпотужнішим краном. Значно посилена секція дозволяє Liebherr LTM 11200 піднімати до 1200 т вантажу при вильоті стріли 2,5 м. Подібні характеристики відкривають широкі обрії при будівництві. Вага 96 т і максимальна швидкість 75 км/год дають можливість досить оперативно доставити кран до місця будівництва.

Для спрощення пересування та стійкості для цієї будівельної машини було використано дев'ятиовісний ходовий пристрій. Збільшена маневреність та підвищена прохідність роблять автокран Liebherr LTM 11200 цінною знахідкою під час будівництва.

Технічні характеристики крану Liebherr LTM 11200-9.1

| | |
|----------------------------------|--|
| Базовий привід | 8-ми циліндровий дизельний двигун фірми Лібхерр з турбонагнітачем, 500 кВт |
| Колісна формула | 18 x 8 x 18 |
| Вантажопідйомність, т | 1200 |
| Виліт телескопічної стріли, м | 18.3 – 100 |
| Швидкість пересування, км/год | 75 |
| Повна маса з основною стрілою, т | 96 |
| Гратчастий подовжувач стріли, м | 24-126 |

Найбільша в Китаї і шоста за величиною в усьому світі компанія Zoomlion, Ltd, що займається виробництвом будівельної техніки нещодавно потрапила в Книгу рекордів Гіннеса зі своєю новою розробкою - колісним автокраном Zoomlion ZACB01 (рис. 11.29) з "максималкою" – 2000 тонн. Техніка стане лідером в своїй сфері, як за вантажопідйомністю, так і по висоті роботи. Розроблялася вона на основі 12-вісного повнопривідного шасі (24x24) моделі QAY 2000. Автокран також отримав чотири двигуни потужністю 650, 260, 460 і 150 кінських сил, відповідно. Повна вага автокрана становить 69 тонн, а телескопічна стріла може досягати довжини в 106 метрів.



Рисунок 11.29 – Колісний кран Zoomlion ZACB01

12. ГУСЕНИЧНІ КРАНИ

Гусеничні крани є поворотними стріловими самохідними кранами. Залежно з умовами роботи крани обладнують змінними стрілами різної довжини і конфігурації (прямі, вигнуті, телескопічні).

За конструктивними особливостями гусеничні крани поділяються на дві групи.

Стрілові самохідні крани. Індокси: "ДЕК", "СКГ", "МКГ", "МКГС", "RDK". Монтажні гусеничні крани мають вантажопідйомність – 160 т і більше (наприклад, крани МКГС-250 та МКТ-250). Привід окремих механізмів цих кранів, зазвичай, індивідуальний.

Крани-екскаватори з механічним приводом виготовляються з урахуванням екскаваторних вузлів. Крани-екскаватори мають невелику вантажопідйомність (не більше 50 т) та груповий привід механізмів.

Крани типу "СКГ" вантажопідйомністю – 24, 40, 63, 100 т випускаються з різними типами стрілового обладнання:

- трубчастими стрілами з короткими гусаками;
- стрілами-вежами з довгими гусаками.

Довжина стріл у гусеничних монтажних кранів досягає 100 м і більше. Швидкості рухів відповідають вантажопідйомності крана і вильоту стріли і, зазвичай, становлять: підйом вантажу – 5-25 м/хв, обертання від – 1 до 4 об/хв, час підйому стріли з нижчого положення – від 1 хв до 3 хв, швидкість пересування крана (під час роботи) – від 1 км/год до 10 км/год. Стрілові крани виконують з гаковими захоплювачами, а дизель-електричні - також із електромагнітом. Гусеничні крани мають змінну вантажопідйомність, найбільшу при найменшому вильоті та використанні виносних опор – до 300 т і більше.

Гусеничний кран складається з двох основних частин: поворотної та неповоротної.

Принцип устрою поворотної частини аналогічний конструкції колісних кранів.

Неповоротна частина є ходовою зварною рамою, з'єднаною з двома поздовжніми балками, на яких встановлені бортові редуктори. Поворот крана здійснюється гальмуванням однієї з гусениць, при цьому швидкість другої збільшується. При повному загальмуванні однієї гусениці швидкість другої збільшується вдвічі, а кран розвертається.

Механізми пересування виконуються з розділеними приводами гусеничних візків за декількома конструктивними схемами.

Механізми підйому мають дводвигуновий привід з диференціалом, що дає чотири швидкості.

Привід кранів малої вантажопідйомності здійснюється від дизеля з механічною трансмісією, а при вантажопідйомності більше 16 т від дизель-генераторної установки. Крани, що мають силову установку на змінному струмі, можуть працювати від зовнішньої мережі. Проте схема з

турботрансформатором досить складна і може бути здійснена при застосуванні лише стандартних вузлів і деталей. Застосування індивідуального приводу щодо цього має великі переваги. У гусеничних монтажних кранах застосовують виключно індивідуальний привід, і окремі моделі відрізняються, головним чином, тільки компонованням механізмів на поворотній платформі.

Гусеничні крани застосовуються для вантажно-розвантажувальних, будівельно-монтажних робіт і знаходять широке застосування в енергетичному будівництві як під час роботи на укрупнювальних майданчиках, так і при монтажі обладнання. Перевагою гусеничних кранів є те, що вони не вимагають спеціальної підготовки робочого майданчика у зв'язку з малим питомим тиском на ґрунт, мають достатню маневреність, можуть повертатися на місці з вантажем і без нього.

Монтаж та демонтаж здійснюють згідно з Інструкцією та Правилами Техніки безпеки та БНП. Етапи можуть бути різними для моделей кранів.

У зв'язку з низькою власною швидкістю переміщення (менше 1 км/год) і високим зносом стрічок, а також у зв'язку з обмеженням проїзду асфальтовими та бетонними дорогами механізмами на гусеничному ходу (ушкодження покриттів), крани перевозять (залежно від відстані) наступними способами (На прикладі крана RDK).

Залізницею перевозять кран в розібраному стані на окремі укрупнені вузли на платформах. Кран транспортується зі знятою стрілою, укосина опускається у транспортне положення. Кабіну керування також необхідно знімати. Розміщення та кріплення вузлів на залізничних платформах та напіввагонах повинно проводитись відповідно до креслень та розрахунків кріплення, затверджених у встановленому порядку. При цьому керуються "Технічними умовами навантаження та кріплення вантажів".

Автошляхами кран може перевозитися окремими вузлами стандартним автотранспортом, залежно від місцевих умов, характеристики транспортних засобів та вимог ДІБДР. При цьому керуються "Правилами дорожнього руху" та Інструкцією з монтажу крана. Кожне транспортування необхідно узгоджувати з місцевими органами ДІБДР (отримання дозволу, видача машини супроводу тощо).

При перевезенні водним транспортом керуються БНП та "Правилами техніки безпеки та виробничої санітарії на вантажно-розвантажувальних роботах у портах та на пристанях".

12.1 Сучасні гусеничні крани

Гусеничний кран з телескопічною стрілою фірми «Liebherr» приведений на рис. 12.1.

Переваги та особливості гусеничних кранів Лібхерр:

- виняткова прохідність по бездоріжжю та маневреність;
- використання методу "Pick-and-Carry" (зацепити та нести) з повним навантаженням;
- мінімальний час монтажу;
- можливість роботи крана з бічним нахилом до 4° , у тому числі при зменшеній ширині колії;
- самостійне і швидко перебезування на будмайданчику.



Рисунок 12.1 – Телескопічний гусеничний кран LTR

Гусеничний кран LR 11000 фірми «Liebherr» з ґратчастою стрілою приведений на рис. 12.2.

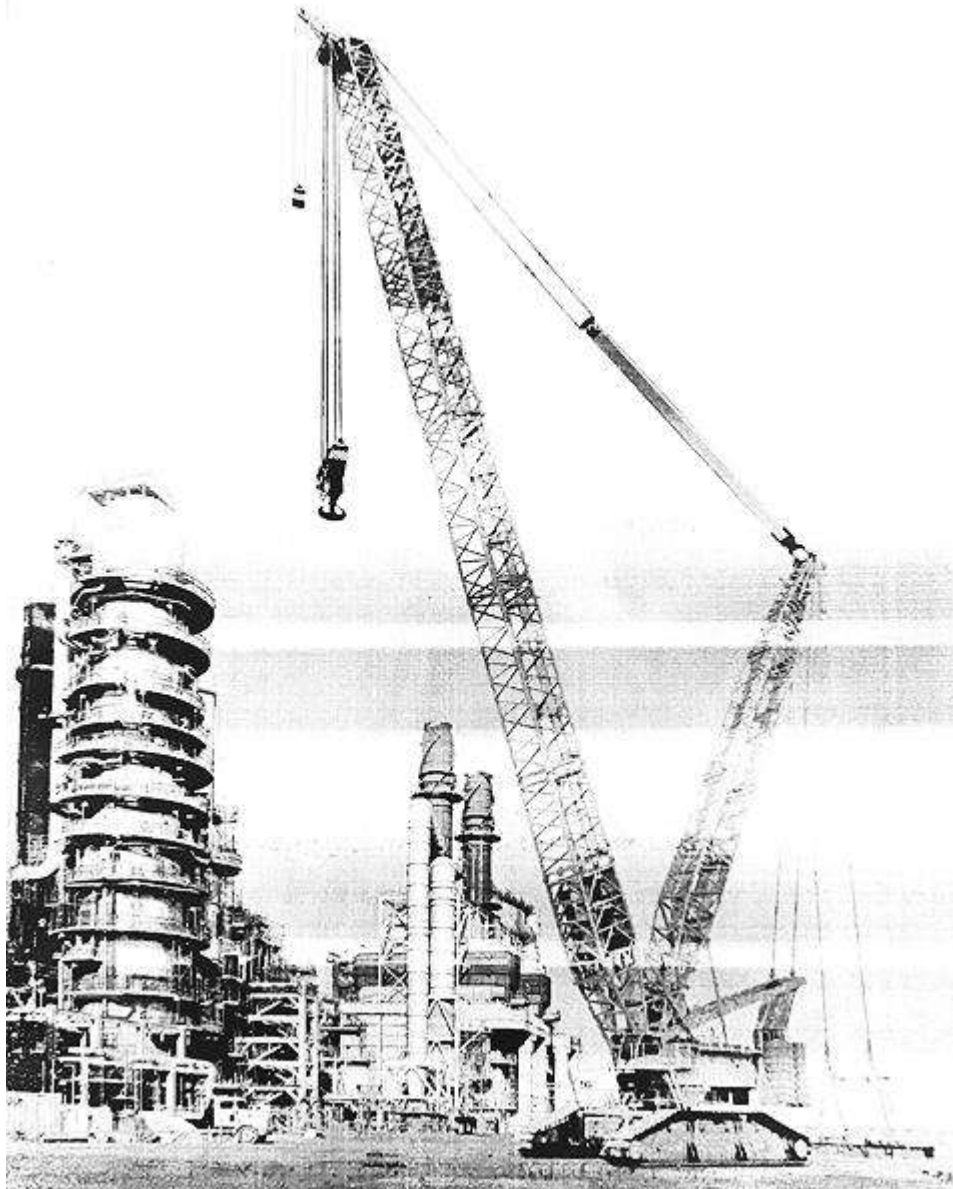


Рисунок 12.2 – Гусеничний кран з ґратчастими стрілою і деріком

Властивості гусеничного крана LR 11000:

- висока вантажопідйомність – 1000 т із різними стріловими системами;
- збільшення вантажопідйомності завдяки стрілі "PowerBoom";
- для транспортування компоненти крана оптимізовані за вагою (не більше 45 т);
- завдяки компактній конструкції ідеально підходить для роботи також і в обмежених умовах.

Гусеничний кран з телескопічною стрілою Tadano Mantis GTC-1200 приведено на рис. 12.3.



Рисунок 12.3 - Кран Tadano Mantis GTC-1200

Кран 130-тонний має стрілу із двома режимами висування, систему моніторингу HELLO-NET, систему обмеження вантажного моменту Tadano AML-C. Гідроциліндри, лебідки та гусак вироблені Tadano Group.

Модель GTC-1200 обладнується п'ятисекційною стрілою завдовжки від 12,8 до 47,2 м. Передбачено можливість транспортування регламентованого вантажу на гаку. На основну стрілу встановлюється 3,8-метровий гусак максимальною вантажопідйомністю – 44 т, а також стандартний гусак довжиною 10,3-18 м і вантажопідйомністю – 39,9 т. Крім цього, як виконання доступні 7-метрові двосекційні ґратчасті гусаки. Кут установки гусаків становить 0° , 20° і 40° , а максимальна висота при встановленні додаткового стрілового обладнання дорівнює 82 м. На крані використовується дизельний двигун Cummins QSL 9 потужністю – 350 к.с. (261 кВт). Максимальна швидкість пересування становить 2,6 км/год, а долається незавантаженим краном ухил колії в 52%.

Концерн «LIEBHERR», виводячи на ринок модель LR 13000 — найпотужніший гусеничний кран традиційної конструкції, значно розширює номенклатуру своїх гусеничних кранів (рис.12.4). Найважливішою сферою застосування нового крана LR 13000 є будівництво електростанцій. Підйом надзвичайно великих одиничних вантажів потрібен особливо під час будівництва атомних електростанцій останнього покоління.



Рисунок 12.4 – Гусеничний кран LR 13000

Зростаюча потреба у підйомі попередньо змонтованих модулів як комплектних вузлів також веде до зростання ваги одиничного вантажу. І в нафтопереробній промисловості зростає попит на підйом промислових колон вагою по 1500 т і довжиною по 100 м. Для попереднього монтажу шельфових сталевих конструкцій, таких як нафтові платформи, також потрібні все більш потужні крани.

Новий кран LR 13000 концерну «LIEBHERR» є єдиним гусеничним краном такого класу вантажопідйомності, який може працювати без дерік-баласту. Це забезпечено виключно міцною та надійною конструкцією опорно-поворотного кола, розробленого та випущеного самим концерном «LIEBHERR».

Технічні характеристики гусеничного крана LR 13000

| | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Вантажопідйомність, т | 3000 |
| Вантажний момент, кНм | 650000 |
| Висота підйому, м | 240 |
| Виліт стріли, м | 160 |
| Двигун гусеничного шасі/двигун крана | Два 8-циліндрових турбодизеля Лібхерр |
| Потужність, кВт/ к.с. | 1000 /1360 |
| Ширина колії, м | 14 |
| Баласт поворотної платформи, т | 750 |
| Центральний баласт, т | 150 |
| Дерік-баласт, т | 1500 |

Ринкові якості крана LR 13000:

- найпотужніший у світі гусеничний кран традиційної конструкції;
- максимальна вантажопідйомність – 3000 т;
- максимальна конфігурація стріли – 120 м + 126 м;
- стрілова система може бути встановлена у чотирьох варіантах (від легкого до надважкого);
- повністю заново розроблена та захищена патентами великовантажна стріла;
- оптимізовано для транспортування: ширина – 4 м, вага окремого вузла трохи більше – 70 т;
- бетонний баласт можна просто та економічно перевозити у вигляді 20-футового контейнера з поворотним замком;
- можливість збільшення баласту поворотної платформи для роботи без дерік-баласту.

Особливостями конструкції крана LR 13000 є такі.

Баласт основний розміщений на поворотній платформі (рис. 12.5). Баласт може бути розміщений на поворотній платформі і підвішений на дерік-стрілі (рис.12.6, а) одночасно, або тільки на поворотній платформі (рис.12.6,б). Баластування здійснюється спредером, що підсвічує зручність при роботі, а також дозволяє отримати економію при транспортуванні, так як баластні плити – по 25 т мають точний розмір 20-футового контейнера (рис. 12.9, а). Крім того, оголовок стріли (рис.12.8) та гакова підвіска (рис. 12.9, б) побудовані за модульним принципом, що дозволяє ефективно та економічно піднімати до 2150 т і максимальні – 3000 т. На гаковій підвісці знаходиться

всього 30 блоків. З метою розширення можливостей кран оснащений системою безступінчастої зміни вильоту дерік-стріли (рис.12.7).

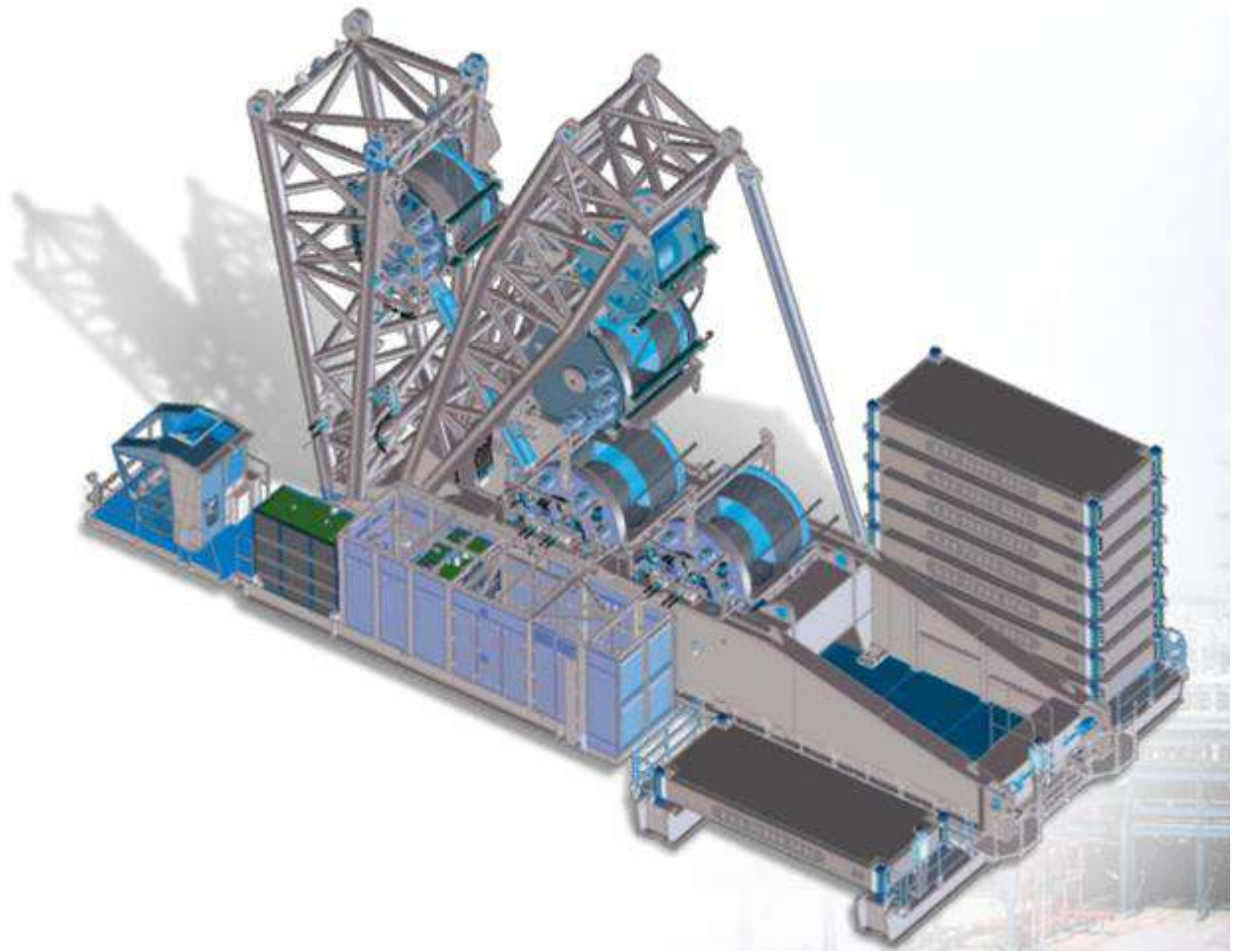


Рисунок 12.5 – Баласт поворотної платформи



а)



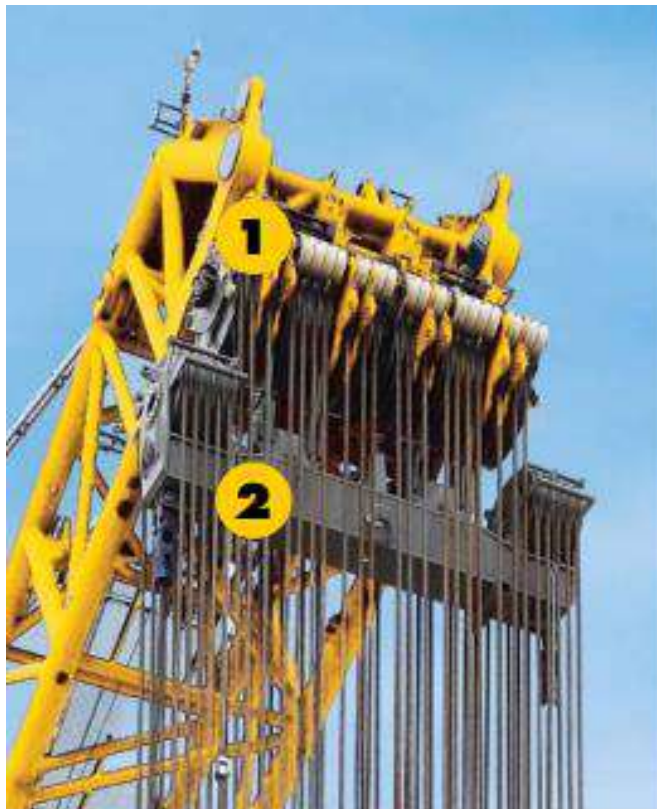
б)

а) з дерік баластом та баластом поворотної платформи 400 т; б) без дерік баласту, з баластом поворотної платформи 750 т

Рисунок 12.6 – Можливість зміни баласту поворотної платформи



Рисунок 12.7 - Безступінчаста зміна вильоту дерік-стріли



1 – Стандартний комплект блоків до 2150 т; 2 – Траверса для особливо важких вантажів до 3000 т
Рисунок 12.8 - Оголовок стріли



а)



б)

а) зручне баластування зі спредером; б) модульна гакова підвіска
Рисунок 12.9 – Особливості крана LR 13000



Рисунок 12.10 - Дубльована система керування краном

Кабіна кранівника оснащена (рис. 12.10):

- новою системою керування краном LICCON 2;
- третім монітором для планувальника робіт;
- моніторами для відеоконтролю лебідок та задньої частини крана.

Для безпеки та надійності роботи застосовано принцип дублювання приводу крана та керування краном (рис. 12.10, 12.11) а також виконано вантажні лебідки з окремими незалежними приводами (рис. 12.12).



Рисунок 12.11 – Дубльований привід крана

В якості приводу в крані використано два комплектні агрегати-дизельні двигуни Liebherr-V8, кожен по – 500 кВт/680 к.с.



Рисунок 12.12 - Лебідки з окремими незалежними приводами

Для забезпечення максимального захисту від виходу з ладу та зручності технічного обслуговування привід може бути замінений під час піднятого вантажу.

Основні вантажні лебідки мають наступні технічні характеристики:
діаметр каната – 52 мм;
тягове зусилля – 620 кН;
довжина каната – 2050 м.

Різновидності гусеничних кранів з ґратчастими та коробчастими стрілою, гусакон та деріком приведені на рис. 12.13 та 12.14.



Рисунок 12.13 – Гусеничний кран з ґратчастими багатоелементною стрілою з гусаком та деріком

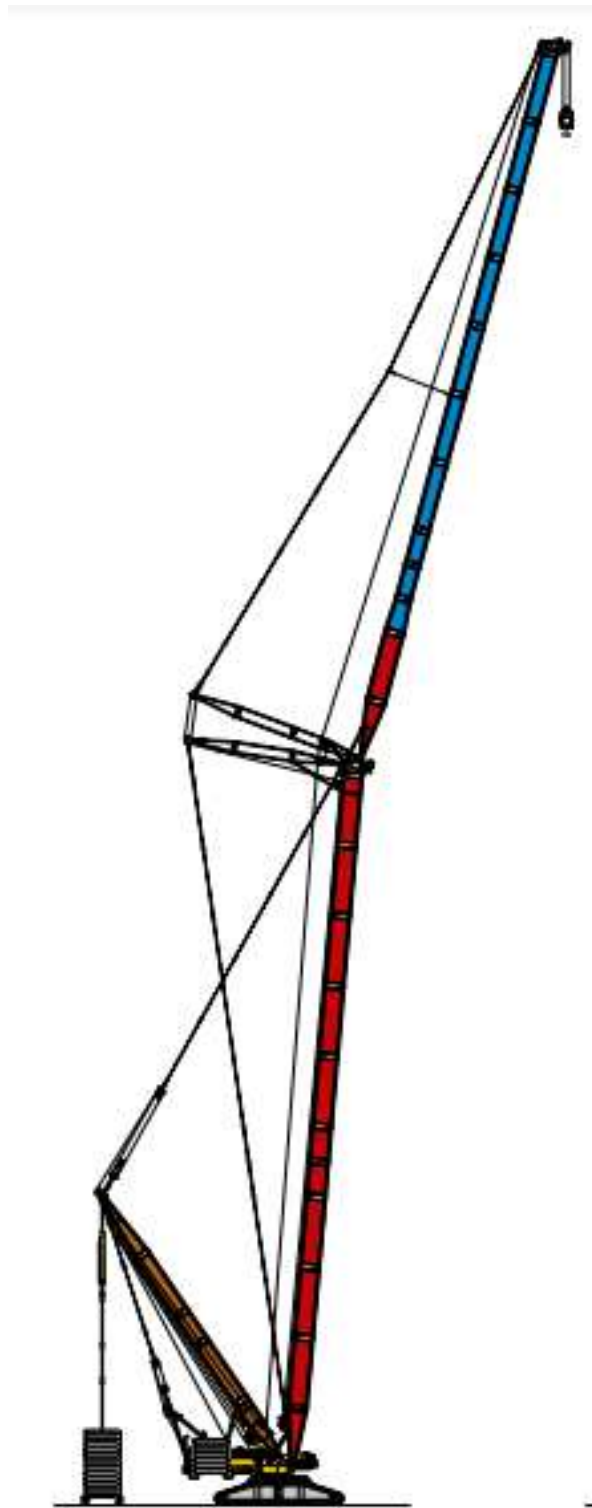


Рисунок 12.14 – Гусеничний кран з коробчастими стрілою, гусакон та деріком



Рисунок 12.15 – Гусеничний кран с телескопічною стрілою

Гусеничні телескопічні крани (рис.12.15) поєднують у собі всюдихідність гусеничної ходової частини та швидкість розгортання телескопічного крана. Завдяки гусеницям тиск на ґрунт невеликий і машина може близько під'їжджати до вантажу, а телескопічна стріла дозволяє легко проїжджати під перешкодами, що знаходяться зверху. В результаті телескопічний гусеничний кран нерідко може замінити куди більший колісний кран або гусеничну машину з гратчастою стрілою.

Як правило, телескопічні гусеничні крани набагато менш вимогливі в обслуговуванні, ніж мобільні позашляхові крани, на зміну яким вони швидше за все прийдуть. Багато моделей мають зсувні гідравлікою гусениці, що спрощує транспортування у складеному положенні та забезпечує максимальну стійкість та вантажопідйомність у найширшому положенні.

Телескопічні гусеничні крани традиційно призначалися для комунальних служб та підрядників з обслуговування ЛЕП, але все частіше крани такої конструкції можна зустріти в звичайних орендних компаніях в якості альтернативи позашляховим кранам, вони виконують звичайні роботи на різних будівельних майданчиках.

Гусеничні монтажні крани великої вантажопідйомності та із значною висотою підйому знайшли широке застосування в галузі альтернативної (зеленої) енергетики (рис. 12.16).



Рисунок 12.16 – Монтаж гусеничним краном вітрової енергетичної установки

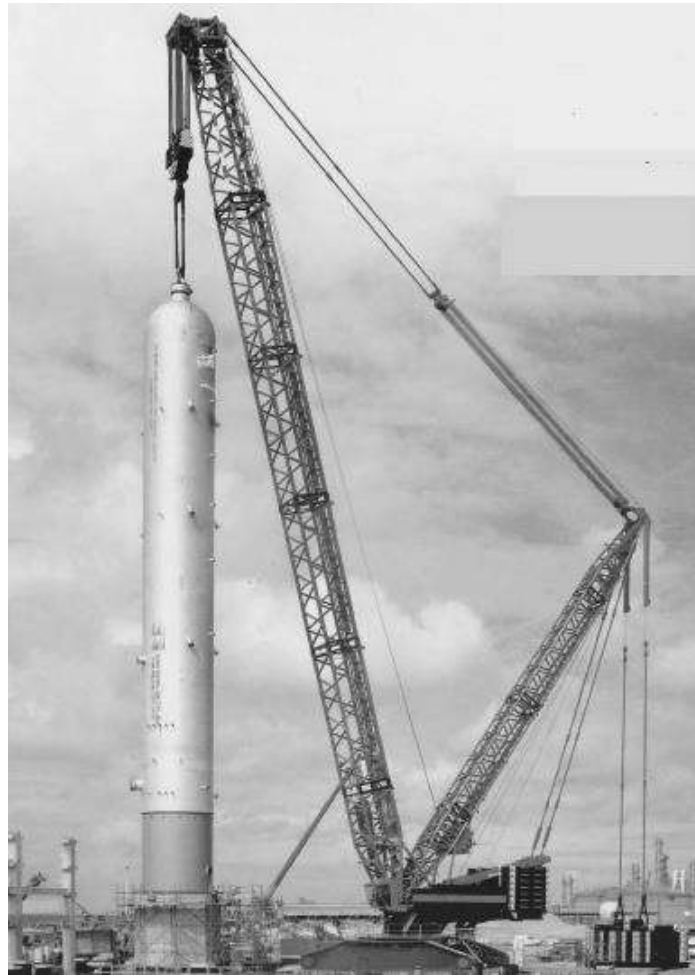


Рисунок 12.17 – Гусеничний кран з ґратчастою стрілою та деріком

Одним із найважливіших інноваційних рішень у вантажопідйомній галузі за останні тридцять років є регульоване положення противаги (РПП), реалізоване на нових моделях гусеничних кранів MLC 300 вантажопідйомністю – 300 т та MLC 650 вантажопідйомністю – 650 т виробництва фірми Manitowoc (рис. 12.7). Система РПП автоматично встановлює противагу відповідно необхідному підйому вантажу, що приносить ряд переваг експлуатаційникам.

Рух противаги залежить від маси піднімаємого вантажу, довжини стріли, довжини стріли з встановленим гусаком і вильоту вантажу. Кран MLC 300 може здійснити підйом вантажу на висоту – 120 м при обладнанні РПП-МАХ та вантажу на стрілі з керованим гусаком на загальну висоту – 168 м. Кран MLC 650 може підняти вантаж на стрілі – 140 м з обладнанням РПП-МАХ.

Виробнича програма заводу Liebherr-Werk Ehingen була доповнена гусеничним краном із телескопічною стрілою. Модель LTR 1100 (рис.12.18) вантажопідйомністю – 100 т має 52-метрову шестисекційну телескопічну стрілу і на ринку виглядає найкрасивішою машиною у своєму класі.



Рисунок 12.18 – Гусеничний кран з телескопічною стрілою

Основне призначення LTR 1100 – монтаж попередньо зібраних конструкцій. Можлива робота двома гаками, для чого встановлюється монтажний гусак завдовжки – 2,9 м та другий механізм підйому. Противаги можуть бути зняті з трейлера або транспортера, що мають низьку посадку, після чого транспортуються на крані на будмайданчик, де встановлюються в потрібне положення.

Шасі крана гідравлічно розсувається до ширини – 5,05 м для роботи в режимі крана.

Ширина гусеничної стрічки – 900 мм. Два блоки баласту вагою – 7,5 т кожен прикріплено до центральної секції гусеничного ходу. Максимальна вага контрвантажу на поворотній частині – 32,3 т.

Кабіна крана є комфортною і може бути нахилена назад на 20° для кращого огляду. У кабіні встановлена комп'ютерна система LICCON, що забезпечує управління краном, збір інформації та моніторинг його стану. У кабіні встановлено кондиціонер, радіоприймач. Передбачено встановлення прожекторів для освітлення робочої зони.

Демаг продовжує інноваційний наступ з новою продукцією, орієнтованою на розширені потреби замовників. Тепер підприємство презентує новий гусеничний ходовий механізм із вузькою колією (рис. 12.20).



Рисунок 12.20 – Гусеничний кран з вузькою колією

Стандартний 600-тонний кран СС 2800-1 з новим гусеничним ходовим механізмом і вузькою колією перетворюється на хорошого спеціаліста з будівництва вітросилових установок. Його перевага – вузька колія та мобільність на будівельних майданчиках. Пересування повністю спорядженого крана від однієї споруди до наступної можливо навіть за п'ятиметрової ширини дороги. Відпадають операції з встановлення та демонтажу, що зменшує витрати, а також з'являється можливість транспортування крана до наступної споруди, що підвищує продуктивність. Машина з 114-метровою стрілою може пересуватися навіть з бічним нахилом – в $2,4^\circ$.

Терекс-Демаг прогнозує великий попит на крани з ґратчастою стрілою вантажопідйомністю від 400 до 600 т. Подібні машини розраховані на те, щоб піднімати, наприклад, машинні відділення вітрових електростанцій вагою близько 75-100 т на висоту від – 90 до 130 м.

Кран СС 2800-1, обладнаний 90-метровою основною стрілою і спеціальним гусакон завдовжки – 12 м, піднімає вагу – до 125 т на висоту – 94 м (висота гака – 102 м). За допомогою 102-метрової основної стріли можна підняти 109 т на висоту опори – до 106 м (висота гака – 114 м). За наявності опції суперліфт можливий підйом блоків вагою – 97,5 т на висоту – 130 м (при висоті гака – 138 м).

Чим же примітна ходова частина крану? Пересування – на гусеницях, робота крану – на аутригерах. Схема розташування аутригерів – хрестоподібна. Передні і задні аутригери розташовані на краях ходової рами, бічні аутригери – поворотні. Великі площі опорних поверхонь плит аутригерів забезпечують низький тиск на ґрунт.

Завдяки низькому центру ваги власний баласт прикріплюється на метр нижче, ніж у стандартній моделі, що робить кран стійкішим і тиск на ґрунт зводиться до мінімуму. Ширина гусеничного ходу з аутригерами в транспортному положенні всього – 5,5 м. Краном можна керувати за допомогою виносного пульта радіо та телекерування. При цьому для оператора на дисплеї відображаються електронні дані про центр тяжіння крану. Таким чином, регулюємі розміри гарантують безперешкодне перевезення гусеничних кранів на будівельні майданчики по дорогах усіх типів. Для перевезення кранів можуть використовуватися звичайні транспортні засоби, а багато компонентів кранів сконструйовані з урахуванням їх доставки в стандартних контейнерах.

Крім того, зменшення об'єму при транспортуванні досягається за рахунок розміщення допоміжних стрілових секцій в середині основних секцій, а низька висота плит противаги дозволяє розміщувати їх при перевезенні під стріловими секціями. Спеціальні фіксуючі скоби на стріловидних секціях призначені для кріплення сполучних пальців і вантових розтяжок.

Гусеничний кран з ґратчастими баштою та стрілою приведений на рис. 12.21, а.

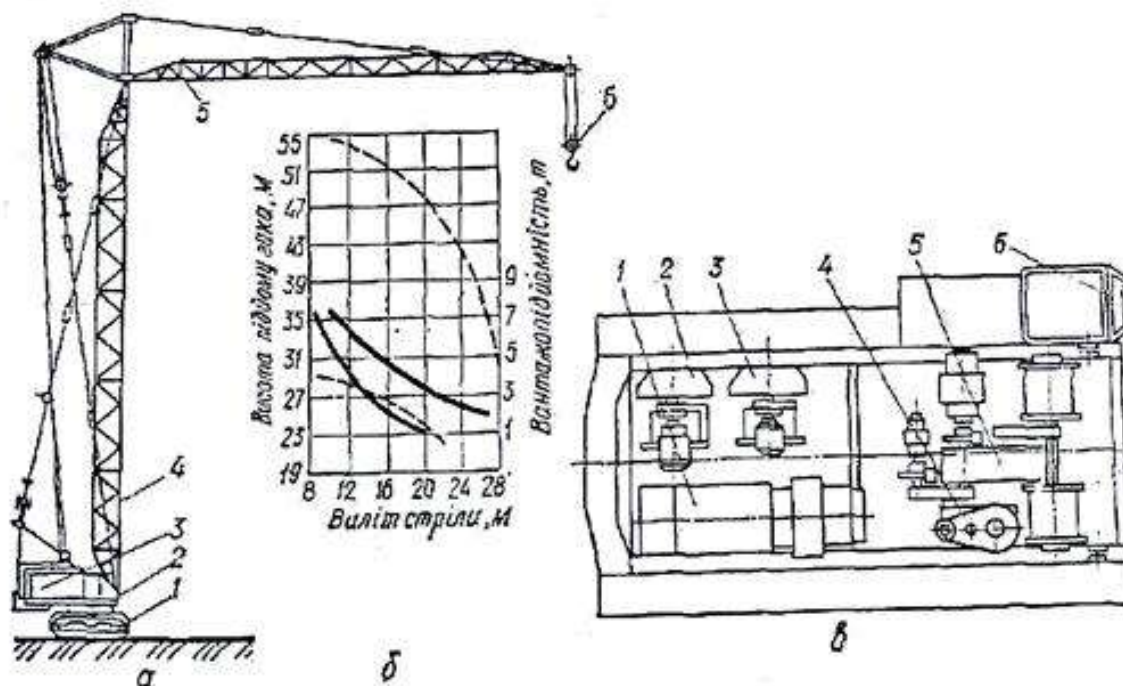


Рисунок 12.21 - Гусеничний кран (а), графіки залежності вантажопідйомності від вильоту стріли та висоти підйому гака (б), обладнання на поворотній платформі (в)

На поворотній платформі (рис.12.21, в) розміщуються силова дизель-електрична установка 1, лебідка 5 головного підйому, лебідка 2 допоміжного підйому, стрілопідйомна лебідка 3, механізм обертання 4 та кабіна керування 6. У цих кранах застосовують переважно дизель-електричну або дизель-механічну системи привода. Гусеничні крани з силовою установкою на змінному струмі можуть працювати від зовнішньої мережі.

Гусеничні крани характеризуються підвищеною прохідністю на ґрунтах малої твердості. Швидкість руху – до 6 км/год. Перебазування на великі відстані здійснюється за допомогою важковозів. Гусеничний кран (рис.12.21, а) складається з поворотної платформи 2 з силовою установкою, механізмами і кабіною 3, гусеничного ходу 1, вежі 4, стріли 5, гакової підвіски 6.

На рис.12.21, б наведено графіки залежності вантажопідйомності крана від вильоту стріли і висоти підйому вантажу. З графіків видно, що чим більший виліт, тим менші вантажопідйомність і висота підйому вантажу.

Проблемою всіх стрілових кранів, в тому числі і гусеничних, є вантажна стійкість кранів. На рис. 12.22 приведені гусеничні крани з засобами підвищення вантажної стійкості. У крана з ґратчастими баштою та стрілою (рис. 12.22, а) підвищення вантажної стійкості досягається за рахунок внесення контрваги, що розміщена на поворотній платформі, далеко назад, а також за рахунок збільшеної довжини гусениць.

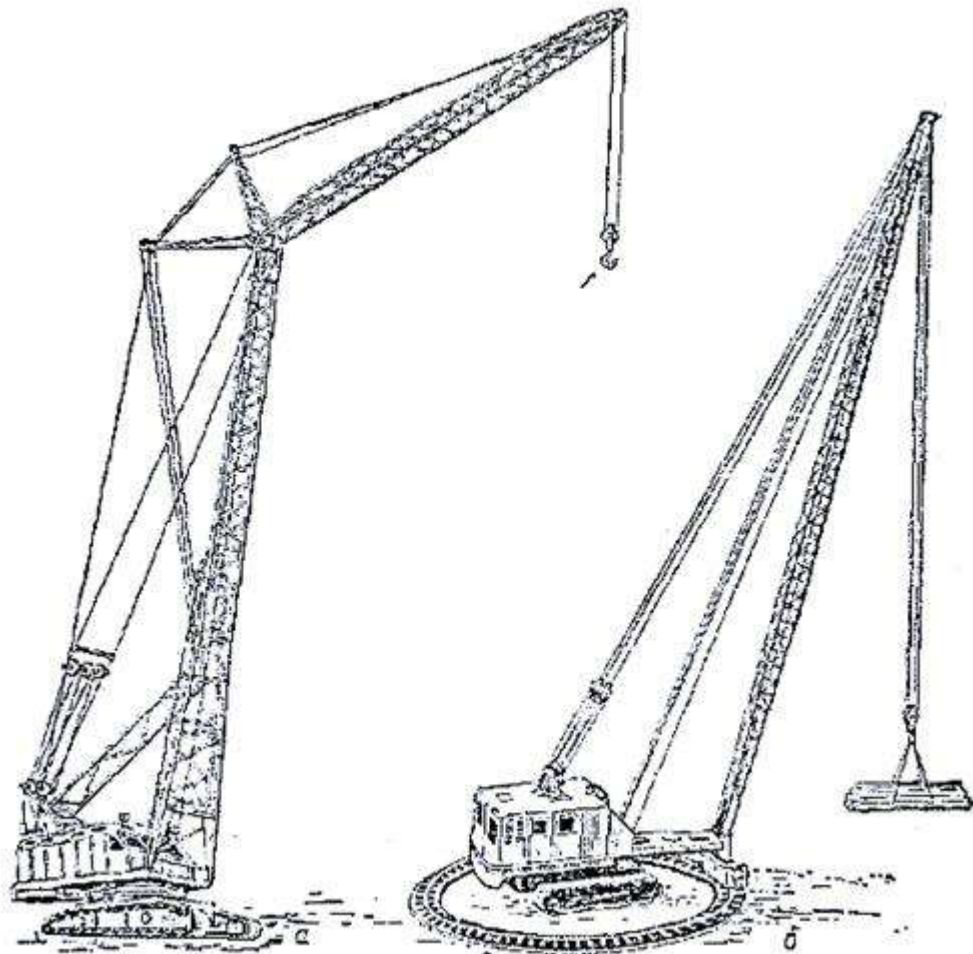


Рисунок 12.22 - Гусеничні крани з підвищеною вантажною стійкістю

У крана, приведеного на рис. 12.22, б, корінь гратчастої стріли спирається на додаткові ходові опори, що можуть рухатися по коловим рейкам при повертанні крана. Цим самим вага крана забезпечує потужний відновлюючий момент, що підвищує вантажну стійкість.

Шість років тому фірма Liebherr випустила перший гусеничний кран моделі LR1600/2 – W на вузькому гусеничному шасі для монтажу вітрових енергетичних установок. Гусеничний кран LR1600/2 – W створений для реалізації великих проектів по монтажу вітрових енергетичних установок потужністю – 3 мегават, з висотою вежі – 100 м. Ця робота виконується краном LR1600/2 – W без дерик-системи.

Ширина гусеничного ходу складає всього 5,8 м. При цьому повністю оснащений кран може пересуватися по будмайданчику від одного монтуємого об'єкту до іншого. При виконанні вантажопідйомних операцій кран спирається на зіркоподібні опори, розмір опорного контуру - 14×14 м. Опори монтуються між середньою секцією механізму гусеничного ходу і поворотною частиною. Це дозволяє при русі крану розташувати дві шарнірні балки опор спереду і дві – ззаду. Опорні підкладки розташовані близько від землі, що дозволяє їм негайно зіткнутися із землею при пересуванні крану, збільшуючи опорну зону крану для підстрахування.

Шарнірні зіркоподібні опори дозволяють також легко, залежно від наявного простору, регулювати величину опорного контуру. Це гарантує значно більшу міру стійкості від перекидання у бічній площині, в порівнянні з гусеничними кранами інших фірм, у яких бічні опори мають бути повністю підняті на шарнірах вгору при пересуванні крану.

Концепція гусеничного крану LR1600/2 – W забезпечує істотно меншу транспортну ширину в області поворотної частини (всього – 6,5 м).

Для оптимального руху кран з вузьким гусеничним ходом оснащений стандартним приводом чотирьох візків. Завдяки двометровій ширині гусеничних траків знижується питомий тиск на ґрунт.

Установка опор і усі операції самомонтажу крану виконуються з дистанційного пульта з радіокеруванням.

Успішний і швидкий монтаж вітрових енергетичних установок забезпечили унікальні характеристики Liebherr LR1600/2 – W, які дозволяють переміщатися по монтажному майданчику з обмеженими розмірами, без демонтажу стріловидного устаткування при переїзді з об'єкту на об'єкт.

12.2 Вплив транспортної логістики на конструкції гусеничних кранів

У зв'язку з великими розмірами крану LR13000 була розроблена раціональна концепція транспортування його компонентів з урахуванням багатьох чинників. При цьому вага поодинокого компонента не повинен перевищувати 70 т. Кран LR13000 в робочому оснащенні важить 3500 т,

включаючи 400 т контрвантаж поворотної частини і 1500 т деррик-контрвантажу.

При транспортуванні висота більшості компонентів крану не перевищує 3,6 м, а ширину – 4 м. Висота гусеничного ходу – більше 3,5 м, довжина – 20 м, вага – близько 210 т.

Гусеничний хід вагою – 82 т демонтується з крану і може бути компактно транспортований в контейнерах. Ходова рама вагою – 128 т розділена на дві частини і транспортується на двох низькорамних причепах. ОПУ діаметром – 4,5 м транспортується в діагональному положенні для того, щоб не перевищувати 4-метровий транспортний габарит. Плити контрвантажу вагою – 25 т кожна зроблені з армованого бетону (для зниження вартості). Вони точно входять в 20-футовий контейнер і можуть бути завантажені за допомогою спредера.

При транспортуванні секції керованого гусака його заштовхують у вставки основної стріли за допомогою направляючих роликів.

В середині вересня на заводі в м. Ехінтен був представлений гусеничний кран LR13000 вантажопідйомністю – 3000 т. У нижній частині дві ґратчасті секції стріли змонтовані паралельно одна одній, а у верхній вони з'єднуються і переходять в одну секцію. Паралельна установка ґратчастих секцій стріли є новаторським рішенням фірми «Liebherr» оскільки дозволяє більш ніж на 50% збільшити вантажопідйомність крану при відносно незначному посиленні. Встановлені паралельно ґратчасті секції стріли кріпляться на адаптері, розташованому на поворотній платформі. У верхній частині, в місці з'єднання двох секцій стріли, також встановлений адаптер (рис. 12.16). Нове конструктивне рішення ґратчастої стріли дозволяє істотно збільшити вантажопідйомність крану при підйомі вантажу на велику висоту. Але на основну стрілу крана передбачена установка серійного керованого гусака з вантажопідйомністю, збільшеною за рахунок того, що збільшився момент опору крученню і згину стріли. Це забезпечує оптимальне співвідношення ціна/продуктивність.

Для двох паралельних ферм стріли використані стандартні ґратчасті вставки. Переваги нової стрілової системи полягають в застосуванні додаткових верхнього і нижнього адаптерів і переходу крану в наступну категорію вантажопідйомності.

Конструкція стріли може використовуватися також для модернізації вже існуючих кранів. Треба тільки замовити установку нової стріли у разі потреби збільшення вантажопідйомності вже наявного крану. Ефективність установки такого стрілового устаткування визначена можливістю встановлення адаптерів для декількох кранів одним і тим же типом. Поворотна платформа крану, дерік-стріла і керований гусак не вимагають зміни. Конструкції корінної секції стріли дозволяють встановлювати на поворотній платформі стрілу з паралельними секціями.

Хоча нова конструкція стріли була спроектована для гусеничного крану LR 13000, у зв'язку з необхідністю у збільшенні вантажопідйомності Liebherr

адаптував її так само до крана LR 11350, на якому вона була зібрана і випробувана. Оскільки були використані стандартні гратчасті секції, в цілому, нова конструкція змогла бути застосована на крані LR 11350.

Новизна конструктивного рішення стріли Liebherr встановлює нові орієнтири в секторі створення важких кранів з гратчастою стрілою, що відіграє велику роль в їх подальшому розвитку. Також з'явиться можливість збільшити вантажопідйомність цілого ряду кранів, задіяних при монтажу і техобслуговуванні енергетичних вітрових установок.

Іншою вдалою і зручною особливістю є автоматична зміна кратності вантажного поліспасти з 2 на 4.

Крім того, стріла крана може бути піднята на кут 20° . Стандартними особливостями крана є наявність патентованого механізму обертання поворотної частини і механізму підйому, що добре зарекомендував себе, з багатополісним двигуном або перетворювачем частоти. Полегшенню складання крана сприяє проста кінематична схема монтажу і патентована система установки баласту.

Інтенсивна дизайнерська експансія фірми «Liebherr» забезпечує переваги гусеничних кранів на світових ринках. Гусеничні крани фірми «Liebherr» використовуються при необхідності швидкого і легкого перебезування, хорошій прохідності на непідготовлених ґрунтах і низькому питомому тиску на ґрунт. Компактний механізм пересування крану наводиться через компактну планетарну передачу двома аксіально-поршневими гідромоторами. Максимальний кут, подоланий краном з піднятою вежею, складає $8,5^\circ$ в подовжньому і $-5,7^\circ$ в поперечному напрямках. При перебезуванні на короткі відстані із складеним стріловидним устаткуванням максимальний кут складає $-16,7^\circ$ в подовжньому і $-8,5^\circ$ в поперечному напрямках.

Іншим технічним нововведенням є спеціально спроектований причеп для перевезення баласту. З цим причепом новий гусеничний кран здатний транспортувати баласт на робочий майданчик і встановлювати баласт самостійно в робоче положення. При цьому відпадає необхідність в залученні додаткових транспортних коштів.

Економічне транспортування, просте і швидке складання, мінімальні експлуатаційні витрати, а також висока функціональність і ремонтпридатність за рахунок модульної конструкції, що дозволяє використати одні і ті ж компоненти для різних типів кранів, є основними перевагами гусеничних кранів Лібхерр.

Економічність гусеничних кранів Лібхерр проявляється вже на стадії їх транспортування. Передумовами для безперешкодного перевезення кранів по дорогах усіх типів є мала загальна вага і невеликі розміри окремих транспортуємих елементів. Це забезпечує значну економію коштів і часу ще до початку роботи крану на об'єкті. Система самостійного монтажу є передовою концепцією компанії «Liebherr», що дозволяє максимально скоротити час розвантаження і монтажу крана. Відсутність необхідності

використати допоміжний кран істотно скорочує терміни і витрати на виконання цих робіт. Інший важливий компонент гусеничних кранів Лібхерр - рентабельність в процесі експлуатації – досягається за рахунок їх надійної і економічної роботи. Цьому сприяють надійні і довговічні компоненти, мале споживання палива і низькі витрати на технічне обслуговування. Це характерно як для дизельного двигуна Лібхерр, так і для лебідок, ходової частини і усіх інших складових крану.

Міцність, легкість і компактність конструкції – відмітна ознака усіх компонентів гусеничних кранів Лібхерр. Мала транспортна вага і невеликі габарити.

Гусеничні стрілові самохідні крани монтують на базі спеціальних двохгусеничних шасі, що забезпечують за рахунок великої опорної поверхні гусениць високу прохідність і стійкість машин.

Такі крани мають дизель-електричний привід і відрізняються від пневмоколісних кранів в основному конструкцією ходового пристрою, здатні працювати без виносних опор, пересуватися з вантажем і застосовуються на об'єктах з великими об'ємами будівельно-монтажних і навантажувально-розвантажувальних робіт. З їх допомогою ведуть монтаж будівель і споруд з важких великорозмірних бетонних і залізобетонних елементів, складання будівельних металоконструкцій, монтаж технологічного устаткування і інше. Гусеничні крани мають невеликі транспортні швидкості (до 1,0 км/год), тому їх перевозять з об'єкту на об'єкт зазвичай на причепах-тягачах. Своїм ходом гусеничні крани переміщуються тільки в межах будівельного майданчика. Вони характеризуються питомим тиском на ґрунт не більше 0,2 МПа.

13. ЗАЛІЗНИЧНІ КРАНИ

Залізничні крани призначаються для монтажних, вантажно-розвантажувальних та ремонтних робіт у межах їх технічних характеристик. Вони застосовуються при новому будівництві, а за наявності внутрішньоцехової колії та відсутності мостового крана доцільні при внутрішній реконструкції та технічному переозброєнні діючих підприємств. Встановлюються як допоміжні на складах для вантажно-розвантажувальних робіт, або для укрупнювального складання конструкцій. Широке застосування ці крани знаходять при реконструкції підприємств чорної металургії, які мають розгалужені шляхи.

Всі залізничні крани є самохідними з приводом від двигуна внутрішнього згоряння і обладнуються стрілами гратчастого або балкового типу. Пересуваються вони рейковим шляхом нормальної залізничної колії шириною – 1524 мм.

Переваги залізничних кранів у порівнянні з іншими: транспортування на будь-які відстані у складі залізничного поїзда з малими витратами на переобладнання, можливість встановлення всередині цеху діючого або споруджуваного підприємства за наявності залізничної колії, відсутність необхідності влаштування спеціального майданчика для встановлення крана, можливість застосування крана як транспортного засобу для 1-2 платформ. Недоліки залізничних кранів: необхідність у наявності або влаштуванні залізничної колії, обмежена зона роботи, різке зниження вантажопідйомності зі збільшенням вильоту стріли, необхідність встановлення виносних опор під час роботи крана, неможливість роботи крана на кривих ділянках колії.

Залізничні крани є стріловими кранами переважно з гратчастою стрілою. Ці крани відповідно до норм конструювання та правил експлуатації залізничного рухомого складу виконуються як типовий рухомий склад.

Крани, що не відповідають вимогам цих норм і правил, називають кранами на рейковому ході. Такі крани експлуатуються на внутрішньозаводських залізничних коліях.

Найпростіша залізнична платформа, з краном з паровим двигуном, була побудована в минулому столітті. Сучасні залізничні крани відрізняються від цієї конструкції крана. Відмінності стосуються конструктивного оформлення кранів як універсальної вантажопідйомної машини, технічних показників та постійної готовності до експлуатації у поєднанні з можливістю використання на величезній території.

Спеціальні залізничні крани, яких налічується в експлуатації у всьому світі близько 25 тис. штук, мають високу швидкість пересування (до 100 км/год) у складі типового поїзда, малий час підготовки до експлуатації та високу вантажопідйомність. Допустимі навантаження на вісь у залізничних кранах у 2 рази перевищують навантаження автомобільних кранів. Це дозволяє використовувати компактні короткі платформи, а також переміщати вантаж максимально допустимої маси краном, що вільно стоїть при

розташуванні стріли в напрямку рейкових шляхів. Вантажопідйомність залізничних кранів залежить від експлуатаційного стану залізничних колій. Так як кран має власний привід пересування, то в окремих випадках може бути тимчасово використаний як маневровий локомотив для роботи з вантажним залізничним складом.

Основною областю використання залізничних кранів на залізницях та промисловості є перевантаження важких штучних вантажів, сипких вантажів, монтажні роботи всіх видів, усунення наслідків аварій тощо. Для перевантажувальних робіт застосовують легкі та середні крани вантажопідйомністю 20-80 т. Для вирішення інших завдань використовують переважно крани вантажопідйомністю 80-250 т. Залізничні крани обладнані вантажними гаками, грейферами, електромагнітами тощо.

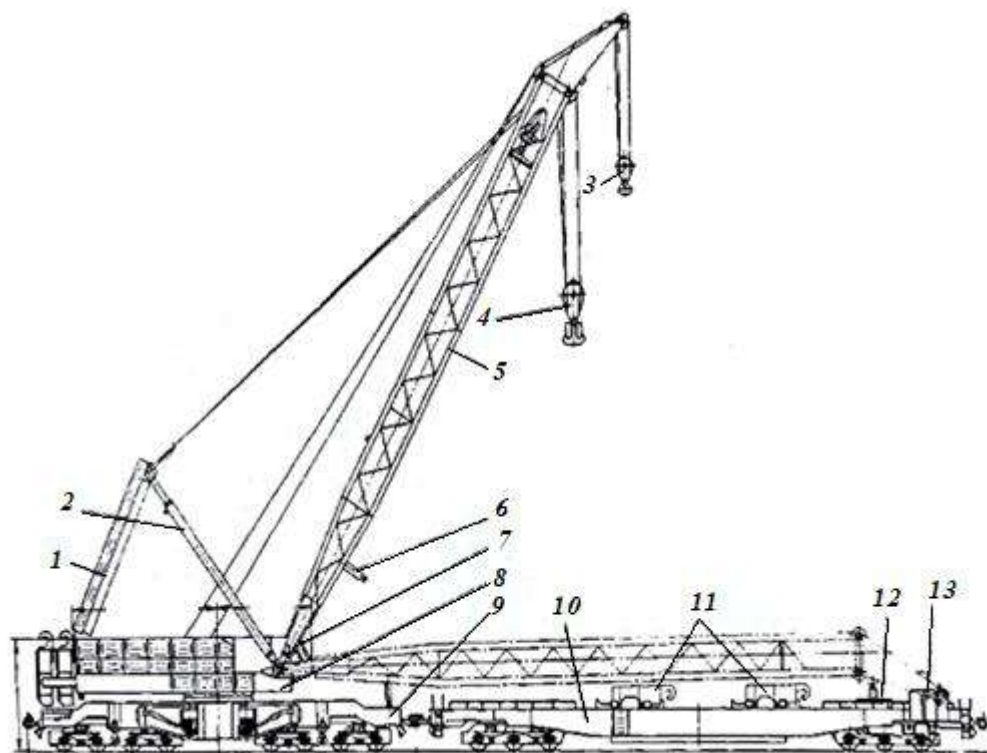
Дизель-електричний привід найповніше відповідає умовам експлуатації залізничних кранів, так як у багатьох випадках робота забезпечується від стороннього джерела електричного струму за наявності кабельного візка, буксирного кабелю або струмознімача. При використанні сторонньої мережі енергопостачання витрати на експлуатацію крана становлять 30-40% витрат енергії під час використання дизеля. Для підігріву машинного приміщення та кабіни водія при температурі -40°C споживана потужність становить близько 10 кВт, що при тривалій експлуатації крана та використанні стороннього джерела електричної енергії також не становить великих витрат. Силова установка крана, що складається з дизеля та генератора змінного струму може віддавати енергію у зовнішню мережу.

Поворотна частина залізничного крана із дизель-електричним приводом містить типові елементи стрілового крана. Регулювання швидкості в два-три щаблі здійснюється лише у механізмі головного підйому з допомогою контролера. Профіль поперечного перерізу залізничного крана, особливо його поворотної частини, залежить від профілю тунелів національних залізниць різних країн. Для Центральної Європи справедливими як рекомендації норми UIC (Union Internationale des Chemins de Fer), в яких наведені профілі тунелів національних залізниць. При створенні потужних залізничних кранів використовують крани зі збільшеним габаритним профілем. Такі крани непридатні для використання на міжнародних залізницях і на тих ділянках колії, які проходять через тунелі. Якщо крани виконані відповідно до вимог UIC, вони можуть пересуватися ділянками різних залізниць.

Платформа залізничного крана спирається на чотири-вісім колісних осей, які за наявності шести і більше осей встановлюються на три- або чотиривісні ходові візки (рис. 13.1). Для створення рівних навантажень на ходові осі при пересуванні крана колісні пари групуються в балансирні візки, що об'єднують кожен пару колісних осей. Балансири встановлені на рамі ходового візка за допомогою шарнірно-закріпленого пружного двоплечого важеля. Для фіксування ресорних пружин підвісок колісних осей під час роботи кранового обладнання балансири підтиснуті зверху, що виключає вертикальні переміщення осей. Щодо точок повороту балансирів можливі

регульовальні переміщення обох колісних осей, що сприяє вирівнюванню навантажень на осі.

Як і звичайна залізнична платформа, неповоротна частина крана виконана з можливістю зчеплення з іншими вагонами. Гальма з пневматичним приводом, що використовуються в залізничних кранах, виконані ідентично гальмам іншого залізничного рухомого складу. Обидві колісні осі, звернені до середини платформи крана, обертаються від індивідуальних електричних приводів через найпростіші редуктори.



- 1 – захисний підйомний дах; 2 – поліспадна відтяжка; 3 – механізм допоміжного підйому; 4 – механізм головного підйому; 5 – стріла; 6 - демпфуюча опора; 7 - кабіна керування; 8 – поворотна частина; 9 – неповоротна частина; 10 – платформа для противаги; 11 - противага; 12 - опорний візок; 13 - силове встановлення платформи для противаги

Рисунок 13.1 - Залізничний поворотний кран EDK 1000/2

Для точного безступінчастого регулювання швидкості пересування аж до забезпечення повзучих швидкостей в трансмісії потужних кранів між двигуном і редуктором встановлюють електромагнітну муфту. Особливістю кранової залізничної платформи є наявність чотирьох поворотних балок, що несуть гідравлічні виносні опори. Крім чотириточкового спирання платформи на опорах, можна забезпечити також шести- або восьмиточкове спирання з використанням інших опорних балок, розташованих з боків платформи всередині її зовнішнього контуру. Збільшення кількості точок спирання крана на виносних опорах покращує його використання по вантажопідйомності у всій зоні повороту крана.

На рис.13.1 показано залізничний кран EDK 1000/2 вантажопідйомністю – 125 т виробництва заводу важкого машинобудування ім. С.М, Кірова (VEB Schwermaschinenbau S.M. Kirow, НДР). Пунктиром на рисунку зображено транспортне положення крана.

На рис. 13.2 приведено сучасні залізничні крани із гратчастою та телескопічною коробчастою стрілами.

Правила експлуатації залізниць містять вказівки щодо забезпечення стійкості залізничних кранів. Допустимі навантаження на опори крана задаються залежно від характеристик ґрунту: коефіцієнта внутрішнього тертя ґрунту c та кута тертя sr , які повинні бути визначені перед експлуатацією крана. Інші запобіжні заходи відносяться до тих випадків, коли виникає необхідність в експлуатації крана на залізничних мостах або спеціальних будівельних конструкціях.

Перед експлуатацією крана під виносну опору укладається подушка з дерев'яних брусів, що сприяє зниженню середнього тиску на ґрунт, який становить $1,5-2 \cdot 10^5$ МПа. Для полегшення підготовчих робіт опорні плити, що переносяться чотирма робітниками, виготовляють із алюмінію.

Залізничні крани з телескопічними стрілами (рис. 13.2) можуть працювати під колійними струмопроводами без знеструмлення струмопровідних дротів у зоні експлуатації. Залізничний кран має вантажопідйомність 125 т. Цей кран може бути використаний не тільки для залізничного будівництва, особливо для укладання важких стрілочних хрестовин, але і для встановлення на рейки залізничного рухомого складу та ліквідації наслідків залізничних катастроф. Для використання такого крана за інших умов експлуатації стрілу виконують з можливістю підйому на кут до 30° . Зміна кута нахилу стріли та висування її секцій проводиться гідравлічними приводами. Інші кранові механізми мають електричний привід.

Залізничні крани вантажопідйомністю до 15 т працюють без виносних опор. Крани вантажопідйомністю понад 15 т працюють на виносних опорах; при роботі без виносних опор вантажопідйомність кранів різко знижується.



Рисунок 13.2 - Залізничні крани з гратчастою та телескопічною стрілами

14. ПЛАВУЧІ КРАНИ

Плаву́чі крани - крани, які встановлені на спеціальних судах (понтонax) самохідних і несамохідних.

На відміну від інших типів кранів, на плавучих передбачені побутові приміщення для команди (постійного екіпажу), ремонтні і такелажні майстерні, їдальні, додаткове суднове обладнання, палубні механізми, власні силові установки, що дозволяють працювати крану в автономному режимі далеко від берега.

Плаву́чі крани бувають стрілові та козлові. Є крани плаву́чі - козлові з двома консолями. При виїзді візка на консоль всередині рухається протилежна в протилежну сторону.

У дизельних кранів механізми приводяться від дизеля, переважно встановленого на поворотній частині крана. У дизель-електричних кранів механізми приводяться від електродвигунів. Струм для живлення електродвигунів виробляється генераторами, які приводяться в дію від дизелів. Головну силову установку крана (дизелі і генератори), зазвичай, розташовують в понтоні. Струм для електродвигунів також може подаватися від берегової силової мережі, для чого на крані встановлюють спеціальний приймальний пристрій, до якого підключають береговий кабель.

Плаву́чі крани з'явилися близько ста років тому. Спочатку їх будували головним чином для виконання монтажних і спеціальних робіт і для перевантаження великоваговиків. Тому вони мали переважно велику і середню вантажопідйомності. Багато з них були самохідними. Перші плаву́чі крани були щоглові. Понтони таких кранів мали прямокутну форму.

Крани забезпечені навігаційними та рятувальними засобами відповідно до правил Регістру і можуть здійснювати морські переходи.

За призначенням плаву́чі крани ділять на дві групи. До першої групи належать крани, призначені для вантажно-розвантажувальних робіт при будівництві гідротехнічних споруд. Ці крани мають невелику вантажопідйомність (до 80 т) і великі швидкості руху окремих механізмів.

До другої групи належать крани, призначені для монтажних робіт на суднобудівних і судноремонтних заводах, для перевантаження важковаговиків в портах та інших робіт. Ці крани мають велику вантажопідйомність (до 2х7000 т), головний і кілька допоміжних гаків. Причому, останні мають підвищені, порівняно з головним, швидкості руху.

Перевантажувальні крани (загального призначення), призначені для масових перевантажувальних робіт (їх представлено в ГОСТ 5534). Вантажопідйомність перевантажувальних плавучих кранів складає 5, 16, 25, 60, 80 т, максимальний виліт – 30...36 м, мінімальний – 9...11 м, висота підйому гака над рівнем води – 18,5...25 м, глибина опускання нижче рівня води (наприклад, в трюм судна) – не менше 11...20м (в залежності від вантажопідйомності), швидкості підйому – 1,2...1,0 м/с, швидкість зміни

вильоту – 0,75...1,0 м (45...60 м/хв), частоту обертання $-0,02...0,03 \text{ с}^{-1}$ (1,2...1,75 об/хв).

Крани спеціального призначення (великої вантажопідйомності) призначені для перевантаження важковаговиків, будівельних, монтажних, суднобудівельних і аварійно-рятувальних робіт.

Плавучі крани використовуються для перевантаження різних вантажів в портах (на пристанях), зупиночних пунктах і на причалах клієнтури, а також для бункерування суден, бортової перевалки вантажів, добування з дна річок і водосховищ піску і піщано-гравійної суміші, підйому затоплених об'єктів, рятувальних робіт та інш.

Плавучі крани, в порівнянні з береговими, мають ряд переваг. Вони незалежні в роботі від берегової силової мережі, і тому їх використовують для вивантаження вантажів із суден в пунктах, що не мають причалів, а також для навантаження лісу з води в судна. Ці крани мають велику маневреність, що дає можливість обслуговувати одним краном кілька пунктів, в результаті чого досягається висока ступінь їх використання. Особливо важливу роль відіграють плавучі крани в обслуговуванні пристанів, що мають малий вантажообіг, і не обладнаних береговими перевантажувальними засобами, а також причалів клієнтури.

До недоліків плавучих кранів відносяться велика їх вартість і великі експлуатаційні витрати на амортизацію: поточний ремонт, паливо, збільшеного обслуговуючого персоналу. Незважаючи на зазначені недоліки, плавучі крани на річковому транспорті займають значну питому вагу в загальному парку перевантажувальних машин.

Плавучі крани характеризуються наступними параметрами:

- крен, диферент, водотоннажність, остійність (поперечну і поздовжню);
- остійність буває статична і динамічна.

Динамічна - в разі обриву вантажу і шквального пориву вітру.

Кранові судна для обслуговування морських нафтопромислів та будівництва нафто- і газопромислових споруд на шельфі, зазвичай, мають поворотні верхні будови, значний виліт і висоту підйому і здатні обслуговувати стаціонарні бурові платформи. У зв'язку з освоєнням континентального шельфу відзначається тенденція до зростання параметрів кранів цієї групи (вантажопідйомності - до 2000 ... 2500 т і більше).

Залежно від морехідних якостей, крани можна класифікувати наступним чином:

- портові (для виконання перевантажувальних робіт в портах і гаванях, закритих водоймищах і прибережних морських (каботажні) і річкових районах, на суднобудівних і судноремонтних верфях);
- морехідні (для робіт у відкритому морі з можливістю тривалих самостійних переходів).

Для вітчизняного кранобудування характерне прагнення до створення універсальних кранів, а для зарубіжного - вузькоспеціалізованих кранів.

14.1 Складові плавучих кранів

Плавучі крани складаються з верхньої будови (власне крана) і понтона (спеціального або кранового судна) (рис. 14.1).

Верхня будова плавучого крана, кранового судна і інш. - вантажопідйомна споруда, що встановлена на відкритій палубі та розрахована на несення вантажопідйомного пристрою і вантажу.

Понтони подібно корпусам суден складаються з поперечних (шпангоутів і палубних бімсів) і поздовжніх (кіля і кільсона) елементів, обшитих листовою сталлю.

Шпангоут - криволінійна поперечна балка набору корпусу судна, що забезпечує міцність і стійкість бортів і днища.

Бімс - поперечна балка, що зв'язує праву і ліву гілки шпангоута. На бімс настиляють палубу.

Кіль - поздовжній зв'язок, що встановлюється в діаметральній площині судна в днищі, що тягнеться по всій його довжині. Кіль великих і середніх суден (внутрішній вертикальний) являє собою лист, встановлений в діаметральній площині між настилом подвійного дна і обшивкою днища. Для зменшення хитавиці встановлюють бічні кілі нормально до зовнішньої обшивки судна.

Кільсон - поздовжній зв'язок на судах без подвійного дна, що встановлюється по днищу і з'єднує нижні частини шпангоутів для спільної їх роботи.

Плавучі крани можуть бути самохідними і несамохідними. Якщо кран призначений для обслуговування декількох портів або для переміщення на значні відстані, то він повинен бути самохідним. У цьому випадку застосовують понтони з корабельними обводами. Морські крани мають понтони з судновими обводами, на ряді важких кранів застосовані катамарани-понтони («Кер-огли» вантажопідйомністю – 250 т; кран фірми «Вяртсиля», Фінляндія, вантажопідйомністю – 1600 т і ін.).

По конструкції верхньої будови плавучі крани можна класифікувати як неповоротні, повноповоротні і комбіновані.

Неповоротні (щоглові, козлові, з маховими (підйомними) стрілами). Щоглові крани (з нерухомими щоглами) мають просту конструкцію і низьку ціну. Горизонтальне переміщення вантажу здійснюється при переміщенні понтона, тому продуктивність таких кранів дуже мала.

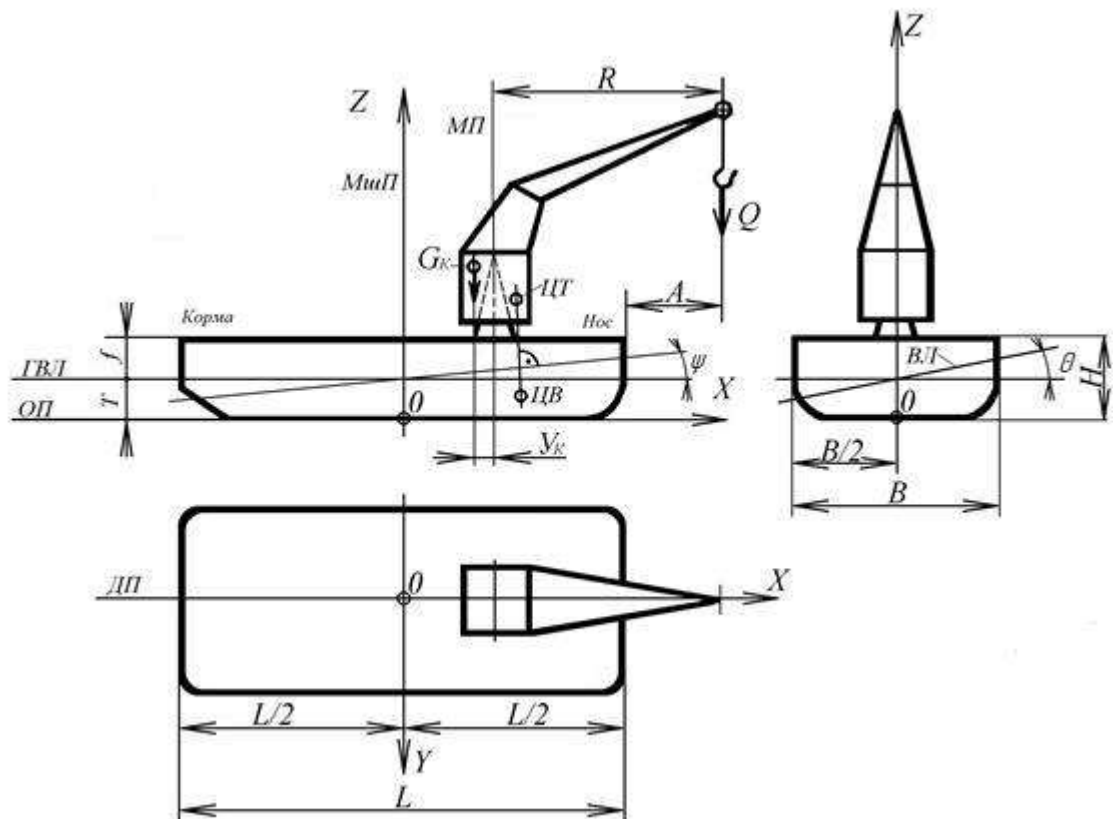


Рисунок 14.1 – Схема стрілового плавучого крана

Плавучий козловий кран являє собою звичайний козловий кран, встановлений на понтоні.

Повноповоротні (універсальні) крани бувають з поворотною платформою або колоною. В даний час широко поширені поворотні крани з стрілою, що нахиляється. Вони найбільш продуктивні. Їх стріли не тільки нахиляються, а й обертаються навколо вертикальної осі. Вантажопідйомність поворотних кранів змінюється в широких межах і може досягати сотень тон (рис. 14.1).

Комбіновані. До них можна віднести, наприклад, плавучі козлові крани, по мосту яких переміщається поворотний кран.

Переважний тип стрілового пристрою плавучих кранів - пряма стріла з поліспастом. Менше застосовують шарнірно-зчленовані стрілові пристрої, однак їх використання пов'язане з труднощами укладання похідному.

Основні типи опорно-поворотних пристроїв плавучих кранів - поворотна та неповоротна колона, багатокотковий поворотний круг, опорно-поворотний круг у вигляді дворядного роликового підшипника.

Механізми повороту (один або два) частіше мають циліндроконічні редуктори з багатодисковими муфтами граничного моменту і відкриту зубчасту або цівкову передачу.

Механізми підйому, що застосовуються на плавучих кранах, - грейферні лебідки з незалежними барабанами і диференційними перемикачами.

Механізм зміни вильоту - секторний з установкою секторів на важелі противаги або гідравлічний з гідроциліндром, сполученим з платформою, і штоком, сполученим з важелем противаги.

Плавучі перевантажувальні грейферні крани в річкових і морських портах експлуатують вельми інтенсивно. Для механізмів підйому значення ПВ досягають 75 ... 80%, механізмів повороту - 75%, механізмів зміни вильоту - 50%, число включень на годину - 600.

Нахил судна на ніс або корму називають диферентом, а нахил судна на правий або лівий борт - креном.

Обсяг V підводної частини понтона називається об'ємною водотоннажністю. Центр тяжіння цього обсягу називається центром величини і позначається ЦВ. Маса води в об'ємі V називається масовою водотоннажністю D .

Остійність - здатність судна повертатися в стан рівноваги після припинення дії сил, що викликають його нахил.

Особливості розрахунку остійності плавучих кранів в значній мірі зводяться до врахування впливу крену і диференту. Кран без вантажу повинен мати диферент на корму, а з вантажем - на ніс. Якщо стріла розташована в медіальній площині без вантажу, кран повинен мати крен в сторону противаги, а з вантажем - в сторону вантажу. Зміна вильоту за рахунок крену або диферента може скласти кілька метрів. За розрахунковий виліт приймають виліт, який має кран при горизонтальному положенні понтона.

Вантажний момент

$$M_B = GR, \quad (14.1)$$

де G - вага вантажу з гаковою підвіскою, кН;

R - виліт стріли, м.

Відношення врівноважуючого моменту до вантажного називається коефіцієнтом врівноваження

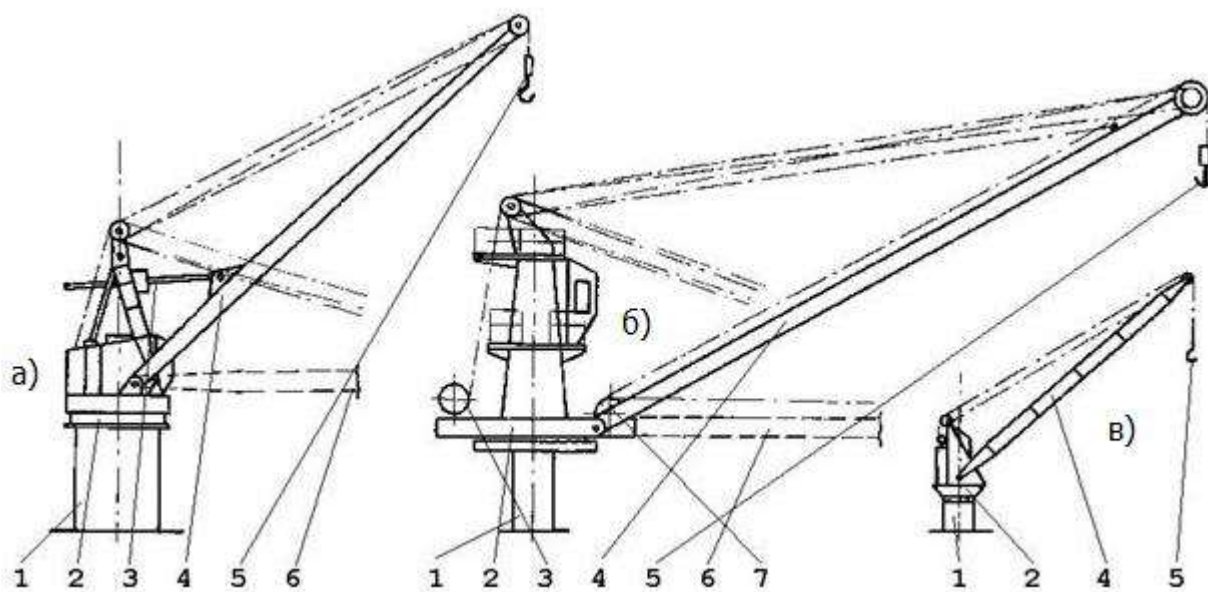
$$\varphi = M_y / M_B. \quad (14.2)$$

Керування судновими кранами повинно бути досить простим, так як його часто виконують портові робітники, які не мають спеціальної підготовки. Електродвигуни, механізми і електропроводка суднових кранів повинні бути виконані у вологозахищеному виконанні.

14.2 Конструктивні особливості суднових кранів

Поворотні стрілові крани. Поворотний кран дозволяє брати вантаж в будь-якій точці трюму або вантажного майданчика порту в зоні дії крана і опускати його також в будь-якій точці цієї зони. Кран, як правило, має три механізми: підйому вантажу, зміни вильоту і повороту. На великих судах нерідко встановлюють кілька таких кранів. Крани можуть бути гакowymi і грейферними. На рис. 14.4 представлений суднові крани з нерухою колоною. Слід зазначити, що механізми поворотних стрілових суднових кранів не захищені від атмосферних впливів.

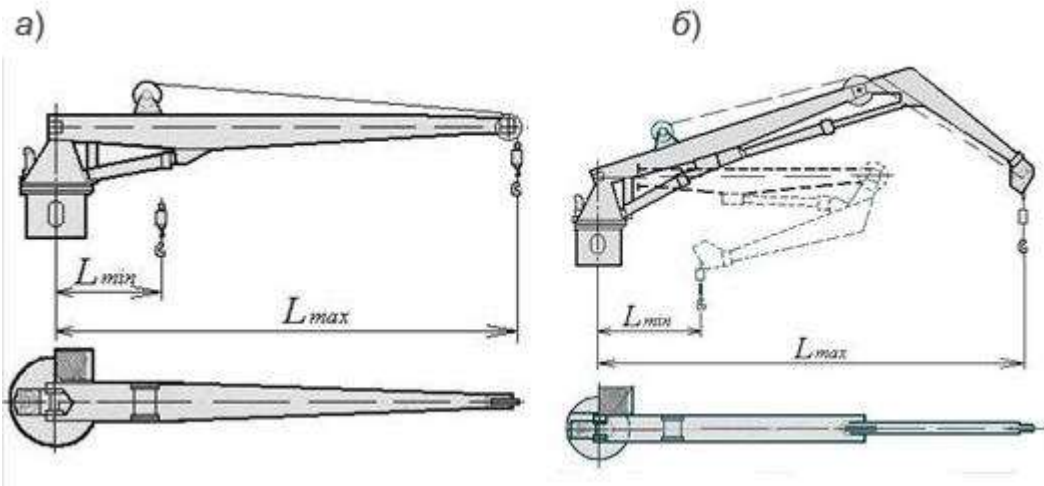
Переважний тип стрілового пристрою - пряма стріла з зрівняльним поліспаством без противаги, з поліспастним, гвинтовим (рис.14.4) або гідравлічним механізмом зміни вильоту (рис.14.5).



а, б - електричні; в - електрогідравлічний; а, в - на опорно-поворотному колі; б - на колоні;

1 - опорно-поворотне коло (а, в), колона (б); 2 - платформа; 3 - механізм зміни вильоту: гвинтовий (а), поліспастний (б); 4 - стріла; 5 - підвіска; 6 - стріла по-похідному; 7 - механізм підйому

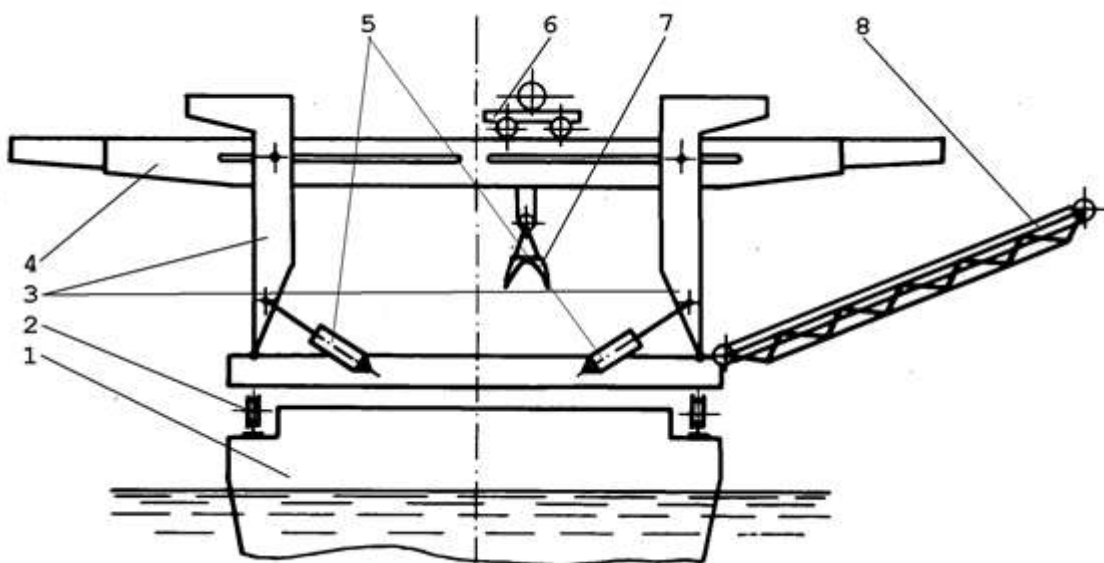
Рисунок 14.4 - Суднові крани



а - з одноланковою стрілою; б - з ліктьовою стрілою
Рисунок 14.5 - Суднові крани з гідравлічним механізмом зміни вильоту

14.3 Козлові суднові крани

Ці крани пересуваються по рейкових шляхах, прокладених по палубі над кришками трюмних люків. Головні балки моста жорстко прикріплені до опор. Стійки кожної з опор з'єднані між собою стяжкою. Таким чином, кран являє собою жорстку просторову конструкцію.



1 - корпус судна; 2 - колеса крана; 3 – опори, що опускаються; 4 - міст крана; 5 - гідроциліндри; 6 - візок; 7 - грейфер; 8 - конвеєр
Рисунок 14.6 - Судновий грейферний кран з мостом що опускається і конвеєром

14.4 Підпалубні крани

Особливий тип суднових кранів - підпалубні крани, призначені для навантаження або розвантаження автомобілів, великих штучних та інших вантажів в контейнерах або на спеціальних піддонах. Судна, обладнані цими

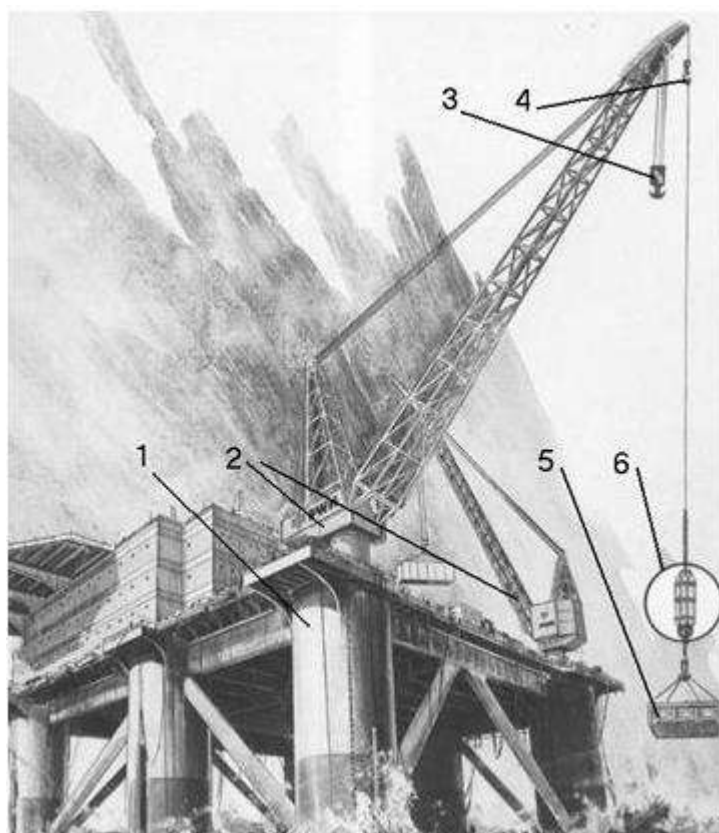
кранами, мають в бортах отвори, що закриваються в похідному положенні герметичними стулками - апарелями.

14.5 Суднові контейнерні крани встановлюють на судах-контейнеровозах для незалежного від портових засобів навантаження і вивантаження контейнерів. Ці крани мають міст (портал), який переміщується по рейках на палубі судна, з відкидними консолями або без них, з опорним або кутовим візком, часто має поворотну стрілу, що дозволяє робити портал без консолей.

14.6 Кранове обладнання атомних криголамних суден

Умови його експлуатації і конструктивні особливості практично не відрізняються від розглянутих в даному розділі кранів, за винятком нагляду за їх експлуатацією, підвідомчої атомній інспекції Морського реєстру судноплавства.

14.7 Спеціальні крани морських бурових платформ призначені для забезпечення робіт, пов'язаних з перевантаженням вантажів з суден, які обслуговують бурові платформи, а також для ремонту і обслуговування бурового та іншого обладнання. На рис.14.7 представлені такі стрілові крани вантажопідйомністю 100 і 40 т.



1 - бурова платформа; 2 - стрілові крани; 3 - підвіска основного підйому; 4 - підвіска допоміжного підйому; 5 - вантаж; 6 - заспокоювач вантажу

Рисунок 14.7 - Стрілові крани бурової платформи

Механізми суднових кранів включають лебідки та в'юшки вантажних стріл, механізми підйому вантажу, зміни вильоту стріли, повороту і пересування кранів.

В'юшки вантажних стріл - механізми, що служать для переміщення стріл без вантажу і утримання нерухомих під вантажем стріл, які приводяться в дію від лебідок або мають автономний привід.

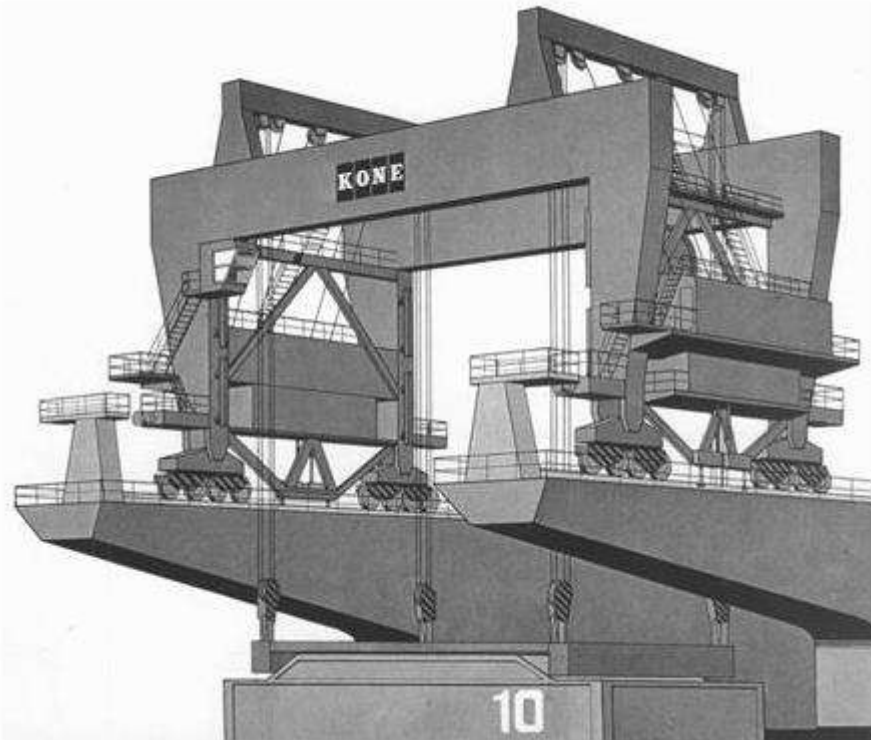
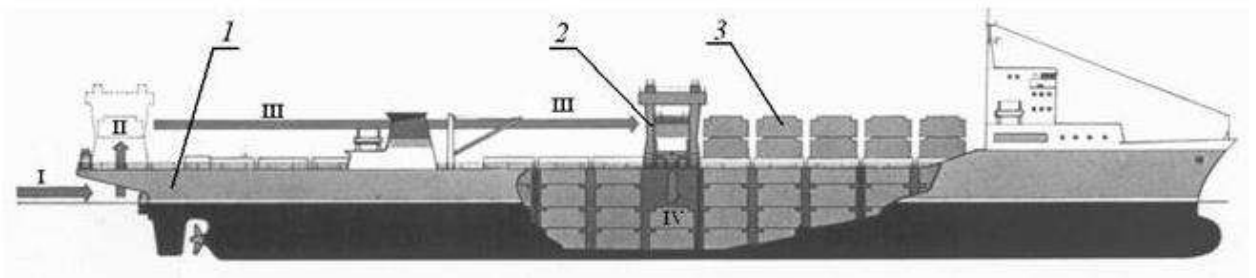


Рисунок 14.8- Козловий кран фірми «КОНЕ» для суден-баржовозів



1 - судно; 2 - козловий кран; 3 - баржі (I - IV див. в тексті)

Рисунок 14.9 - Схема технологічного процесу обробки барж на судах-баржовозах

Суднові крани також як і стріли призначені для підйому, спуску або переміщення різних вантажів, предметів постачання і продовольства. Перевага кранів полягає в можливості негайно, якщо це необхідно, проводити роботи. При проведенні перевантажувальних операцій застосовуються різні навісні пристосування, наприклад, для переміщення генеральних вантажів використовується гак, а для сипких вантажів - грейфери. Однак на рейдах крани працюють погано в умовах навіть невеликої хитавиці. При нахилі

більше 5-8° робота кранів неможлива. Вантаж на кранах може розгойдуватися при їх хитанні.

За способом закріплення на судні крани діляться на стаціонарні і рухомі. За конструктивними ознаками розрізняють крани наступних типів:

- повноповороті, стріли, які змінюють кут нахилу і повертаються разом з корпусом крана навколо вертикальної осі на будь-який кут;
- порталні з виносними консолями, у яких вантажозахватний елемент переміщається по верхній частині порталу і виносним консолям;
- порталні з вантажозахватним елементом, який переміщається тільки по вертикалі; переміщення вантажу можливо також за рахунок руху всього порталу.

На ходу судна крани встановлюються в похідне положення уздовж судна і закріплюються в цьому положенні спеціальними гальмами.

14.8 Палубні крани

Найпоширенішим типом судових вантажних кранів є поворотні палубні крани зі змінним вильотом стріли.

Крани поворотні палубні зі змінним вильотом стріли застосовуються для економії часу і ресурсів судовласника (вантажовласника, оператора і т.п.) при виконанні перевантажувальних робіт в портах і на відкритих рейдах. Особливо вони незамінні в портах, де з яких-небудь причин відсутні або працюють в обмежених режимах берегові перевантажувальні засоби і / або комплекси.

Крани з електричним, гідравлічним або електрогідравлічним приводом, що встановлюються на відкритій палубі морських суден з необмеженим районом плавання, призначені для вивантаження (навантаження) генеральних вантажів, контейнерів, вантажів спеціального призначення та інших матеріалів і обладнання на берег (судно).

Основні мінімальні вимоги, що пред'являються до установки судових вантажних палубних повноповоротних кранів зі змінним вильотом стріли (рис.14.10) наступні:

1. Кран повинен надійно працювати при:
 - крені судна на будь-який борт – 0,087 рад (5°);
 - дифференті судна на ніс або корму – 0,035 рад (2°);
 - вітровому навантаженні на металоконструкцію крана і вантажу в поздовжньому і поперечному напрямках – 400 Па;
 - бортовій хитавиці з амплітудою – до 0,044 рад (2,5°) і періодом – не менше 8 с.
2. Конструкція крана повинна забезпечувати можливість укладання і кріплення стріли "по-похідному".
3. Кран, закріплений "по-похідному", повинен зберігати працездатність при наявності наступних факторів:
 - крену судна на будь-який борт – до 0,26 рад (15°);
 - дифферента судна на ніс або корму – до 0,87 рад. (5°);

- бортового хитання з амплітудою – до $0,7$ рад. (40°);
- вітрового навантаження – до 2000 Па;
- температури навколишнього середовища – до мінус 50° .

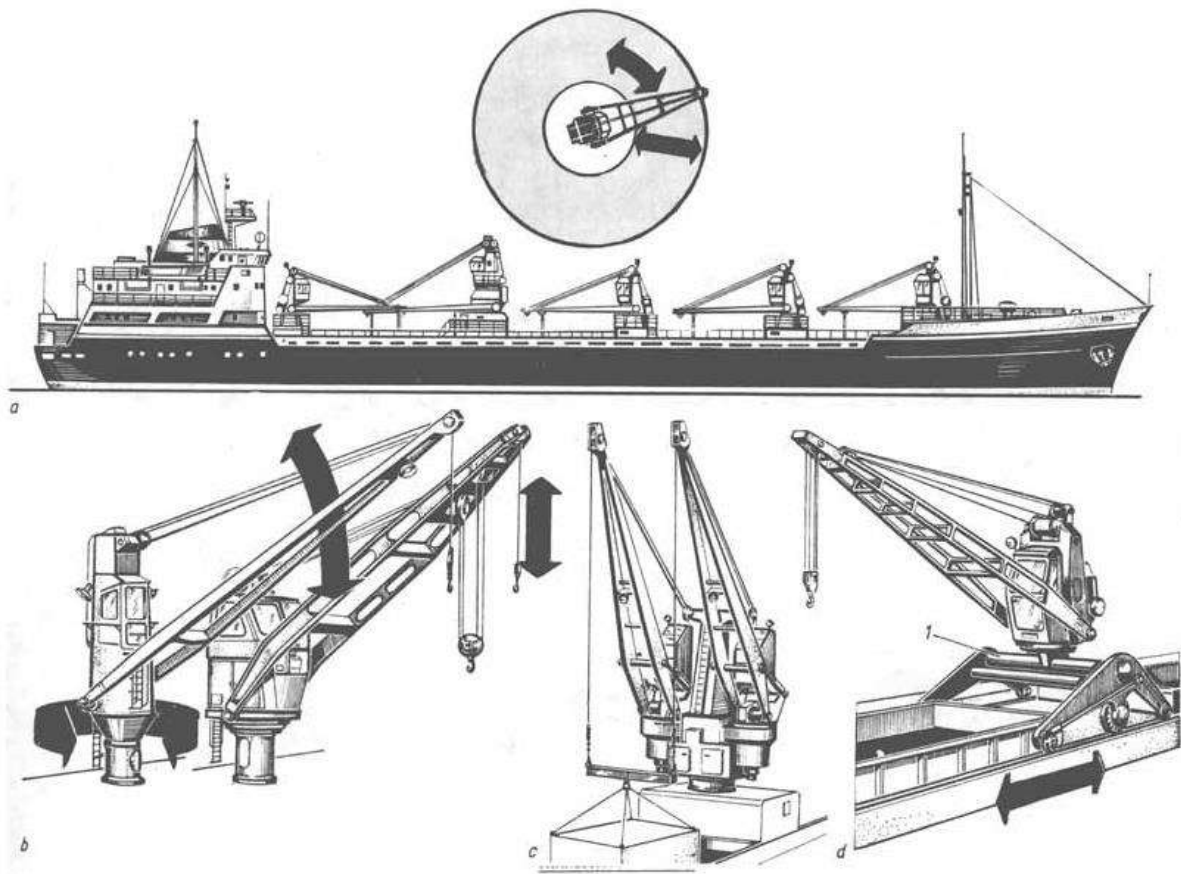
4. Кран повинен забезпечувати підйом і спуск номінального вантажу на всьому діапазоні вильоту стріли, а також при одночасній зміні вильоту стріли і повороту крана.

5. При зміні вильоту стріли має бути забезпечено переміщення гака в горизонтальній площині.

6. На вимогу замовника конструкція крана повинна передбачати можливість дистанційного керування.

7. У комплект поставки крана на вимогу замовника має включатися додаткове навісне обладнання для обробки різних типів вантажів, а також пристрій позиціонування вантажів і пристрій стабілізації від розгойдування вантажу.

8. Кран повинен мати пристосування, що забезпечують можливість спуску вантажу, опускання стріли і повороту крана при припиненні подачі електроживлення або з інших причин.



а - розташування кранів в площині їх дії; б - крани вантажопідйомністю 3 та 5 т; с - крани на поворотній платформі; д - пересувний поворотний кран.

1 - портал

Рисунок 14.10 - Суднові палубні крани

14.9 Сучасні плавучі крани

Румунський суднобудівний завод побудував для одного з найбільших зернових експортерів України компанії "Нібулон" плавучий кран «Святий Миколай» (рис. 14.11).





Рисунок 14.11 - Кран «Святий Миколай»

Згідно з повідомленням, "Святий Миколай" - найбільший і технологічно сучасний плавучий перевантажувальний кран в Чорноморському та Середземноморському басейнах.

За допомогою крана "Нібулон" має намір збільшити обсяги перевезення зерна по Дніпру.

Проект крана розроблений українською компанією "Торола Дизайн Груп", яка вже готувала для "Нібулона" проекти несамохідних суден і буксирів. Кран може працювати у відкритому морі при висоті морської хвилі – до 1,5 м і силі вітру – до 20 м/с. При будівництві плавучого крана було використано майже 840 т сталі класу А, на ньому встановлено обладнання Volvo Penta (Швеція), Marine Interior (США), Schotel (Німеччина), Heinen & Norman Engineering (Голландія) і ще близько 60 інших. Сам кран поставила компанія Liebherr (Австрія). Кран є досить продуктивним, щоб завантажити на рейді судна класу Panamax.

На палубі встановлені підйомний кран, якірні лебідки і шпилі, ланцюги, якорі, щогли. Судно оснащено також судовими системами: гідравліки, гвинторульового комплексу, масляної, паливної, скрапленого повітря, прісної та технічної води, баласт-осушувальної, стічної, газовипускної, CO₂, вентиляції, центрального обігріву, охолодження забортної води, пожежної, охолодження прісної води, кондиціонування.

За оцінками фахівців, цей плавучий комплекс – найпотужніший в Україні. Він призначений для виконання вантажно-розвантажувальних робіт в грейферному режимі вагою – до 45 т, а в режимі гака – до 60 т на внутрішніх річкових водних шляхах, в Азовському і в 20-мильній прибережній зоні Чорного моря.

На випробуваннях «Святий Миколай» легко досягав швидкості – до 8 вузлів. Високі технічні характеристики судна, які дозволяють виконувати вантажно-розвантажувальні роботи при висоті морської хвилі – до 1,5 метрів і силі вітру – до 20 м/с.

Основні характеристики судна: максимальна довжина – 52,3 м, ширина – 22 м, осадка (без вантажу) – 2 м, водотоннажність (при осаді 2 м) – близько 2000 т, мінімальна швидкість – 4 вузли. Додаткова потужність крана – до 20 тис.т, що дорівнює потужності експортного терміналу компанії в Миколаєві. Тобто він може замінити до 10 типових кранів, які працюють сьогодні в Україні.

Унікальний плавучий кран «Святий Миколай» приступив до роботи на зовнішньому рейді Миколаївського морського торговельного порту, виконуючи своє основне завдання – довантаження на рейді потужних морських суден типу «PANAMAX».

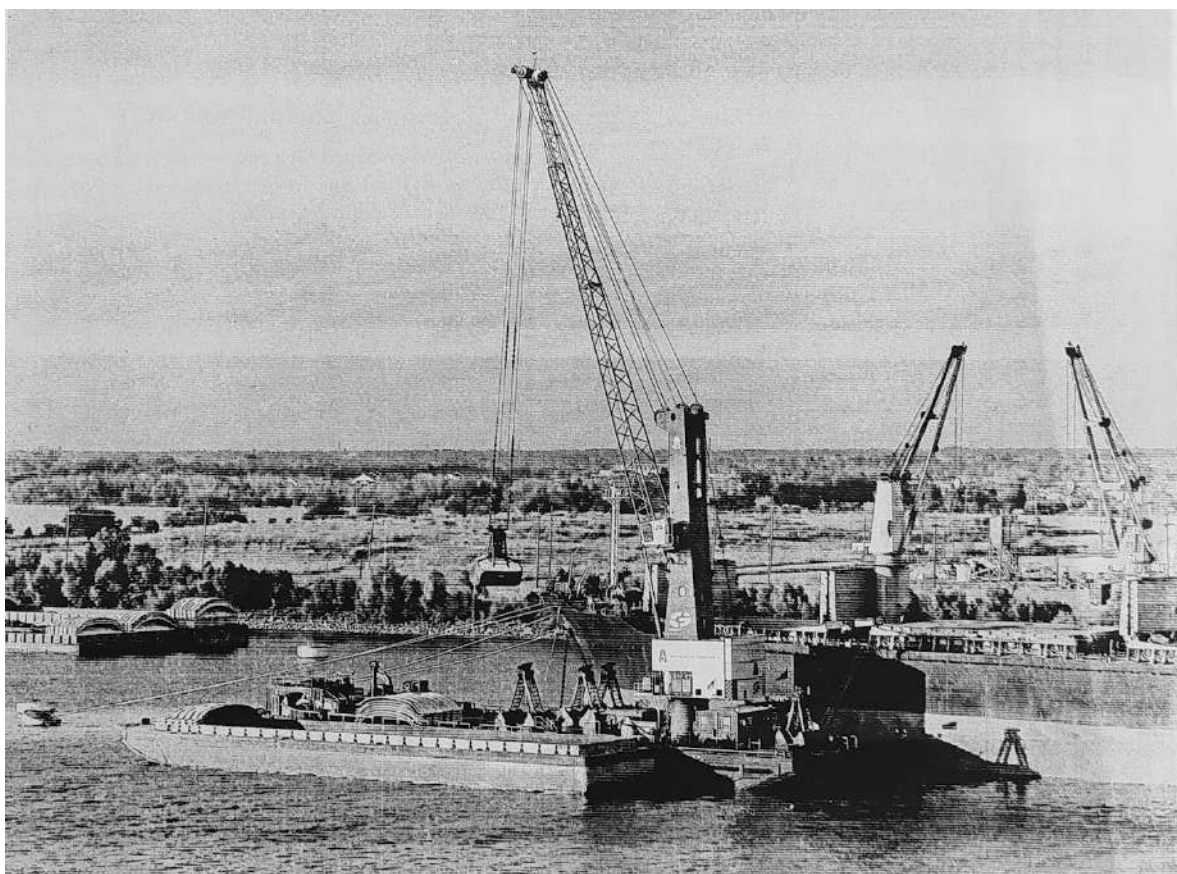


Рисунок 14.12 - Плавкран Terex Gottwald model 6 (G НРК 6400 В) в порту Резерв (штат Луїзіана)

Плавучий кран Terex Gottwald.

Портові замовники стикаються з постійно зростаючими обсягами та вартістю фрахту, що вимагає швидкої переробки вантажів. Оскільки Terex Port Solution використовував на плавкранах високоефективну технологію своїх мобільних портових кранів, Associated Terminals може виконувати зростаючі вимоги замовників (рис. 14.12).

Застосування на плавкранах технології мобільних портових кранів - безсумнівний успіх.

Плавучі крани Terex Gottwald працюють по всьому світу, на всіх водах.

Вони підходять для обробки всіх видів вантажу. Ці високопродуктивні машини самостійно підходять до борту суден для обробки вантажів, а також працюють за схемою борт судна - причал. Вони можуть працювати в прибережних водах і у відкритому морі.

Незалежно від робочого оточення, плавкрани представляють собою ідеальну комбінацію експлуатаційної гнучкості та ефективності. Як пересувні машини, вони не потребують причальної інфраструктури, що економить кошти, і завжди готові до роботи зі своєю командою. Це дозволяє портовим операторам ефективно використовувати свій парк кранів.

Гнучкість концепції плавкранів починається з їх конструкції і конфігурації. У більшості випадків Terex Port Solution збирає машину на баржі, що поставляється замовником. Можливо поставити безліч різних варіантів для відповідності вимогам замовника, включаючи готові рішення. Також можна встановити кран на самохідній баржі для того, щоб виключити використання буксира.

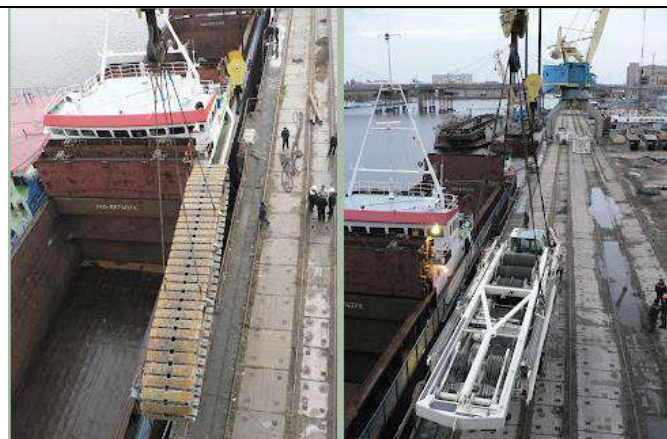
Плавкран «Захарій» LK-600 (табл. 14.1).

Область застосування плавучого крана досить широка, але призначення крана залишається незмінним – виконання вантажопідйомних робіт плавучим краном – до 680 т.

Таблиця 14.1 – Варіанти використання плавкрана «Захарій» LK-600

| Ілюстрації Область застосування плавучого крана «Захарій» LK-600 | Види робіт крана |
|---|--|
|  <p data-bbox="308 1780 842 1814">Подільсько-Воскресенський міст</p> | <p data-bbox="935 1429 1390 1507">Будівництво мостів, монтаж мостових конструкцій:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="935 1514 1449 1592">- монтаж конструкцій пролітної будови (аркових конструкцій); <li data-bbox="935 1599 1401 1637">- монтаж і будівництво опор; <li data-bbox="935 1644 1442 1682">- монтаж і будівництво пілонів; <li data-bbox="935 1688 1449 1727">- монтаж вантових конструкцій. |

Продовження табл. 14.1



Гусеничний кран

Вантажно-розвантажувальні роботи багатотонажних і великогабаритних елементів



Плавучий кран "САРНИ"

Укрупнений монтаж-демонтаж металоконструкцій



Затоплене судно біля Чорноморського узбережжя

Підйом затоплених суден

| | |
|--|--|
|  <p data-bbox="443 1272 737 1308">Порти та причали</p> | <p data-bbox="1007 703 1426 824">Будівництво морських і річкових портів/причалів, гідротехнічних споруд.</p> |
|--|--|

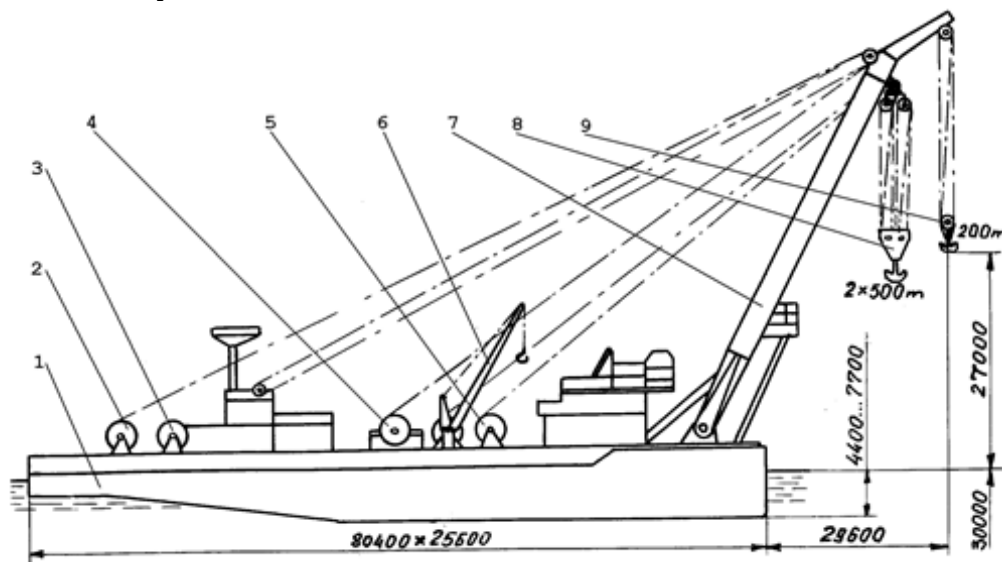
«Захарій» LK-600 — несамохідний плавучий кран вантажопідйомністю 680 т є одним з найпотужніших кранів України. Він використовувався при монтажі Подільського мостового переходу, де 18 листопада 2011 року зазнав аварії. У 2021-2022 роках використовувався при будівництві мосту в Запоріжжі.

Кран був побудований на київському суднобудівному заводі на замовлення ТОВ «БМК Планета-Міст». У назві крана відображені назва підприємства «Ленінська кузня» та вантажопідйомність. Ім'я «Захарій» кран отримав на честь батька власника компанії-підрядника.

Серед компактних кранів з низькою осадкою, призначених для використання в річкових умовах, цей кран – найпотужніший. Для проходу по річковому мілководдю у крана істотно знижена осадка, для проходу під мостами зменшена висота при транспортуванні.

Плавучий кран «Витязь».

Кран «Витязь» (рис.14.13) вантажопідйомністю – 1600 т застосовують при роботі з великими вантажами, наприклад, при установці на опори змонтованих на березі конструкцій моста через річку. Крім головного підйому цей кран має допоміжний підйом вантажопідйомністю – 200 т. Виліт головного підйому – 12 м, допоміжного – 28,5 м.



1 - понтон; 2 - лебідка зміни вильоту; 3 - лебідка палубних талів вантажопідйомністю – 2х200 т, використовувана при підйомі вантажів – 1600 т; 4 - лебідка допоміжного підйому; 5 - лебідка головного підйому; 6 - судновий кран; 7 - стріла; 8 - підвіски головного підйому; 9 - підвіска допоміжного підйому

Рисунок 14.13 - Плавучий кран «Витязь» вантажопідйомністю – 1600 т (Севастопільський завод)

Технічні характеристики крана «Витязь»

| | |
|--|---|
| Швидкість руху крана на плаву | - 9,5 вузлів; 1 вузол = $\frac{\text{морск.миля}}{\text{год.}}$; |
| Автономність | - 30 діб; |
| Команда | - 18 чоловік; |
| Кратність поліспасти та діаметр каната головного підйому | $i_{\text{п}}^{\text{Г}} = 8 \times 2$ } $\varnothing 58,5 \text{ мм};$ |
| Кратність поліспасти та діаметр каната допоміжного підйому | $i_{\text{п}}^{\text{Д}} = 4 \times 2$ } |
| Кратність стрілового поліспасти і діаметр каната | $i_{\text{п}}^{\text{С}} = 12 \times 2, \quad \varnothing 67 \text{ мм};$ |
| Маса підвіски гакової | $m_{\text{п}} = 23,5 \text{ т};$ |
| Маса стріли | $m_{\text{с}} = 290 \text{ т};$ |
| Швидкість підйому номінальна | $v_{\text{н}} = 0,02 \text{ м/с};$ |
| Швидкість холостого ходу | $v_{\text{х}} = 0,08 \text{ м/с}.$ |

На крані використана перемотуюча лебідка (рис. 14.14). Механізм зміни вильоту забезпечує постійну висоту піднятого вантажу.

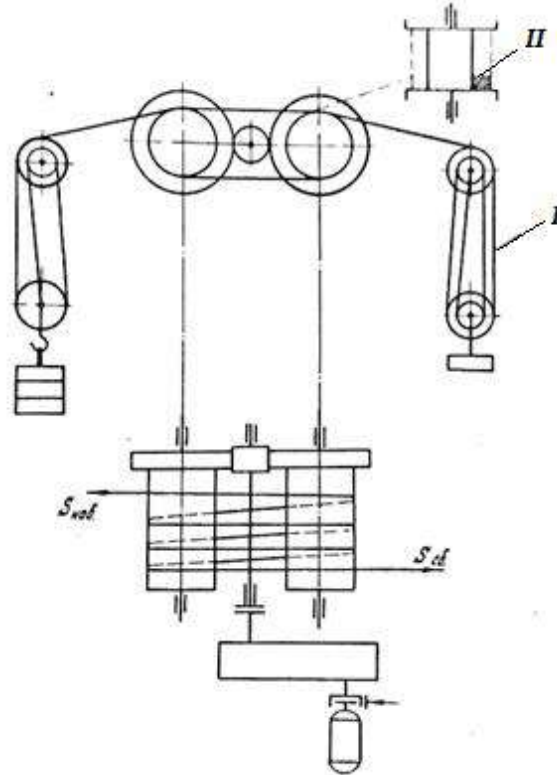


Рисунок 14.14 – Схема перемотуючої лебідки

Лебідка складається з двох барабанів, з'єднаних між собою зубчатою передачею, електродвигуна, редуктора, гальма.

У першому варіанті застосований канатозбірний поліспастр.

У другому варіанті застосований барабан з багатошаровою навивкою.

У плавучих кранів застосовується спеціальна лебідка для забезпечення постійної швидкості підйому вантажу (рис. 14.15)

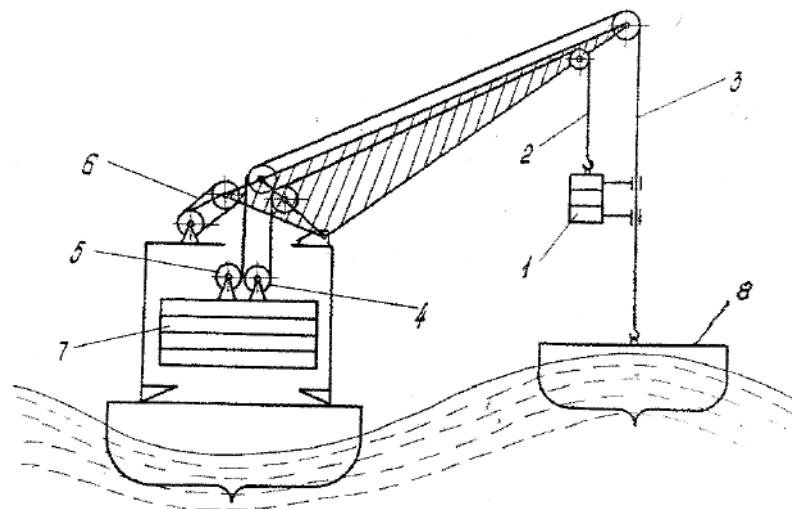


Рисунок 14.15 – Спеціальна лебідка плавучих кранів

Основні складові частини спеціальних лебідок:

- 1 – вантаж;
- 2 – канат вантажної лебідки;
- 3 – канат допоміжної лебідки;
- 4 – вантажна лебідка;
- 5 – допоміжна лебідка;
- 6 – стріловий поліспаст;
- 7 – платформа поліспасту.

Розташування вантажної лебідки 4 на платформі противаги 7, пов'язаної канатом 3 з завантаженим судном, дозволяє робити навантажувально-розвантажувальні роботи при хитавиці, так як при вимиканні вантажної лебідки вантаж 1 буде нерухомим відносно палуби 8, або буде пересуватися з постійною швидкістю при включенні вантажної лебідки. Хід противаги повинен бути не менше можливої висоти хвилі, а його вага – дещо більше вантажопідйомності.

Кран-судно «Олег Страшнов».

Головна особливість плавучого крана (рис.14.16) – унікальність конструкції корпусу, яка має високі робочі показники і дозволяє забезпечити великому судну високу швидкість (до 14-ти вузлів). Цей кран може піднімати вантаж масою до п'яти тисяч тон на висоту в сотню метрів. Його допоміжний гак може піднімати вантаж масою до восьмисот тон на – 132 метри. Завдяки системі динамічного позиціонування DP-3 є можливість здійснювати установку на шельфі різних конструкцій (в т.ч. і високоточних).

На судні обладнаний повноповоротний кран вантажопідйомністю – 5000 т. Судно працює при двох осадках. Під час переходів це – 8,5 метра, а після баластування на місці робіт – 14 метрів. До слова, «Олегу Страшнову» не потрібні буксировщики, судно-кран має власний хід в 14 вузлів, що забезпечує йому хорошу мобільність. Довжина його корпусу – 183 м. Висота підйому гака при максимальній вантажопідйомності – 100 м, виліт стріли – 32 м.





Рисунок 14.16 - Плавкран «Олег Страшнов»

Плавучий кран OSA «Sampson».

OSA «Sampson» – плавучий кран, встановлений на однокорпусне судно (рис. 14.17).



Рисунок 14.17 - Плавучий кран OSA «Sampson»

Вантажопідйомність на основному гаку становить 1600 т, на допоміжному – 100 т. Кран побудовано в 2010 році, експлуатується компанією Cvi Global Lux Oil & Gas Luxemburg і він є одним з найпотужніших плавучих кранів у світі.

Подібні крани застосовуються в будівництві морських споруд, нафтових платформ або морських вітрових генераторів.

Самовантажопідйомні транспортні судна «Fairpartner» і «Fairplayer».

У відповідь на підвищений попит в офшорній індустрії перевезень надважких вантажів були побудовані два транспортних судна нового покоління. Вони відносяться до класу самопідйомних вантажних суден.

«Fairpartner» і «Fairplayer» – одні з новітніх кораблів в світі (рис. 14.18). Їх крани справляються з найважчими і великогабаритними вантажами. У всьому світі існує всього 150 суден такого класу.

Творці транспортних суден «Fairpartner» і «Fairplayer» суднобудівна румунська корабельня "Damen Shipyards" міста Galatz, а належать вони голландської компанії "Jumbo Shipping". Нові судна здатні піднімати і перевозити вантажі вагою до 13000 т. Споруда кожного корабля обійшлася власникам в 150 мільйонів доларів.



Рисунок 14.18 - Самовантажопідйомні транспортні судна «Fairpartner» і «Fairplayer»

Щорічно транспортні судна «Fairpartner» і «Fairplayer» здійснюють більше десяти складних переходів по водах світового океану з надважкими вантажами на борту і тепер їм по праву належить титул "Найсильніші ваговози в світі".



Рисунок 14.19 – Кран «HUISMAN»

Для здійснення навантаження суден, що перевозять особливо важкі вантажі, їх оснащено двома 42-х метровими вантажопідйомними кранами (рис. 14.19). Кожний вантажопідйомний пристрій здатен підняти до 900 т. Крани фірми «Huisman» є найважливішою і найскладнішою частиною вантажних суден «Fairpartner» і «Fairplayer». Керування кранами здійснюється дистанційно. Крани компактні, потужні і завдяки сучасній системі досить маневрені.

Вантажами суден-важковозів «Fairpartner» і «Fairplayer» часто стають ректифікаційні колони вагою до 730 т, турбіни, газові компресори та інші елементи нафтопереробного комплексу. Робота з такими вантажами дуже схожа на постановку балету слонів - найменший прорахунок може стати фатальним(рис. 14.20).

Величезна підйомна вага, діюча на одну сторону судна може його перевернута. У зв'язку з цим вантажні судна забезпечені баластною системою, яка утримує корабель у вертикальному положенні. Насоси переміщують масу води, забезпечуючи стійкість. Так як навантаження ведеться з лівого боку, вода закачується в цистерни праворуч. Вага води компенсує виникаючий крен. По мірі переміщення вантажу вода повертається назад. Система дозволяє перекачувати до 45 т води за хвилину.

Інженери обладнали судна-ваговози новітньою системою прогнозування погоди, яка пропонує альтернативні маршрути в залежності від

стану моря. Вона обчислює оптимальний маршрут, що дозволяє уникнути великих хвиль і бортової хитавиці.

При сильному хвилюванні моря морські судна «Fairpartner» і «Fairplayer» схильні до кільової і бортової хитавиці, а сила хвиль і вага вантажу може призвести до хитавиці параметричної. Транспортні судна такого класу не здатні впоратися з сильною бічною хитавицею, що викликає крен більше 30 градусів, тому в таких випадках судно розвертають перпендикулярно до хвиль в очікуванні поліпшення погодних умов.

З метою збільшення вільного простору вантажний відсік у надбудові і ходова рубка суден «Fairpartner» і «Fairplayer» винесені максимально вперед. Для виконання робіт на мілководді і зменшення осадки судна з вантажної палуби скидається баласт на причальну стінку. Для маневрування в портах судна для перевезення особливо важких вантажів оснащені носовими підрулюючими пристроями.





Рисунок 14.20 - Вантажопідйомні роботи, виконувані палубними кранами

Плавучий кран «Svanen».

З вантажопідйомністю – 8700 т, «Svanen» є найпотужнішим плавучим краном у світі. Тільки двоє напівзанурювальних плавучих кранів «Гіалф» і «Saipem 7000» мають більше можливостей, але можуть зробити це тільки використовуючи два крана ("тандем") (рис. 14.21).

«Svanen» є самохідним плавучим краном у дизайні катамаранів. Був розроблений кран для установки збірних елементів великих мостів (мосту Ересунн). Сьогодні «Svanen» використовується в основному для установки морських вітряків.

Рух судна здійснюється за допомогою двох обертових кутових гондол в носовій частині і на кормі – 2400 кВт і 1250 кВт. Для підтримки двох бічних двигунів, кожен з яких має 630 кВт, додаткові встановлені в носовій частині.

Сучасному будівництву необхідні крани для підйому величезних мас бетону і сталі. Такі роботи складні не тільки на суші. На будівельному майданчику посеред океану переміщувати величезні бетонні блоки не тільки важко, а й вкрай небезпечно. Деталі вагою близько 8 000 т, які треба доставити по воді під силу тільки одному підйимальному механізму - найпотужнішому плавучому крану в світі «Svanen». Його можливості роблять його вершиною кранової інженерії.

Плавучий кран «Svanen» належить голландській компанії «Ballast Nedam». Побудовано судно в 1991 році на підприємстві «Navantia Carenas Ferrol» в Іспанії. Плавучий кран був спеціально створений для будівництва моста Grote Beltbrug в Данії.

Вантажопідйомність у – 8700 т плавучого крана «Svanen» вражає. Його унікальні можливості забезпечують його роботою по всім морям Європи, а також за її межами: будівництво мосту Конфедерації в Канаді, мосту Ересунн між Копенгагеном (Данія) і Мальме (Швеція), в Роттердамі експлуатувався під час будівництва шельфових вітроелектричних установок NoordzeeWind в Північному морі, установки свай в Ірландському і Північному морях.

При підйомі великого вантажу судно може кренитися, тому капітан судна управляє механізмом, який вирівнює плавучий кран за допомогою

баласту. Іноді для додаткової фіксації з судна викидають чотири якоря, які чітко утримують платформу-кран.



Рисунок 14.21 - Кран-судно «Svanen»

Плавучий кран «Saipem 7000».



Рисунок 14.22 – Плавучий кран «Saipem 7000»

Кран «Saipem 7000» є другим за величиною в світі крановим судном, після «Thialf» (рис. 14.22). Радіус крана «Saipem 7000» надає можливість підйому 14000 т на – 42 м, а «Тіалф» може підняти 14200 т на – 31,2 м. Він належить нафтовій і газовій промисловості підрядника «Saipem SpA».

«Saipem 7000» має два («Amhoist» модель S7000) повністю обертових крана. Кожен має 140-метрову стрілу, оснащену чотирма гаками. Кожен кран здатний піднімати до 7000 т при – 40 м за допомогою головного гака. Можливості першого допоміжного гака – 2500 т при – 75 м і другого допоміжного – 900 т при –115 м. Два крана здатні на тандем-підйом – 14000 т.

Кожен кран оснащений 15600 к.с. (11630 кВт) двигуном. Крани використовують 48 миль (77 кілометрів) канатів різних діаметрів.

В океані переміщення величезних деталей вкрай важко здійснити, тому доставити багатотонні конструкції до місця збирання за кілька тисяч кілометрів від берега може тільки один з найбільших кораблів у світі «Saipem 7000».

Цей плавучий кран має палубу розміром з два футбольні поля, і може працювати в морі по кілька місяців. Судно може підняти все - від бурової установки до пошкодженого судна, тому роботи в морі йому вистачає.

Плавучий вантажопідіймальний кран «Saipem 7000» побудований в 1987 році і належить компанії «Saipem SpA», відомої в галузі нафтової і газової промисловості.

На самохідному плавучому крані працюють висококваліфіковані фахівці з різних країн. В середньому на борту судна знаходиться близько 300 чоловік, а коли вантажопідіймальний кран виходить у море для виконання

функцій це число збільшується до 400. Судно призначене для морських перевезень великогабаритних конструкцій. З допомогою двох кранів, які знаходяться на борту плавучий вантажопідіймальний кран «Saipem 7000» може підняти вантаж, рівний 100 залізничним локомотивам. У липні 2010 року судно-кран «Saipem 7000», перебуваючи в режимі динамічного позиціонування, встановив світовий рекорд, піднявши частину платформи «BP Valhall Production» вагою – 11600 т (рис. 14.23).



Рисунок 14.23 - Плавучий кран «Saipem 7000» готується до транспортування

Керування судном здійснюється з командного центру. Для створення остійності плавучий вантажопідіймальний кран оснащений двома баластними системами, які за одну годину здатні перекачувати – до 24000 т води, з використанням чотирьох насосів. Плавучий вантажопідіймальний кран «Saipem 7000» може йти зі швидкістю 9 вузлів. Для цього судно оснащене вісьмома 12-циліндровими дизельними двигунами, що виробляють 47 МВт електроенергії. Допоміжне електроживлення забезпечується двома 6-циліндровими дизелями потужністю – 4200 к. с. Під час плавання судно витрачає близько 120 т палива на добу, а під час стоянки – до 80 т. Всього на борту чотири танки вміщають 9500 т палива.

Плавучий вантажопідіймальний кран оснащений потужним вантажопідійомним устаткуванням, без якого збирання морських платформ було б неможливе. На борту два крана з довжиною стріл по –140 м і кожен з них здатний підняти до 7000 т. Кожен кран оснащений електродвигуном потужністю – 15600 к. с. Вся довжина використовуваних сталевих канатів становить 77 км. Вантажами судна можуть бути частини морських платформ, палі і інш.

Операція з монтажу нафтовидобувної платформи досягає декількох діб. Її повільно піднімають з борту транспортного судна і переносять на підготовлені залізобетонні опори. Потім за справу береться армія зварників і монтажників, електриків і трубопровідників, число яких може досягати 1000 осіб. Їх спільними зусиллями морська платформа приводиться в робочий стан. Роботи виконуються за графіком, так як на все є свої терміни.

Швартування плавучому вантажопідійомному крану забезпечують 16 якорів, а довжина якірного ланцюга кожного становить 450 м.

На платформі плавучого крана також є найбільший у світі гідромолот типу «МНУ 3000», зроблений спеціально компанією «Menck». Він використовується для установки так званих всмоктувальних паль.

Технічні характеристики крана «Saipem 7000»:

Водотонажність – 172000 т;

Довжина – 197,9 м;

Ширина – 87 м;

Осадка – 10,5, максимальна 27,5 м;

Силова установка – дизель загальною потужністю 76000 к. с.;

Швидкість ходу – 9,5 вузлів;

Вантажопідійомність – 14000 т.

Плавучий кран SSCV «Thialf».

SSCV «Thialf» - напівзанурювальний плавучий кран вантажопідйомністю – 14200 т, встановлений на платформу (рис. 14.24). Він експлуатується компанією Heerema Marine Contractors і є найпотужнішим плавучим краном у світі.



Рисунок 14.24 – Плавучий кран SSCV «Thialf» виконує унікальні підйомні операції

Судно було побудовано у квітні 1985 року японською компанією Mitsui Engineering & Shipbuilding [en] під ім'ям DB-102 для McDermott International [en]. У 1997 році воно було передано Heerema Marine Contractors і перейменовано в Thialf.

Судно (вага – 136709 т, тонаж – 198750 т) має два крана загальною вантажопідйомністю понад 14200 метричних тон, що робить його найбільшим плавучим краном у світі, здатним розмістити 736 осіб. Корпус судна

складається з двох понтонів з чотирма колонами кожен. Транзитна осадка становить близько 12 метрів. Для підйомних операцій її додатково збільшують баластом до 26,6 м.

Кран-судно або плавучий кран (Heavy Lift Crane Vessel) - це морське судно, обладнане краном або кранами, для проведення вантажних операцій з великою вагою. Найбільші типи цих суден застосовуються в основному для проведення споруд і установки офшорних конструкцій, підйому втоплених суден, підводних човнів, або інших специфічних робіт, де необхідні крани великої вантажопідйомності [23].

Найбільший плавучий кран в світі має найбільші характеристики та розміри головних елементів.

Так площа вантажної палуби більша за два футбольних поля, що зручно для перевезення великорозмірних та надважких конструкцій (рис. 14.25). Застроповка крупномодульних вантажів здійснюється робочими синтетичними канатами товщиною, як середня людина (рис. 14.26).

Унікальна гакова підвіска оснащена чотирирогим гаком (рис. 14.27).

Існує три основних типи плав-кранів:

1. Напівзануреного типу (**Semi-submersible Crane Vessel**).
2. Катамаранного типу (**Catamaran Crane Vessel**).
3. Цільнокорпусного типу (**Monohull Crane Vessel**).



Рисунок 14.25 - Робоча палуба SSCV "Thialf"

Створення першого кран-судна, яке розташовувалося в порту і виконувало різні вантажні операції, датується ще 14 століттям. З розвитком технічного прогресу відбувалися видозміни і цього типу судна, вже з більш значущою вантажопідйомністю.



Рисунок 14.26 - Робочі стропи для проведення операцій з підйому вантажу SSCV "Thialf"

І в 1949 році була побудована перша баржа з 150-тонним поворотним краном, що і дало основний поштовх у розвитку цього напрямку в офшорній будівельній індустрії. Замість будівництва нафтових платформ по частинах, з'явилася можливість збирати цілком палуби і основні конструкції на березі, потім вже готові встановлювати у відкритому морі.



Рисунок 14.27 - Величезний багатотонний гак SSCV "Thialf"

У 1963 році, компанією Heerema Marine Contractors, було побудовано кран-судно на базі танкера і було названо "Global Adventurer". Цей тип кран-судна був вже адаптований до суворих умов Північного моря. Цією ж компанією в 1978 році були побудовані два судна-крана напівзануреного типу

"Hermod" і "Balder", які були менш чутливі до морської хвилі, що дозволяло використовувати їх в зимовий період в Північному морі. Їх стабільність у багато разів вище, ніж у суден цільнокорпусного типу.

Велика вантажопідйомність кранів привела до скорочення часу на установку нафтових платформ від декількох місяців, до декількох тижнів.

На даний момент, найбільший кран-судно - це кран-судно напівзануреного типу «Thialf» від компанії Heerema Marine Constructors.

Технічні характеристики крана Semi-Submersible Crane Vessel «Thialf»:

Вантажопідйомність – 14200 т;

Вага – 136 709 т;

Водотонажність – 198 750 т;

Довжина – 201,6 м;

Стріла – 88,4 м;

Висота – 144,0 м;

Потужність – 6 x 5500 кВт.

На SSCV «Thialf» встановлено два крани, загальною вантажопідйомністю – 14200 метричних тон (рис. 14.28). Це судно обладнане системою динамічного позиціонування (Dynamic Positioning System). На мілководді може використовувати 12 якорів типу Flipper Delta, кожен – по 22,5 т вагою.

Корпус складається з двох понтонів і чотирьох колон кожен. Транзитна осадка – 12 метрів. Для проведення вантажних підйомних операцій баластується до осадки 26,6 метрів, завдяки чому сильно зменшується ефект впливу хвилі. Можливо розмістити 736 осіб на судні.



Рисунок 14.28 - Підйом багатотонної верхньої частини нафтової платформи

Два перших рівня надбудови – дво- та одномісні номери без туалету та душу, є тільки раковина, але на кожному рівні є дві душові, в яких більше двадцяти кабінок. На офіцерській палубі одномісні каюти зі зручностями в них.

Судно працює над проектом 24 години на добу, кожні 12 год змінюються вахти.



Рисунок 14.29 - Загальний вигляд кранів SSCV "Thialf" в роботі

Одним з недоліків можна відзначити його величезні розміри, враховуючи, що половина всього знаходиться нижче рівня води. Спуститися на самий низ в насосне відділення можна на двох ліфтах (один з правого, інший – з лівого боку), а якщо йти пішки, то пройде близько 10-15 хвилин.

На SSCV "Thialf" – три машинних відділення і ще два на палубі.

Протягом проекту, над яким працює судно, проходять конференції. На них у доступній формі, не заглиблюючись в технологічні моменти, поетапно розповідають про роботи пов'язані з проектом, тому кожен знає в який день, що заплановано встановлювати або знімати. Зазвичай, на будь-якому проекті присутній суперінтендант від компанії і такий же від чартеру. Утримання судна чартеру обходиться дуже дорого, тому всі проекти добре сплановані і не буває простоїв і закінчуються в стислі терміни. Так, наприклад, установка нафтової платформи займає від 28 днів до 35 днів (рис.14.29).

15. ДЕРІК-КРАНИ

Дерік-кран – це спеціальне обладнання, яке розроблено для демонтажу кранів з висотних будівель.

Дерік-крани підходять для підйому дуже важких вантажів і використовуються в якості стаціонарних установок для збирання попередньо виготовлених на заводах сталевих секцій мостів. Також ці крани використовують при будівництві висотних будівель зі сталевим каркасом або виконанні спеціальних робіт по демонтажу. Кран 200 DR 5-10 був спроектований для демонтажу інших кранів, які використовуються на будівництві висотних будівель, опорів мостів і телекомунікаційних башт. Ось чому розміри і вага всіх складових частин 200 DR 5-10 дозволяють демонтувати його тільки з допомогою дуже маленької лебідки і опускати на землю, використовуючи шахти ліфтів будівлі.

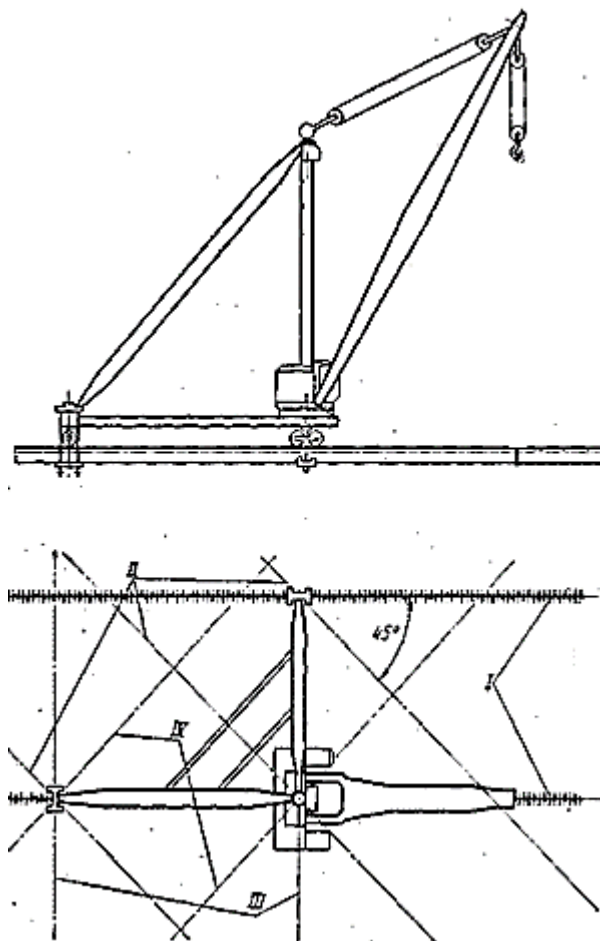
Кран типу МДК-63-1100 (рис.15.1) триопорний з двома підкосами. Кут між підкосами становить 90° . Щогла крана неповоротна, має жорсткі з'єднання з підкосами у верхньому вузлі і з розпірками в нижньому. Ширина колії крана та його база змінюється від 6 до 14 м за допомогою відповідної зміни довжин підкосів та розпірок за допомогою вставних елементів. Ширину колії і базу встановлюють у кожному окремому випадку, виходячи з умов розміщення крана на монтуємій конструкції (прогінній будові), і передачі на конструкцію опорних тисків і анкерних зусиль крана. Переважними є найбільші розміри колії та бази, тому що при цьому анкерні зусилля виявляються найменшими. При роботі кран заанкерюється за зібрану конструкцію або фундаменти.

Ходовим візкам крана надано можливість повороту в плані. При роботі крана колеса ходових візків розвантажуються за допомогою встановлення візків на аутригери.

Найбільший кут повороту стріли в плані, що визначає розміри робочої зони, змінюється від 149° до 250° , збільшуючись зі збільшенням колії, бази та вильоту стріли.

Механічне та електричне обладнання крана МДК-63-1100 змонтовано у поворотному машинному приміщенні, що жорстко пов'язане зі стрілою. Навантаження від стріли та машинного приміщення, передаються на кульковий опорно-поворотний пристрій із зубчастим приводом.

Область застосування крана - загальнобудівельні роботи з важкими вантажами, монтаж конструкцій, обслуговування складів збірних залізобетонних елементів, навісний монтаж залізобетонних та сталевих (з їздою поверху) прогонових будов мостів великих прогонів, зведення фундаментів опор із збірних залізобетонних оболонок великих діаметрів.



I, II, III, IV - можливі схеми положення підкранових колій (схема IV - при рівних розмірах колії Л та бази В)

Рисунок 15.1 - Дерік-кран МДК-63-1100

Дерік-кран ГМК-12/20. Кран – 20-тонний має три опори та два підкоси. Кут між підкосами у плані дорівнює 90° (рис.15.2). Крім підйому вантажу, кран розрахований також на роботу з чотирьохканатним грейфером ємністю 1 м^3 . При підвішеному грейфері вантажопідйомність основного гака знижується до 10 т.

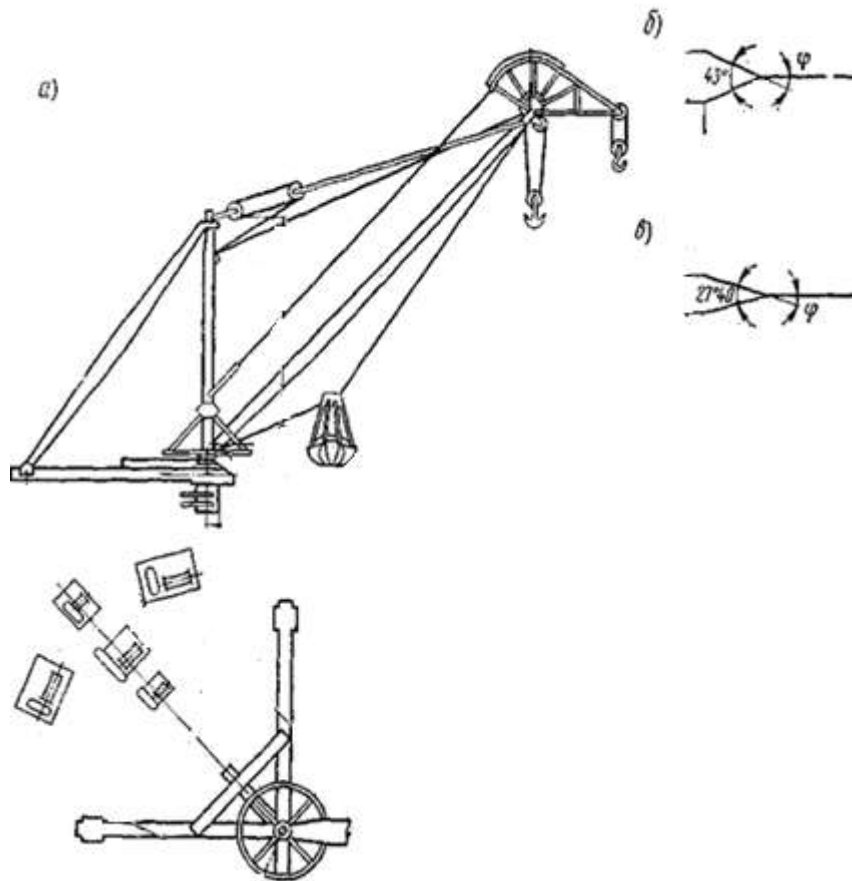
Основна стріла довжиною 20,09 м нарощується вставками до довжини 30,09 м. Привід повороту щогли – канатний через поворотне коло.

Кран із кутом 90° між підкосами використовують на загальнобудівельних роботах, а також при монтажі прогонових будов широких міських мостів із їздою зверху. При монтажі залізничних прогонових будов з їздою внизу ширину колії зменшують за допомогою зменшення кута між підкосами. Якщо кран встановлюється на верхніх поясах, цей кут дорівнює 43° , а при встановленні на проїжджій частині – $27^\circ 40'$.

При необхідності конструкцію крана посилюють постановкою двох передніх підкосів щогли.

Ходові візки та опорні конструкції (рами, портали), необхідні для встановлення крана, що використовується як пересувний, в комплект його не входять і виготовляється в кожному окремому випадку.

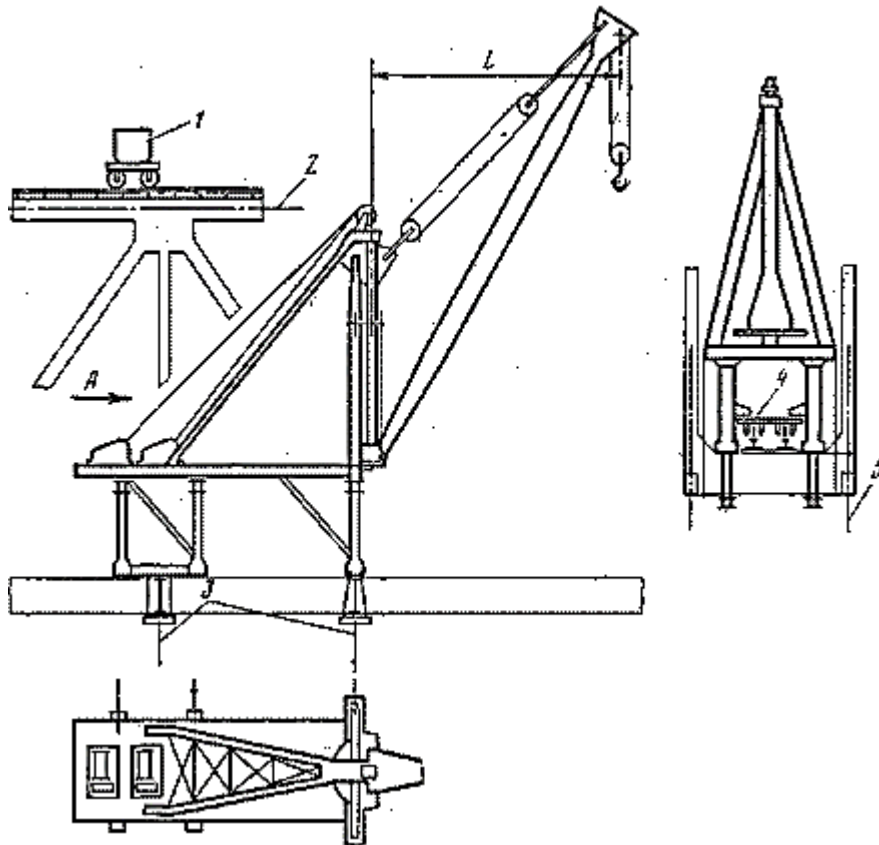
Вантажопідйомність крана при кутах 43° і $27^\circ 40'$ залежить не тільки від вильоту, але і від кута повороту стріли в плані. Впливає на вантажопідйомність і довжина стріли.



а - загальний вигляд; б - схематизований план крана при встановленні його на верхніх поясах збираємих прогонових будовах; в - те саме, при встановленні на проїжджій частині

Рисунок 15.2 - Дерік-кран типу ГМК-12/20

Дерік-кран УМК-1 (рис. 15.3) при встановленні на проїжджій частині шлях подачі монтажних елементів проходить між стійками порталних рам. Для переміщення крана використовують спеціальні візки з домкратами для вивішування крана під час його навантаження.



1 – кран-балка для монтажу верхніх зв'язків; 2 - вісь верхнього пояса головної ферми; 3 - осі поперечних балок проїжджій частини; 4 - візок для переміщення крана; 5 - осі головних ферм

Рисунок 15.3 - Дерік-кран УМК-1, встановлений на проїжджій частині збираємої прогінної будови

У комплект крана, що встановлюється на проїжджій частині, входить кран-балка для монтажу верхніх зв'язків.

За конструкцією основних вузлів та обладнання кран УМК-2 уніфікований з краном УМК-1.

Кран ДК-25/40 (рис. 15.4) вантажопідйомністю 40 т, призначений для монтажу сталезалізобетонних прогінних будов залізничних, автодорожніх та міських мостів з їздою понизу та поверху.

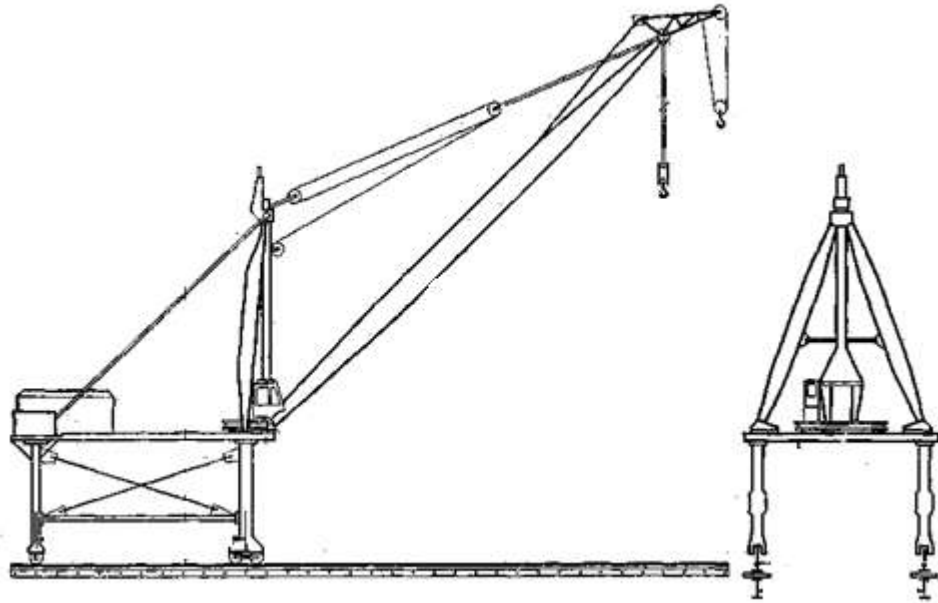


Рисунок 15.4 - Дерік-кран ДК-25/40

Він може бути використаний для монтажу типових залізничних прогінних будов із наскрізними головними фермами прогоном 80-160 м, типових автодорожніх залізобетонних будов прогоном 85 м, а також індивідуальних сталевих та залізобетонних великопрогінних будов міських мостів.

Дерік-крани добре себе зарекомендували при розмонтуванні різних підйомних кранів і механізмів після завершення висотних будівництв.

16. РОЗВИТОК СПЕЦІАЛЬНИХ КРАНІВ

16.1 Концептуальні напрямки розвитку спеціальних кранів

Сьогодні і в майбутньому крани спеціальні є та будуть надзвичайно важливим компонентом у різних промислових операціях. Концептуальні критерії, що визначають якість спеціальних кранів, можна розділити на три основні групи:

- Генеральні критерії, що жорстко визначаються технічним завданням замовника. Це – вантажопідйомність або вантажний момент, швидкісні режими, величини переміщень, режим роботи, функціональні можливості;
- Критерії абсолютної безпеки роботи людей з кранами та відсутності матеріальних втрат, зв'язаних з ймовірністю аварій;
- Критерії ринкової кон'юнктури та експлуатаційної ефективності крана.

До недавніх часів спеціальні крани виготовлялися по технічним вимогам та для задоволення все зростаючих потреб замовника практично без використання передових наукових та інженерних досягнень в суміжних галузях техніки. Тому зараз кранова індустрія дещо відстає від інноваційних досягнень в розвинутих галузях науки, техніки та високих технологій (космічних, авіаційних, автомобільних та інших). Використання маломіцних вуглецевих конструкційних сталей, низькі квалітети точності та не високий клас шорсткості оброблених поверхонь не сприяв прориву кранового обладнання в елітний клас високоякісних, досконалих, ефективних, надійних та безпечних машин. Наразі змінився підхід до вантажопідйомних кранів як до другорядних машин, призначення яких виконувати тільки допоміжні операції перевантажування.

Як би важко не було точно передбачити концепцію та напрям розвитку спеціальних кранів в майбутньому, можна однозначно прогнозувати зростання ринкового попиту на крани з максимальними генеральними технічними характеристиками: вантажопідйомністю, вантажним моментом, швидкісними характеристиками, розмірно-геометричними переміщеннями та широкими функціональними можливостями і повною відповідністю до умов експлуатації. Не існує об'єктивних причин до обмежень зростання основних технічних характеристик спеціальних кранів в майбутньому.

В сучасних виробництвах спеціальні крани крім традиційних вантажно-розвантажувальних робіт все ширше виконують основні технологічні операції за рахунок розвинутої функціональності, гнучкості та універсальності. Термін «спеціальні крани» у вузькому призначенні поступово буде втрачати технологічний зміст. Ці крани будуть життєспроможні в роботі з генеральними масовими вантажами після конкурентної перемоги над принципово іншими машинами, наприклад, машинами безперервного транспорту.

Жорстка ринкова конкуренція висуває високі вимоги що до вартості спеціальних вантажопідйомних кранів, яка визначається рівнем генеральних

технічних характеристик крана та проектною експлуатаційною ефективністю його.

Експлуатаційна ефективність крана визначається фактичною продуктивністю, безпечністю, надійністю, рівнем експлуатаційних витрат.

Тільки високопродуктивна та безперервна робота крана може забезпечити економічну ефективність, окупність та прибутковість інвестицій. До деякої міри ефективність визначається коефіцієнтом використання крана – відношенням часу роботи крана до загального терміну життя його. Для збільшення ефективності крани наділяють широкими експлуатаційними функціями: мобільності – здатності крана переміщуватися між різновіддаленими фронтами робіт з швидким самомонтажем на новому робочому місці; гнучкості та універсальності – здатності працювати з принципово різними вантажами (штучними, сипкими, кусковими, контейнерними та інш.) із зміною відповідного автоматичного захоплюючого пристрою (кліщів, грейфера, електромагніта, спредера), а також здатність до гібридного енергоживлення з можливістю рекуперації енергії, універсалізації транспортної логістики (контейнерні переміщення кранових елементів) та автоматизації більшості робочих процесів:

- вбудовування автоматичних систем діагностування та пошуку несправностей, пошкоджень, контролю за роботою всіх механізмів систем спостереження за роботою крана з можливістю передавати та записувати інформацію, зважуючих та позиціонуючих вантаж пристроїв;

- підняття ефективності експлуатації крана за рахунок покращення та програмної цифровізації циклу роботи крана, що складається з далекої навігації транспортування та позиціонування вантажу, точного маневрування, захоплення вантажу;

- взаємна адаптація експлуатаційних функцій, передових науково-технічних втілень в конструкцію крана з умовами та середовищем експлуатації.

Інвестиції в цифрові технології мають бути пріоритетними для досягнення повної ефективності. Цифрова технологія є вірним напрямом розвитку кранової галузі.

Досконалість та експлуатаційна ефективність, оснащеність кранів інтелектуальними високотехнологічними гаджетами призводить до різкого зростання вартості кранів. Економічна ефективність крана є оптимально тонким балансом між надмірністю та недостатністю вартості, генеральних технічних та економічних характеристик крана.

Вантажопідйомні крани є машинами підвищеної небезпечності, що робить робочі місця також небезпечними через високу ймовірність травм робітників та матеріальних збитків. Сучасні вимоги наголошують на необхідності того, що таке обладнання має бути безпечним в експлуатації та простим в обслуговуванні, тоді як пов'язані з людським фактором помилки повинні бути значно знижені.

Людські помилки, зазвичай, очолюють список причин аварій, а також досить часті перевантаження, низький рівень обслуговування та втома матеріалів. Найбільш серйозні аварії викликані: ненавченим оператором, поспішною

роботою, сонливістю оператора, неправильною оцінкою навантаження або відстані, нерозуміння сигналів або словесних вказівок, поганою видимістю, поганою погодою тощо.

Оператор крана в своїй роботі повинен спиратися на повну інформацію про стан механізмів, металоконструкції, ситуаційний план навколишнього простору, робочого майданчика та об'єкту перевантаження.

Точність, контроль інформації та виконання функцій є запорукою безпечної експлуатації крана. Для цього розроблені відповідні пристрої.

Вбудовані функції безпеки зменшують можливість підйому вантажу, що перевищує потужність, мінімізує або усуває небезпечне коливання вантажу, запобігає аваріям та забезпечує багато інших засобів захисту.

Це автоматичні зважуючі пристрої, вмонтовані засоби діагностування стану крана та його обслуговування, автоматичні системи моніторингу та керування розгойдуванням вантажу та його позиціонуванням, системи оптичного розпізнавання об'єктів та символів, автоматичного моніторингу вітру та стабілізації при цьому положення піднятого вантажу, системи контролю та керуванню навігаційними переміщеннями крана, системи повної оглядової інформації про положення вантажу та робочого простору, активні антиколізійні пристрої, інтелектуальні системи адаптації технічних характеристик крана до об'єкту та умов експлуатації.

Вбудовані в спеціальні крани функції безпеки розроблені на передових досягненнях науки та високих технологій, які широко використовуються в сумісних наукоємних галузях виробництва. В основу роботи зазначених систем покладено принципи та датчики лазерних та інфрачервоної технологій; навігаційних датчиків (енкодери, радіочастотні, оптичні, інерційні, гіроскопічні), укліноміри, магнітострикційні лінійні датчики, високочутливі 3D-сканери охоронних контурів, антиколізійні датчики (попередження зіткнень кранів), ультразвукові датчики, кутові та лінійні акселерометри, магнітометри, вітровимірники, камери огляду, БПЛА-дрони, комбінація різнотипних систем електроживлення крана та інші гаджети.

Інший спосіб забезпечити безпеку людей, які працюють на об'єкті, - це використовувати логістично програмованих бірок, прикріплених як до працівників, так і до обладнання, в основу роботи яких закладено принцип радіочастотної ідентифікації.

Завдяки датчикам система керування краном отримує дуже цінні дані в режимі реального часу для успішного та безпечного виконання операцій.

Генеральною метою підвищення безпечності спеціальних кранів є віддалення будь-кого від небезпечної близькості до вантажу та надання можливості працівникам безпечно налаштувати вантаж через весь цикл роботи крана. Цього можна уже зараз досягти шляхом переведення кранів на дистанційне та автоматичне керування шляхом суцільної цифровізації всіх кранових операцій. Переведення крана на дистанційне та автоматичне керування дозволяє значно підвищити безпечність та ефективність кранових операцій, відкриває можливості для подальшого підвищення продуктивності кранів. В даний час

технології для досягнення цих цілей доступні і широко використовуються для багатьох спеціальних кранів.

Автоматизація – це конгломерат сучасного обладнання, що базується на застосуванні передових цифрових технологій, що прийшли на зміну рутинній роботі оператора крана в кабіні машиніста. При цьому може застосовуватися як часткова автоматизація, що включає певні операції крана, так і повна автоматизація всього процесу крана, що дозволяє зробити крани керованими дистанційно, забезпечуючи безперервність їх роботи з високою продуктивністю і з програмованою послідовністю виконуваних повторних операцій.

Найбільш поширеними є такі системи автоматизації:

- система стабілізації вантажу;
- система позиціонування вантажу;
- автоматичні, високотехнологічні захоплювачі вантажу.

Безпека на місці має першочергове значення. Ключовим елементом є сучасне апаратне та програмне забезпечення, деякі з яких вже використовуються, а деякі – ще в розробці, допомагаючи кранівникам безпечно виконувати свою роботу. Операційні досягнення в секторі кранів є вражаючими, але ризики, пов'язані з використанням такого важкого та великого обладнання, можуть бути дійсно серйозними. Дотримання стандартів безпеки допомагає мінімізувати цей ризик, і, звичайно, оператори повинні мати високу кваліфікацію відповідно до складності виконуваної роботи та пройти повну підготовку до роботи на місці.

Спеціальні пристрої та системи можуть бути дуже корисними. Що стосується програмного забезпечення, Інтернет породив нові технології, які можуть забезпечити ще ширшу мережу безпеки. Крани та вантажно-розвантажувальні роботи є однією з провідних галузей, які впроваджують сучасні технології.

Керування краном – складна робота, що вимагає від оператора визначених навичок та досвіду, найголовніше – всебічного розуміння рухів крана.

Сучасні досягнення продемонстрували найсучасніші можливості керування крановим обладнанням за допомогою телематики, а також систем навчання, спрямованих на те, щоб оператори та орендарі кранів залишалися на вершині своєї професійної кваліфікації.

Для навчання кранівників передові технології можуть забезпечувати взаємодію без використання рук і голосу, а також когнітивну аналітику поведінки для занурювального досвіду, керованого розумінням і багатими даними. Наука, що стоїть за схемою, буде вимірювати та адаптуватися до біологічних сигналів, таких як активність мозку в поєднанні з технологією відстеження очей, щоб підвищити ефективність навчання, безпеку водія та безпеку працівників на передовій з високим ризиком. Для ефективного поєднання цифрового та фізичного середовища потрібна нова парадигма взаємодії. Яким би не було майбутнє кранової галузі, можна бути впевненими, що робота з сучасним навчальним обладнанням буде ефективною.

3D-моделювання всіх кранових функцій у віртуальній реальності дає змогу кранівнику та екіпажу такелажу бачити й практикувати підйом у віртуальному середовищі, включаючи кранівника, такелажників, сигнальників, з координатором роботи. 3D розширює можливості для використання як інструменту комунікації так і зменшення ризиків.

У віртуальному світі можливо моделювати критичні ситуації в екстремальних умовах, не ризикуючи безпекою оператора. Інструменти моделювання дозволяють тестувати граничні випадки та надзвичайні ситуації в безпечному середовищі за допомогою цифрового близнюка спеціального крана.

Область, яка вже давно є предметом інтересу – це машини, які можуть самостійно керувати всіма крановими операціями, і таким чином, працювати автономно.

Найвищий рівень цифрових технологій в кранах – це створення роботизованих кранів, здатних до автономної роботи з оператором у віддаленому кабінеті керування або навіть для роботи за запрограмованим обсягом робіт, тобто створення автоматизованих кранів-роботів (АКР), які інтегровані з технологією штучного інтелекту та можуть виконувати завдання автономно або дистанційно керуватися операторами. Популярність АКР зростає, особливо в галузі важких операцій та логістиці перевезень.

Зростання уваги до безпеки у поєднанні з нестачею та вартістю кваліфікованої робочої сили підштовхує до автоматизації та роботизації перевантажувальних операцій. Ця тенденція збережеться в майбутньому. Великих висот автоматизація та роботизація досягли в машинобудуванні (авіаційне, автомобільне), виробництві мікропроцесорів і інших виробничих галузях. Досить давно у різних виробництвах ефективно працюють верстати з числовим-програмним керуванням, оброблюючі центри, гнучкі автоматизовані виробництва (ГАВ) та інші автоматизовані, гнучкі, роботизовані, інтелектуальні системи.

В крановій галузі ускладнені процеси роботизації, цифровізації та програмного керування рухами тим, що в більшості кранів вантаж (об'єкт маніпулювання) підвішений на канатах, що практично унеможливило при асинхронних кранових двигунах точно позиціонувати вантаж та заспокоювати його коливання. Поява безредукторних приводів і двигунів з частотним керуванням відкриває широкі можливості на шляху створення АКР.

Геометрична конфігурація багатьох типів кранів (баштових, порталних, баланс-кранів, стрілових, кранів з жорстким підвісом вантажу) із чітко визначеними стикуваннями та ступенями свободи дозволяє за допомогою роботизованих технологій перетворити їх на гіганти-роботи зі швидкою та точною навігацією, яка буде використовуватися оператором, в основному для циклічних, рутинних завдань.

З усіх наведених вище факторів можна зробити наступний висновок: за рахунок впровадження цифрових технологій, сучасних приводів і засобів керування крановими операціями, забезпечуються абсолютно новий рівень маневреності, гнучкості, продуктивності, обслуговування клієнтів, безпечності людей та коштовного обладнання.

Закупівля автономних кранів має зосередитися на загальній інвестиційній стратегії. Компанії, які інвестують у капітальне обладнання, придбання автономних кранів, має враховувати деякі ключові аспекти, такі як капітальні витрати, прогнозований термін служби, амортизація та простота інтеграції з існуючими потужностями та технологіями. Незважаючи на те, що повністю автономні крани є відносно дорогими, майбутнє кранової галузі пролягає через суцільну цифровізацію та трансформацію кранів в автоматичні крани-роботи з жорстким економічним обґрунтуванням, концептуальною раціоналізацією та доцільністю.

Нова концепція цифровізації та автоматизації кранової галузі зовсім не передбачає обов'язковості викинути все старе та замінити новим. Нові та принципово інші спеціальні крани слід інтегрувати в існуючий відрегульований технологічний процес, поступово заміщуючи частково зношені, морально застаріле обладнання з використанням корисної та передової модернізації.

Процес продовжується до повної заміни обладнання, що вичерпало нормований термін експлуатації. Крім того, існує концептуальний напрямок – крани «разового використання», які створюються для виконання разових підйомних операцій з подальшою утилізацією, що також виправдано економічною доцільністю як і модернізація цілої плеяди існуючих кранів.

В заключних підрозділах цього методичного посібника приведені наукові розробки кафедри «Деталі машин і ПТМ» Національного університету «Запорізька політехніка» в напрямку перспектив роботизації та цифровізації спеціальних кранів, а також розробки методів розрахунку приводів кранів з граничними вантажопідйомностями.

16.2 Основи методики проектування механізмів підйому кранів граничної вантажопідйомності

Сучасному масштабному будівництву мостів, кораблів, бурових веж, морських платформ, атомних та вітрових електростанцій, яке в основному здійснюється за принципом крупномодульності, необхідні вантажопідйомні крани для піднімання величезних одиничних мас бетону та сталі. Такі роботи складні та небезпечні на суші, а на будмайданчику посеред океану піднімати та переміщувати величезні деталі та вузли вкрай складно. Тому, існує світова тенденція до зростання вантажопідйомності спеціальних кранів до рекордних величин і не існує причин до обмеження цього росту. Навпаки, риночний запит на крани з граничною вантажопідйомністю зростає, що свідчить про закінчення світової економічної депресії.

В зв'язку із ростом вантажопідйомності змінюється функціональне призначення механізмів крана. Головне значення набуває в таких кранах механізм підйому, всі інші механізми набувають статусу допоміжних механізмів для установчо-переміщувальних рухів, або вони зовсім відсутні.

До табл. 16.1 зведені крани з найбільшою в світі вантажопідйомністю. Призначення цих кранів – крупноблочне будівництво і монтаж унікальних машин, а також складні рятувально-підймальні операції.

На базі зібраних кранів проведено дослідження конструктивних особливостей механізмів підйому кранів з найбільшою вантажопідйомністю.

Сучасна вища школа та діючий інженерний корпус проектних установ та кранобудівних заводів користуються добре відпрацьованою методикою та нормативними рекомендаціями проектування механізмів підйому. Існуючий напрацьований матеріал не може бути використаним в повному обсязі та в існуючому виді для проектування механізмів підйому кранів із граничною вантажопідйомністю. Всі сучасні методики проектування механізмів підйому базуються на правильному та обґрунтованому виборі стандартних, нормалізованих комплектуючих: двигунів, гальм, редукторів, канатів, гаків, підвісок, барабанів, муфт. Оригінальним залишається проектування металоконструкції та компоновки крана. При проектуванні механізмів підйому надважких кранів не можна вибрати вказані комплектуючі із стандартних, так як їх з необхідними технічними характеристиками просто не існує. Всі частини приводу підйому такого крана треба проектувати та виготовляти фактично заново, так як кожний об'єкт є унікальним, від гака до барабана.

Можна було б вибрати деякі елементи із суміжних галузей, наприклад, електродвигуни великої потужності використовуються в шахтних підйомниках. Але невідповідність технічних особливостей різногалузевих приводів, редукторів та складність пристосування їх під специфіку роботи кранових підйомних механізмів зводить на нівець вказаний ресурс постачання комплектуючих для кранів граничної вантажопідйомності.

Закономірне, обумовлене складністю вирішуваних задач, підвищення вантажопідйомності кранів призводить до також закономірного збільшення кратності поліспаств, що, в свою чергу, породжує вимагаючі рішення технічні проблеми. Виясняється, що кратність поліспасти має межу, визначаєму величиною ККД поліспасти, яка, в свою чергу, визначається величиною ККД одного блоку, зведену в ступінь, що дорівнює загальній кількості огинаємих канатом блоків. Відомо, що в канатних поліспастих втрачається енергія підйому вантажу. Втрати в поліспасті визначаються його ККД, який можна вирахувати за допомогою відомої формули

$$\eta_n = \frac{1 + \eta + \eta^2 + \eta^3 + \dots + \eta^{a_n - 1}}{a_n}, \quad (16.1)$$

де $\eta = 0,98$ - ККД одного канатного блока;

a_n - кратність поліспасти.

Ряд, що знаходиться в чисельнику залежності,

$$A = 1 + \eta + \eta^2 + \eta^3 + \dots + \eta^{a_n - 1} \quad (16.2)$$

є безкінечно-спадною геометричною прогресією із знаменником η , першим членом $e_0 = 1$ та кожним наступним членом $e_i = \eta^{i-1}$. Сума членів такої прогресії дорівнює $\sum_{i=1}^{a_n} e_i = \frac{1-\eta^{a_n}}{1-\eta}$. (16.3)

Тоді, коефіцієнт корисної дії поліспасти можна представити в наступному вигляді

$$\eta_n = \frac{1-\eta^{a_n}}{a_n(1-\eta)}. \quad (16.4)$$

Межа залежності ККД від величини кратності поліспасти, враховуючи, що $\lim_{a_n \rightarrow \infty} \eta^{a_n} \rightarrow 0$, має наступний вигляд

$$\lim_{a_n \rightarrow \infty} \eta_n = \lim_{a_n \rightarrow \infty} \frac{1-\eta^{a_n}}{a_n(1-\eta)} \rightarrow 0. \quad (16.5)$$

З графіка залежності ККД від кратності поліспасти (рис.16.1) видно, що ККД поліспасти із збільшенням кратності швидко зменшується і прагне до нуля. Як показує залежність та конструктивне виконання існуючих надважких кранів, оптимальною кратністю поліспасти в механізмах підйому великої одичної маси є $a_n \leq 40$.

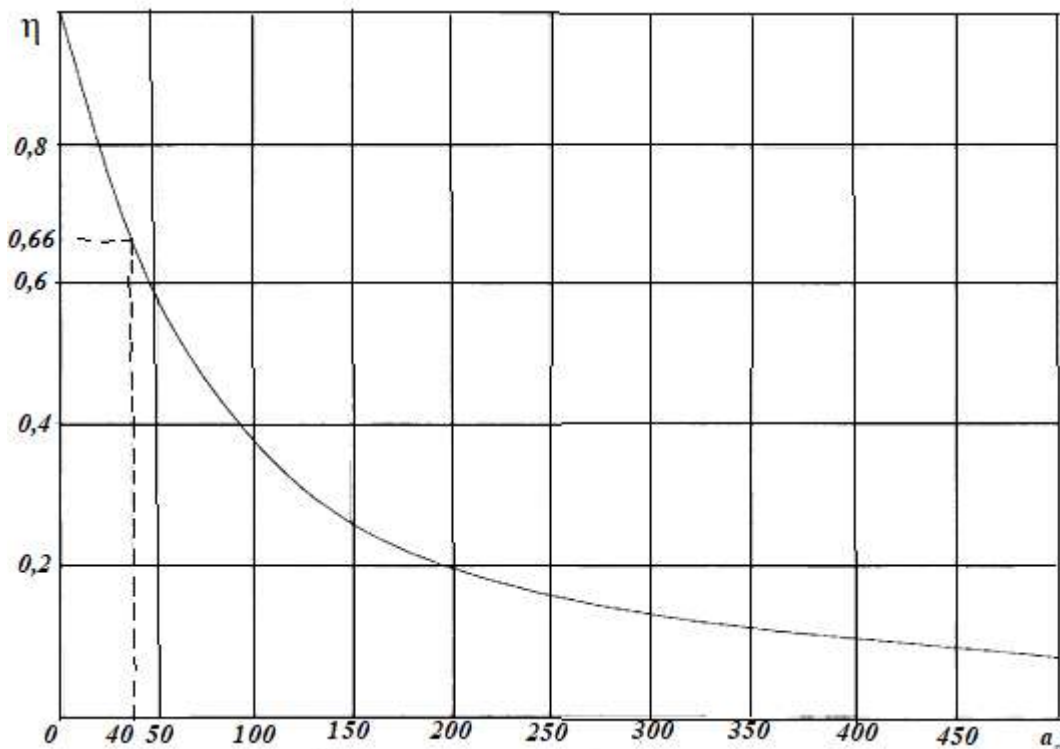


Рисунок 16.1 – Залежність ККД поліспасти від його кратності

Крім катастрофічної втрати енергії підйому в поліспастих з великою кратністю виникає проблема з вибором мінімальної ваги гакової підвіски, яка б






задовольняла можливість опускання порожньої підвіски. Величини діаметрів блоків та вага підвіски залежать від жорсткості і діаметра канатів. Тобто, за критичне значення кратності поліспасти $a_n > 40$ практично повністю «з`їдає» всю вагу порожньої підвіски при її опусканні.

Аналіз надважких кранів показав, що можливим принципом створення підйомних механізмів є розгалуження сумарних потужностей, тобто, коли головний підйомний механізм розділяється на декілька самостійних менших підйомних груп, або коли сумарний підйом складається із 2...4 кранів, наприклад, стрілових, які можуть працювати самостійно або разом. Характерним прикладом такої структури механізму підйому є механізм у найбільшого в світі китайського підйомного крана Taisun, який оснащений 12 підйомними групами вантажопідйомністю по 2000 т кожна. Отже, кран має 12 автономних механізмів загальною вантажопідйомністю 24000 т. Кратність канатів кожної підйомної групи складає $a_n = 40$, що забезпечує тягове зусилля в канаті 500 кН. В більшості таких кранів використовуються стандартні канати, діаметр яких не перевищує $d_k = 52\text{мм}$. Як показує світовий досвід, проблеми приводів підйому кранів спрощуються за рахунок використання гідроприводів, що усуває пошук електродвигунів та редукторів надвеликої потужності. На одну підйомну лебідку-модуль досить одного або декількох гідромоторів. Також в цьому випадку, практично, не потрібні муфти, трансмісійні вали, а підйомні канати та блоки стають доступними. Додатково збільшується надійність механізмів підйому за рахунок функції резервування приводу. Проблемною залишається підвіска кожної підйомної групи або траверза для сумарної вантажопідйомності.

Таблиця 16.1 – Характеристики кранів з найбільшою вантажопідйомністю

| Назва крана | Вантажопідйомність, т | Кількість перетинів каната | Навантаження на гілку каната, кН | Кількість приводів |
|--|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------|
| TerexAC1000  | 1200 | 28 | 430 | 2 |
| LiebherrLR13000  | 3000 | 60 | 500 | 2 |
| XCMGXGC88000  | 3600 | 80 | 450 | 4 |

Продовження табл. 16.1

| | | | | |
|---|---------|-------|-----|----|
| Yoshida  | 3700 | 96 | 385 | 8 |
| Svanen  | 8700 | 4x36 | 600 | 8 |
| SSCV Thialf  | 2x7100 | 2x94 | 750 | 8 |
| Taisun  | 12x2000 | 12x40 | 500 | 12 |
| Bigge  | 7500 | 4x36 | 520 | 8 |

На основі досліджень надважких кранів розроблені оптимальні компоновки для механізмів підйому різних вантажопідйомностей, які зведені до табл.16.2.

Таблиця 16.2 – Оптимальна компоновка механізмів підйому

| Вантажопідйомність, т | Кількість приводів | Кратність поліспасти | Тягове зусилля в канаті, кН | ККД поліспасти |
|-----------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------|----------------|
| 500 | 1 | 10 | 558 | 0,896 |
| 1000 | 2 | 10 | 558 | 0,896 |
| 2000 | 4 | 10 | 558 | 0,896 |
| 4000 | 4 | 20 | 629 | 0,795 |
| 6000 | 4 | 30 | 704 | 0,710 |
| 8000 | 4 | 40 | 785 | 0,637 |
| 10000 | 8 | 30 | 587 | 0,710 |
| 12000 | 8 | 30 | 704 | 0,710 |
| 14000 | 8 | 40 | 687 | 0,637 |
| 16000 | 8 | 40 | 785 | 0,637 |
| 18000 | 12 | 40 | 589 | 0,637 |
| 20000 | 12 | 40 | 654 | 0,637 |

Прагнення звести проектування унікальних підйомних механізмів під існуючу методику за рахунок роздрібнення максимальної вантажопідйомності на самостійні – автономні вантажопідйомні механізми - модулі, виготовлені з існуючих нормативних компонентів, після подальших наполегливих досліджень знайде своє завершення в досконалому алгоритмі проектування та виготовлені надважких кранів. Таким модулем з граничною вантажопідйомністю $Q \leq 2000\text{т}$ є підйомний механізм, який може бути використаним самостійно та у групі аналогічних механізмів з метою досягнення максимальної сумарної вантажопідйомності. При цьому межовим значенням кратності поліспасти слід вважати $a_n \leq 40$.

Ринок вимагає все більше кранів з решітчастими стрілами великої вантажопідйомності.

За останні декілька років на світовому ринку кранів великої вантажопідйомності з'явилися нові моделі з підвищеними вантажовисотними характеристиками. Так, наприклад, компанія Bigge Crane & Riffing (США) випустила найбільший у світі кран з ґратчастою стрілою AFRD вантажопідйомністю 7500 т, з довжиною основної стріли 165 м. На вильоті 142 м кран піднімає 4000 т. Кран буде використовуватися на атомних електростанціях, морських платформах, судоверхнях та будмайданчиках для підйому модульних конструкцій підвищеної одиничної маси.

Фірма Sarens випустила кран SGC-120 вантажопідйомністю 3150 т на вильоті 30 м. На вильоті 80 м кран підіймає 1000 т. Використовується в нафтохімічній та енергетичній галузях. Вага гакової підвіски складає 105 т, максимальна маса контрваги – 3600 т. Один оберт крана по круговій рейковій колії здійснюється за одну годину.

Кран компанії Mammoet PTC140DC, PTC200DC, з вантажним моментом, відповідно, 140 та 200 тис.тм. Крани цієї серії оснащені чотирма головними лебідками вантажопідйомністю 800 т, здатним підняти вантаж вагою 3200 т, при максимальній швидкості гілки канатів 10 м/хв. Використовується на нафтопереробних заводах та під час монтажу бурових платформ на нафтових шельфах вагою до 1200 т на вильоті 100 м.

Фірма ALE в 2008 р. випустила кран ALSK190 вантажопідйомністю 4300 т з вантажним моментом 190 тис.тм. В 2012 р. був намір на базі попередньої моделі створити кран ALSK350 вантажопідйомністю 5000 т. Швидкість підйомних канатів складає 10м/год. При меншій вантажопідйомності – 150 м/год. Вантажний момент – 350 тис.тм.

Таблиця 16.3 – Технічні характеристики кранів великої вантажопідйомності

| Фірма виробник, модель крана | Максимальна вантажопідйомність, т | Довжина основної стріли, м | Вантажопідйомність на максимальному вильоті, т/м | Максимальна висота підйому, м |
|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------|
| ALSK190 | 4300 | макс. 141,2 макс. гусака - 120 | н.д. | н.д. |
| Bigge, 145D | 6820 | мін. 91 | 390/203 | 220 |
| Bigge, 145D | 6820 | мін. 91 | 545/203 | 220 |
| Mammoet PTC140DC | 4175 | н.д. | н.д. | н.д. |
| Sarens SGC-120 | 3150 | макс/мін 130/89 гусак - 90 | 150/200 | н.д. |

Висновки

1. В процесі проектування механізмів підйому для кранів граничної вантажопідйомності необхідно головний механізм підйому великої вантажопідйомності розбити на декілька підйомальних груп – модулів з рекомендованою меншою вантажопідйомністю та оптимальною компоновкою з нормалізованих комплектуючих.

2. Вантажопідйомність таких модулів не має перевищувати 2000 т, а кратність поліспасту слід вибрати не більше 40 одиниць.

3. Гакові підвіски та траверзи для великих одиничних мас вантажу підлягають оригінальному проектуванню.

16.3 Вантажопідйомні крани-роботи

Скорочення технологічного циклу виробництва, в певній мірі, пов'язано з механізацією і автоматизацією підйомно-транспортних, складальних і складських робіт. При здійсненні комплексної автоматизації виробництва слабким місцем все ще залишаються транспортні і перевантажувальні операції. В сучасних виробництвах одним з ефективних засобів автоматизації є роботизація. Розробка і розвиток підйомно-транспортних промислових роботів (ПТПР) відстає від загального розвитку ПР, вантажопідйомності яких поки обмежені. Поряд з цим існують і успішно виконують функції ПТПР деякі спеціальні технологічні крани, наприклад, крани-штабелювальники, баланс-крани, клішові, стріперні, мульдозавальні, пратцен-крани, контейнерні перевантажувачі і інші. Деякі з них, оснащені програмним управлінням, можуть забезпечувати автоматичне захоплення, утримання і перенесення самих різних об'єктів, а при необхідності і маніпулювання ними. Структурний, динамічний, позиційно-точнісний аналізи маніпуляційних систем таких кранів повинні підтвердити, що

принципи їх побудови і технічні характеристики відповідають маніпуляційним системам ПР. Такі крани-маніпулятори мають від 3 до 6 ступенів рухливості і слід комплексно довести, що ці крани можуть бути використані в якості базових для створення важких і надважких ПТПР, що можуть працювати з достатньою та високою точністю позиціонування.

16.3.1 Структурно-точнісний аналіз

Існує широкий клас мостових кранів з жорстким підвісом вантажу, які використовуються на більшості підприємств в якості основного обладнання для виконання перевантажувально-транспортних робіт. Вони, по суті, є маніпуляційними системами з числом ступенів рухливості три і більше, які працюють в прямокутній і циліндричній системах координат. Розробка способів і засобів програмованого керування цими кранами дозволить перевести їх в клас промислових роботів і виключити присутність людини в небезпечних зонах.

Для мультидисциплінарного дослідження залучено металургійний кліщовий кран з жорстким підвісом вантажу. Цей кран на комбінаті «Запоріжсталь» завантажує зливки сталі масою $Q = 20$ т в колодязні печі, і переміщує нагріті зливки з колодязів на зливковоз, який подає їх на обтискний стан. Розміщення колодязних печей, нормоване розташування злиwkів в печах, положення платформ з досить точною координацією положення злиwkів, автоматично керований зливковоз - все це створює очевидні передумови та необхідність переведення кліщового крана в категорію крана-робота.

Для проведення позиційно-точностного аналізу складено структурну схему (рис. 16.2) кліщового крана за принципом розімкнутого кінематичного ланцюга маніпуляційної системи МС ПР.

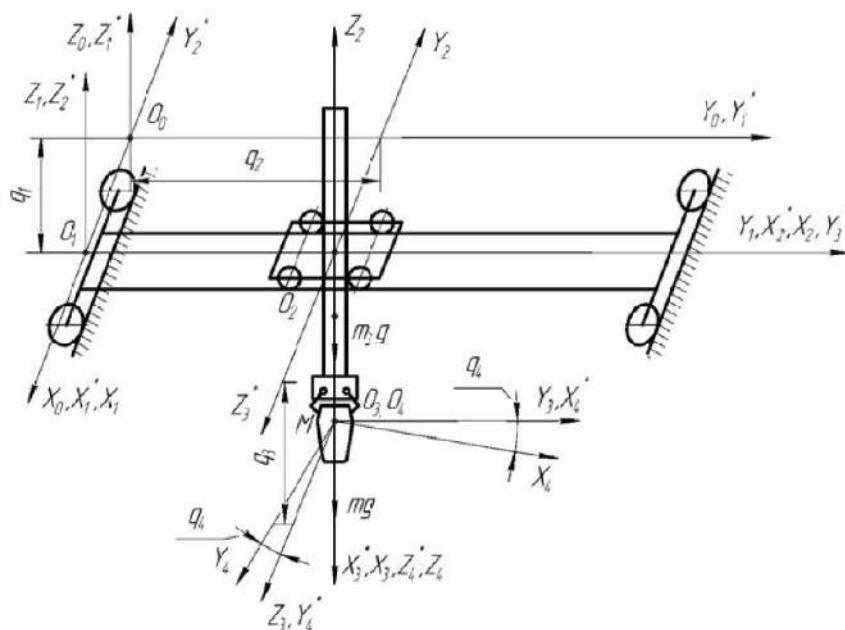


Рисунок 16.2 – Структурна схема підйомно-транспортного металургійного кліщового крана-робота

На схемі вказано: X_0, Y_0, Z_0 - абсолютна Декартова система координат, перший октант; X_i, Y_i, Z_i - відносна система координат після виконання i -го узагальненого переміщення; X_i^*, Y_i^*, Z_i^* - перехідна система координат; q_1, q_2, q_3, q_4 - узагальнені переміщення ступенів рухомості (рухи приводів крана); m_3g, mg - сили тяжіння, відповідно, третьої ланки МС (колони крана) і вантажу в захоплювачі (зливка в кліщах крана).

Всі переміщення точки M захоплювача, які забезпечують приводи ступенів рухомості в реальному кліщовому крані, виконуються з відхиленнями від програмних рухів (з помилками), що впливає на точність позиціонування зливка (т. M) в Декартовій системі координат. На точність позиціонування впливають: помилки відпрацювання узагальнених координат, зазори в сполученнях, знос контактних елементів кінематичних пар, статичні помилки пружних деформацій від вагового впливу, динамічні помилки при перехідних процесах спрацювання приводів.

З помилок для кліщового крана був зібраний статистичний матеріал в виробничих умовах і взяті нормативні дані. Вагові та жорсткісні данні кожної ланки МС отримані з проектної документації на кран і шляхом розрахунку.

У загальному вигляді для структурної схеми МС складено функцію положення (16.6) точки M (точка закріплення кернів кліщового крана на зливку).

$$r_M^{(0)} = \left. \begin{aligned} & \left[X_e(\alpha\varphi - \cos\alpha\cos\varphi) + Y_e(\varphi\cos\alpha + \alpha\cos\varphi) \right] \sin(q_4 + \Delta q_4) - \\ & \left[X_e(\alpha\cos\varphi + \varphi\cos\alpha) + Y_e(\cos\alpha\cos\varphi - \alpha\varphi + (\beta + \theta)\cos\varphi) \right] \sin(q_4 + \Delta q_4) + \\ & \left[Z_e(1 - (\beta + \theta)\cos\alpha) - X_e\alpha(\beta + \theta) \right] \sin(q_4 + \Delta q_4) - \\ & - \left[X_e(\varphi\cos\alpha + \alpha\cos\varphi) + Y_e(\cos\alpha\cos\varphi + \alpha\varphi) \right] \cos(q_4 + \Delta q_4) + \\ & + \left[X_e(\alpha\varphi - (\beta + \theta)\cos\varphi - \cos\alpha\cos\varphi) + Y_e(\alpha\cos\varphi + \varphi\cos\alpha) \right] \cos(q_4 + \Delta q_4) + \\ & - Y_e\alpha(\beta + \theta) + X_e(1 - (\beta + \theta)\cos\alpha)\cos(q_4 + \Delta q_4) - \\ & + Z_e\gamma(\varphi\cos\alpha + \alpha\cos\varphi) + (q_1 + \Delta q_1) \\ & + Z_e\cos\varphi(\gamma\cos\alpha - \beta - \theta) - [(H + q_3 + \Delta q_3)(\beta + \theta) + (q_2 + \Delta q_2)]\cos\varphi, \\ & - Z_e(1 - \gamma(\beta + \theta)\cos\alpha - H - (q_3 + \Delta q_3)) \end{aligned} \right\} \quad (16.6)$$

де $\Delta q_1, \Delta q_2, \Delta q_3, \Delta q_4$ - помилки відпрацювання узагальнених координат, м, рад;

H - максимальна висота підйому зливка, м;

X_e, Y_e, Z_e - координати ексцентриситету центра ваги зливка щодо т.М, м;

φ, α, k - перекося крана, візка, колони, м, рад;

$\beta + \theta$ - помилки (нормативні відхилення) установки підкранових і підвізкових рейок, в тому числі статичні, м, рад.

Шляхом розкладання функції положення (16.6) в ряд Тейлора і подальшого частинного диференціювання по узагальненим координатам q_i і по помилкам Δq_i отриманий вектор-стовпчик помилок позиціонування т. M для кліщового металургійного крана-робота в загальному вигляді. Після підстановки у вектор-стовпчик фактичних і розрахункових параметрів кліщового крана

$Q = 20$ т заводу «Запоріжсталь» отримано такі максимальні значення помилок позиціонування точки захоплення M : $\Delta X = 175$ мм; $\Delta Y = 75$ мм; $\Delta Z = 61$ мм.

Досліджені значення помилок цілком задовольняють допустимій точності позиціонування металургійних зливків на всіх фазах роботи з ними в пічному відділенні заводів «Запоріжсталь» і «Дніпроспецсталь» та ін.

16.3.2 Структурно-функціональний аналіз

Так як найбільші помилки позиціонування мають місце по осям поздовжніх переміщень крана і візка, більш глибокому мультидисциплінарному аналізу слід піддати приводи механізмів пересування кранів мостового типу.

Трансформація мостового крана в ПР супроводжується розширенням його функціональних можливостей. ПР повинен забезпечувати кероване позиціонування, виконання керуючої програми, задану точність позиціонування і інш. Однак, вказані функції характерні, в основному, для стаціонарних ПР, тоді як кран-робот - це машина, яка забезпечує переміщення вантажу в горизонтальній площині. Мостовий кран-робот повинен володіти такою важливою споживчою характеристикою, як точність позиціонування, особливо необхідно на операціях навантаження матеріалів в транспортний засіб зі стабільними розмірами, а також при складанні будівельних об'єктів, машин, суден та ін.

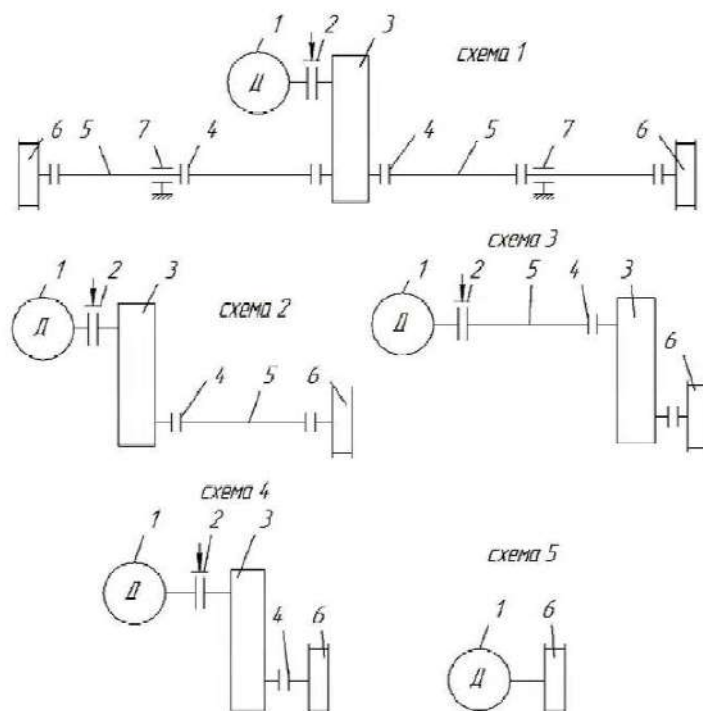
Попередньо проведений порівняльний функціонально-структурний аналіз ПР і мостового крана показав, що поряд із загальними функціями, характерними для цих машин, є і суттєві відмінності, зумовлені призначенням головної функції ПР і крана. Тому формальна перекласифікація мостового крана в кран-робот неможлива, так як зміна функцій при незмінній структурі в технічних системах, як правило, є нереальною. Розвиток мостового крана в кран-робот супроводжується збільшенням числа функцій виправлення керуючої програми. Але такі функції, як: точність позиціонування, рух в потрібному програмному напрямку і швидкість реакції на керуючі команди процесора складають притаманну тільки крану-роботу властивість - керованість. Одночасно механізми крана-робота повинні мати високий рівень надійності і безвідмовності, що забезпечує його функціонування як автоматичного маніпулятора. Отже, споживчі характеристики крана-робота припускають високу конструктивну досконалість всіх його вузлів, які працюють в режимі ПР, і рівень керованості, що відповідає сучасним технологіям.

Найбільш проблемним з точки зору забезпечення прецизійної точності позиціонування кран-робота, як видно з дослідження, є поздовжнє переміщення крана.

Для обґрунтування можливості трансформації мостового крана в кран-робот проведено мультидисциплінарний аналіз декількох конструктивних схем механізмів пересування крана (рис. 16.3). Повнота представництва функції має місце в механізмі пересування з центральним приводом для мостового крана вантажопідйомністю $Q = 20$ т, прогоном $L = 28,5$ м (рис. 16.3 схема 1).

Зазначена схема прийнята в якості базової для функціонального аналізу. Вибір об'єкта аналізу обумовлений його значимістю з точки зору забезпечення керованості крана-робота, так як конструкція механізму пересування визначає його динамічні характеристики, від яких залежить виконання керуючої програми і точність позиціонування. Керованість крана-робота, в свою чергу, виступає одним з основних факторів, що впливають на добову продуктивність крана в автоматичному режимі. Інші технічні властивості розглянутих схем механізму пересування адекватні.

Складність завдання трансформації мостового крана в кран-робот потребує доповнення функціонально-структурного аналізу механізму пересування розрахунком його функціональної організованості та кількісних оцінок його динамічних характеристик, а також визначенням точності позиціонування.



1 - двигун; 2 - гальмо; 3 - редуктор; 4 - муфта; 5 - трансмісійний вал;
6 - ходове колесо; 7 - проміжна опора

Рисунок 16.3 – Конструктивні схеми приводів мостових кранів

В сучасних мостових кранах можуть бути реалізовані можливі варіанти конструктивних рішень приводу механізму пересування (рис.16.3).

Передача крутного моменту з редуктора 3 на колесо 6 здійснюється через трансмісійний вал 5 і муфти 4 (рис. 16.3, схема 1 і 2). Крім того, на схемі 1 для підтримки трансмісійних валів використовуються проміжні опори 7. Ця схема з центральним приводом. У схемі 2 редуктор передає обертання на одне приводне колесо 6 через муфту 4 і вал 5.

На схемах 3 і 4 обертання від редуктора 3 передається через муфту 4 на колесо 6 без трансмісійних валів. Варіанти 2, 3, 4 і 5 є схемами з розподільними приводами.

Схема 5 має двигун 1 з вбудованим гальмом 2. Крутний момент передається відразу на приводне колесо 6 без передавальних елементів. Дана схема є безтрансмійним приводом і може мати модульне виконання.

Мультидисциплінарну оцінку раціонального варіанту привода механізма пересування крана-робота виконано в два етапи: дослідження конструктивної (організаційної) досконалості, а потім були розраховані динамічні характеристики всіх п'яти варіантів морфологічної матриці.

В результаті системного дослідження функціонально-структурної моделі механізму пересування отримано кількісні оцінки конструкцій, які дозволяють більш достовірно оцінити їх технічні характеристики на відповідність новим функціям, що складають властивість крана-робота - керованість.

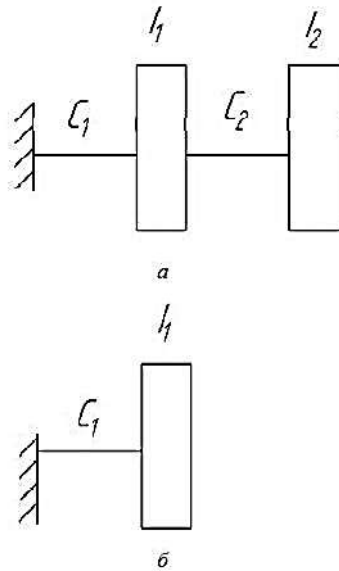
Рівень функціональної організованості конструкції механізму пересування для крана-робота визначається за допомогою сукупності коефіцієнтів рівня функціональної організації I ; коефіцієнта організованості системи $K_{орг}$; коефіцієнта функціонального втілення $K_{фв}$ і коефіцієнта функціонального розмаїття $K_{фр}$. Числові величини коефіцієнтів відображають ступінь технічної досконалості досліджуваних конструкцій морфологічної матриці по відношенню до базової.

Отримані характеристики організованості розглянутих схем доводять, що найбільш досконалою конструкцією механізму пересування для крана-робота є схема 5 (рис. 16.3).

16.3.3 Динамічний аналіз

Для найбільш повного задоволення споживчих функцій керованості і точності позиціонування система кран-робот повинна мати виконавчі органи, особливо виконавчі приводи, з хорошими динамічними властивостями.

Динамічні властивості без урахування демпфування різних схем приводів кранів можуть бути оцінені по динамічним похибкам і коефіцієнтам динамічності в елементах приводів під час перехідних і сталих режимів роботи [3]. Динамічний аналіз зручно проводити на ланцюгових багатомасних моделях приводів (рис. 16.4).



а - двомасна модель; б - одномасна модель
Рисунок 16.4 – Ланцюгові моделі приводів

Перші три схеми приводів (рис. 16.3) механізмів пересування мостових кранів представлені у вигляді двомасної (рис. 16.4, а), а інші дві - у вигляді одномасної ланцюгової системи з зацімленим кінцем (рис. 16.4, б). На моделях через C_1, C_2 позначені наведені до валу двигуна жорсткості елементів приводу, а через I_1, I_2 - наведені до цього ж валу моменти інерції мас приводу і крана.

Власні частоти і форми мас ланцюгових систем визначаються шляхом вирішення диференційного рівняння вільних коливань

$$I\ddot{\varphi} + C\bar{\varphi} = 0, \quad (16.7)$$

де I - діагональна матриця моментів інерції мас;

C - стрічкова матриця жорсткостей ланцюгової системи.

Після підстановки рішення в рівняння (16.7) і спрощення отримано вираз

$$(C - Ik_m^2)\bar{h}_m = 0, \quad (16.8)$$

де k_m - власні частоти коливань мас;

\bar{h}_m - амплітуди коливань мас (власні форми).

Власні частоти k_m визначаються з частотного визначника

$$C - Ik_m^2 = 0. \quad (16.9)$$

Підставляючи частоти k_m в рівняння (16.8), можна визначити власні форми \bar{h}_m .

Власні частоти і форми коливань мас ланцюгових систем необхідні для визначення динамічних похибок, тобто відхилень від програмних рухів, що визначаються за рівнянням

$$\psi_s = -\sum_{m=1}^n k_m \rho_s^m A_m, \quad (16.10)$$

де ρ_s^m - коефіцієнт посилення;
 A_m - амплітуди коливань мас.
 Коефіцієнт посилення дорівнює

$$\rho_s^m = \frac{h_{ms} c}{k_m^4 \sum_{l=1}^n I_l h_{ml}^2}. \quad (16.11)$$

Амплітуду коливань можна визначити за допомогою інтеграла Д'амеля

$$A_m = \int_0^t \sin k_m (t - \tau) \varepsilon(\tau) d\tau, \quad (16.12)$$

де $\varepsilon(\tau)$ - програмне прискорення ротора двигуна виконавчого приводу;
 τ - період коливальної системи.

Таблиця 16.4 - Результати динамічного аналізу приводів

| Схема приво-ду | Наведені | | | | Вла-сні час-тоти k_m , c^{-1} | Помилки φ , 1×10 | | Коефіцієнт ди-намічності k_ϕ | |
|----------------|--|------|--------------------------------------|-------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|--------------|
| | Жорст-кість, $\text{Нм/рад} \times 10^4$ | | Момент інерції, V , кгм^2 | | | Мас а I_1 | Мас а I_2 | з зазо-рами | без за-зорів |
| | 01 | 02 | I_1 | I_2 | | | | | |
| 1 | 1,04 | 0,14 | 0,03 | 22,89 | 31 | 0,017 | 0,141 | 2,4 | 1,8 |
| 2 | 0,69 | 0,25 | 0,014 | 11,49 | 14 | 2,83 | 9,62 | 2,4 | 1,66 |
| 3 | 5,46 | 0,6 | 0,024 | 11,49 | 22 | 0,48 | 4,8 | 2,2 | 1,6 |
| 4 | 0,6 | - | 11,49 | - | 23 | - | 4,46 | 2,56 | 1,65 |
| 5 | 512,3 | - | 11,49 | - | 103 | - | 0,023 | 2,8 | 1,63 |

В якості ілюстрації для всіх п'яти схем прийнятий прямокутний закон розгону ротора двигуна. Динамічний аналіз (табл. 16.4) показує, що найбільші похибки мають приводи з проміжними трансмісійними елементами, тобто схеми 1, 2, 3 (рис. 16.3). Схеми безтрансмісійні 4 і 5 (рис. 16.3) дають малі відхилення від програмного руху виконавчого двигуна. Приводне колесо (рис. 16.3, схема 5) відпрацьовує програмні рухи найбільш точно і з високою власною частотою, що сприяє якнайшвидшому згасанню збурень. У зв'язку з цим слід вважати мотор-колесо найбільш підходящим приводом для програмного автоматичного керування пересуванням мостових кранів, як найбільш точно виконуючим програмний закон руху.

Елементи таких приводів мають дещо більшу динамічну напруженість під час перехідних режимів роботи, що визначалося за допомогою коефіцієнтів динамічності після чисельного рішення диференціальних рівнянь коливань двомасних моделей. Наявність зазорів в елементах приводу збільшує динамічну напруженість і неточність виконання руху. Скорочення числа проміжних елементів в передачі приводу послаблює вплив неточності виготовлення і збирання приводу на точність позиціонування крана-робота.

Для досягнення найбільшої динамічної точності та мінімальної динамічної напруженості безтрансмісійний привід вимагає високої точності виготовлення і збирання, а також вибору найбільш прийняттого закону прискорення і гальмування високомоментних двигунів.

Параметри такого приводу механізму пересування, отримані в динамічному аналізі, дозволяють встановити наявність у нього найважливішої якості - керованості, що відповідає умовам поставленого завдання.

З огляду на нагальну потребу в кранах-роботах великої вантажопідйомності з підвищеною точністю позиціонування вантажів, що особливо важко досягти в горизонтальній площині, наприклад, при монтажі турбін, великоблочне збирання суден, завантаження паливними елементами атомних реакторів та інших відповідальних машин, пропонується поєднати транспортні взаємоперпендикулярні пласко-горизонтальні переміщення з не найвищою точністю позиціонування з прецизійним високоточним позиціонуванням точки захоплення вантажу, тобто використати збиткові, керовані з високою точністю, ступені рухомості.

Пропонується реконструювати, наприклад, вище рекомендований кран з безтрансмісійним модульним приводом переміщень з частотним керуванням за рахунок дооснащення візком з ексцентричними сполученими поворотними платформами, на яких укріплено захоплюючий пристрій, захоплювач або кліщі (рис.16.5).

При надходженні сигналів на обробку ексцентрикові платформи 2, 3, 4 отримують обертальні рухи від приводів 5, 6, 7. Платформи обертаються відносно основи та один щодо одного. Так як платформи 2 і 3 мають ексцентриситети e_1 і e_2 , а захоплювач прикріплений до платформи 4 з ексцентриситетом

e_3 , то взаємне обертання платформ призводить до переміщення захоплювача по площині, тобто відбувається його позиціонування в площині.

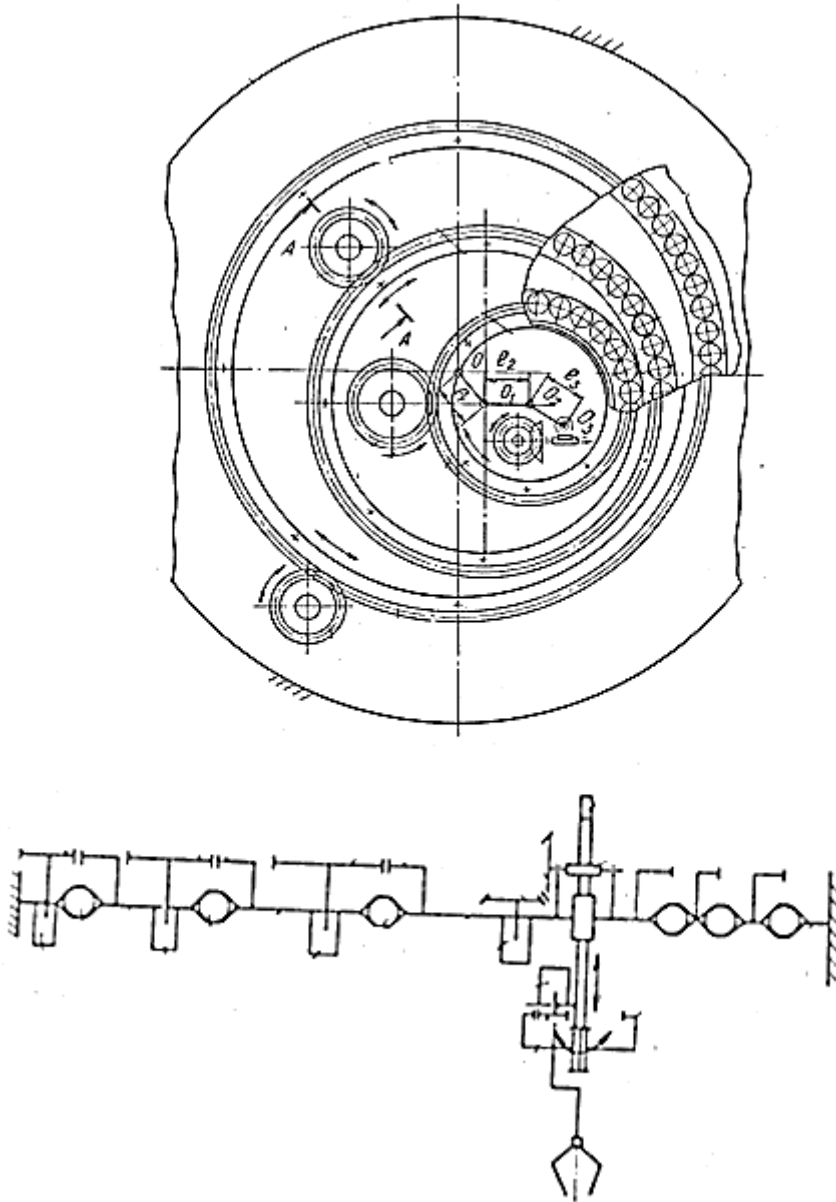


Рисунок 16.5 – Обертальні збиткові ступені рухомості захоплювача крана-робота

При цьому кран переходить з ПТПР, що працює в декартовій системі, в клас ПТПР з циліндричною системою координат. Точність позиціонування ексцентричних платформ істотно вище і для платформ з однаковим ексцентриситетом e визначається за формулою

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= e[-2 \sin \delta_1 (2n_1 + 1) \cdot \sin \delta_1 - 2 \sin \delta_2 (2n_2 + 1) \cdot \sin \delta_2] \\ \Delta y &= e[2 \sin \delta_1 \cdot \cos \delta_1 (2n_1 + 1) + 2 \sin \delta_2 \cdot \cos \delta_2 (2n_2 + 1)] \end{aligned} \right\} \quad (16.13)$$

де $\Delta x, \Delta y$ - покоординатні похибки пласко-лінійних переміщень, м;
 e - ексцентриситет обертальних платформ, м;

δ_1, δ_2 - кутові дискрети обертання платформ, рад;

n_1, n_2 - кількість відпрацьованих дискрет обертання платформ.

Так як довжина функціональних ланок кожної платформи (ексцентриситет) істотно менше радіуса платформи, така комбінація дозволяє поєднати в кранах досить відпрацьовану, хоча і сучасну, механіку декартових переміщень з ангулярним обертанням ексцентричних платформ, яке завжди істотно точніше і не має "мертвих зон" обслуговування, які мають місце у всіх МС з циліндричною системою координат.

Точність позиціонування ПТПР залежить від дискретності і точності виконання керуючих сигналів при відпрацьованні приводами узагальнених переміщень. У вантажопідйомних кранів проблемним є забезпечення точності горизонтальних переміщень захоплюючих пристроїв з вантажем.

Застосування функціональних ланок у вигляді ексцентричних повноповоротних платформ дозволяє підвищити технологічні можливості і точність крана-маніпулятора за рахунок отримання повної робочої зони і за рахунок зменшення дискрет і помилок позиціонування захоплювача. Крім того, поєднання ланок з круговими рухомими опорами забезпечує більшу статичну і динамічну жорсткість на захоплювачі, що додатково збільшує точність його позиціонування.

Висновки

Розрахункові величини характеристик механізму пересування мостових кранів показують, що найбільша конструктивна досконалість притаманна безтрансмісійному модульному приводу. Він дозволяє забезпечити переклад мостового крана в керований автоматичний режим роботи крана-робота. Крім того, підвищується ремонтпридатність механізму пересування і одночасно зменшується його металоємність. Актуальність отриманих висновків посилюється застосуванням провідними світовими крановими фірмами безредукторних приводів з частотним і іншим регулюванням.

Трансформацію вантажопідйомних кранів мостового типу з жорстким підвісом вантажу в підйомно-транспортні промислові роботи (ПТПР) можливо здійснити шляхом використання модульних приводів з частотним керуванням. Для досягнення високої точності позиціонування захоплювача з вантажем в горизонтально-площинному напрямку доцільно додати збиткові ангулярні узагальнені переміщення захоплювача, наприклад, у вигляді ексцентричних взаємоспряжених рухомих платформ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Колісник М. П., Шевченко А. Ф., Ракша С. В., Мелашич В. В. Розрахунки будівельних стрілових кранів. – Дніпропетровськ: Пороги, 2014. – 816 с.
2. Хмара Л. А., Колісник М. П., Голубенко О. І. Крани будівельні. Конструкції та експлуатація. – К. : «Техніка», 2001. – 294 с.
3. Хмара Л. А., Колісник М. П., Станевський В. П. Модернізація та підвищення продуктивності будівельних машин. – К. Будівельник. 1992. – 152 с.
4. Розрахунок механізмів карнів мостового типу: Навчальний посібник / С. В. Ракша, В. В. Мелашич, М. П. Колісник. – Дніпропетровськ : Пороги, 2006. – 147 с.
5. Румянцев Б. П., Бурко Я. В., Зеленко О. В. Довідник конструктора вантажопідіймальних машин. Навчальний посібник. Луганськ. Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2002. – 250 с.
6. В. П. Станевский, В. Г. Моисеенко, Н. П. Колесник, В. В. Кожушко. Строительные краны. Справочник. – Киев. : Будивельник. – 1989.
7. Металлургические подъемно-транспортные машины. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Кружков В. А. – М. : Металлургия, 1989. – 464 с.
8. Петухов П. З. Специальные краны: Учебное пособие для машиностроительных вузов по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» – М. : Машиностроение, 1985. – 312 с., с ил.
9. Куйбида Г. Г. Кабельные краны. – М. : Машиностроение, 1989. – 288 с.
10. Справочник по кранам: В. 2 т./Под общей ред. М. М. Гохберга. – Л. : Машиностроение, 1988. – Т. 1, - 536 с.; Т. 2, – 560 с.
11. http://baurum.ru/_library/?cat=selfpropelled_faucets&id=1184
12. <http://stroy-technics.ru/article/strelovye-samokhodnye-kranuy>

13. <http://ru.wikipedia.org>
14. <http://techstory.ru/krans/krantech/ksht5001.htm>
15. <http://www.blackseatrans.com/pu/2004-1/29.phtml>
16. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Спредер>
17. Журнали «Cranes&Access»
18. Журнали «Основные средства»
19. Журнали «Склад и техника»
20. Журнали «Підйомні споруди. Спеціальна техніка»
21. Автореферат дисертації Старовойт С. В. Видавнича діяльність Національної академії наук України у 1918—1933 рр.: автореф. дис. ... канд. іст. наук. Київ, 2003. – 20 с.
22. Гришко В. Д. Порівняльні дослідження функціональності прямих та шарнірно-зчленованих стрілових систем портових кранів: магістерська дипломна робота. Запоріжжя, НУ "Запорізька політехніка", 2023. 94 с.
23. http://eurostarltd.net/offshore/ukr_offshore_hlcv.htm
24. <https://uk.m.wikipedia.org/wiki>
25. <https://um.co.ua/8/8-2/8-23675.html>

Для нотаток

Для нотаток

Для нотаток

Навчальне видання

Леонід Максимович МАРТОВИЦЬКИЙ, Василь Іванович ГЛУШКО

КРАНИ СПЕЦІАЛЬНІ

Навчальний посібник

Текст публікується в авторській редакції.

Видавець: Національний університет «Запорізька політехніка»

Адреса редакції:

Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64

моб.: (061) 769-82-96, 220-12-14

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного
реєстру видавців, серія ДК № 6952 від 22.10.2019 р

Підписано до друку 20.06.2023.

Формат 60x84/16. Папір офсетний № 1. Гарнітура Таймс.

Друк принтерний. Ум. друк. арк. 23,02. Обл.-вид. арк. 48,59.

Наклад 300 прим. Замовлення № 2534

Макет віддрукований:

Фізична особа-підприємець В. В. Мокшанов

Україна, 69035, м. Запоріжжя, пр. Соборний, 158, оф. 257.

тел.: (073) 362-8-007, accentmvv@gmail.com

Дата та номер запису в Єдиному державному реєстрі підприємств
та організацій України 2 103 000 0000 081508 від 02.12.2014 р.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного
реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
серія ДК № 5288 від 01.02.2017 р