

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

## **СПЕЦІАЛЬНІ КРАНИ**

Конспект лекцій  
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня денної  
та заочної форм здобуття освіти за спеціальністю G11 «Машинобудування  
(за спеціалізаціями)»

*Електронний ресурс*

**Рецензенти:**

**А. М. Чернюк** – кандидат технічних наук, доцент каф. Електротехніки та електроенергетики ННІ «УПА», ХНУ імені В. Н. Каразіна

**В. Коваленко** – кандидат технічних наук, професор кафедри підйомно-транспортних машин і обладнання Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

*Затверджено до розміщення в мережі Інтернет рішенням Науково-методичної ради  
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна  
(протокол № 11 від 25 червня 2025 року)*

С 71 **Спеціальні крани** : конспект лекцій для для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня денної та заочної форм здобуття освіти за спеціальністю G11 «Машинобудування (за спеціалізаціями)» [Електронний ресурс] / уклад. О. С. Подоляк. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. – (PDF 95 с.) : 1 табл., 38 рис.

В конспекті лекцій викладено теоретичні основи будови та принципи роботи спеціальних кранів, зокрема магнітних і грейферних, ливарних, колодязних, стріперних, кувальних, кранів-штабелерів, спеціальних козлових кранів і кранів-перевантажувачів, порталних кранів, баштових і стрілових самохідних кранів, плавних і судових кранів.

Наведено розрахунки деяких механізмів спеціальних кранів і сучасні способи оптимального керування кранами.

Для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності G11 «Машинобудування (за спеціалізаціями)».

**УДК 621.873(075.8)**

© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2025

© Подоляк О. С., уклад., 2025

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
Тема 1. Загальні відомості, класифікація та конструкції спеціальних кранів...	6
Тема 2. Спеціальні мостові крани.....	9
2.1. Магнітні крани.....	10
2.1.1. Вантажопідйомні електромагніти.....	11
2.1.2. Візок і кабельний барабан.....	13
2.1.3. Траверса.....	13
2.2. Грейферні крани.....	14
2.2.1. Грейфери.....	15
2.2.2. Зачерпувальна здатність грейфера.....	16
2.3. Магнітно-грейферні крани.....	17
Тема 3. Металургійні крани та крани гарячих цехів машинобудівних заводів.....	18
3.1. Завалювальні та посадкові крани.....	19
3.1.1. Особливості розрахунку завалювального крана.....	20
3.2. Ливарні крани.....	27
3.3. Колодязні, стріперні та підлогово-кришкові крани.....	29
3.4. Крани для транспортування прокатного профільного металу та листів.....	33
3.5. Кувальні та гартівні крани.....	34
3.6. Особливості розрахунку металургійних кранів.....	37
Тема 4. Крани-штабелери.....	43
4.1. Колони.....	45
4.2. Механізм підйому.....	47
4.3. Механізм повороту.....	47
4.4. Механізм пересування.....	47
4.5. Вантажозахватне обладнання.....	47
Тема 5. Спеціальні козлові крани та мостові перевантажувачі.....	49

5.1. Крани, що обслуговують гідроелектростанції (ГЕС).....	50
5.2. Крани, що обслуговують теплові електростанції (ТЕЦ).....	51
5.3. Крани, що обслуговують атомні електростанції.....	52
Тема 6. Портальні крани.....	53
6.1. Особливості портальних кранів.....	53
6.2. Класифікація портальних кранів.....	53
6.3. Будова портальних кранів.....	56
6.4. Особливості розрахунку механізму зміни вильоту стріли.....	58
6.5. Визначення розрахункового гальмівного моменту для механізму зміни вильоту.....	67
Тема 7. Баштові крани.....	68
7.1 Загальні відомості.....	68
7.2. Конструктивні особливості основних вузлів баштових кранів.....	70
7.3. Особливості розрахунку будівельних баштових кранів.....	81
Тема 8. Стрілові самохідні крани.....	83
Тема 9. Плавні та судові крани.....	85
9.1. Класифікація плавних кранів.....	85
9.2. Особливості розрахунку плавних кранів.....	86
9.3. Суднові крани.....	91
Висновки.....	93
Список літератури.....	94

## ВСТУП

Збільшення обсягів промислового виробництва можливо за рахунок скорочення ручної праці, удосконалювання його структури і організації.

Сучасне виробництво ведеться індустріальними методами і є комплексно-механізованим потоковим процесом. Комплексна механізація на сучасному етапі розвитку техніки вимагає впровадження систем машин, що базуються на застосуванні основних машин підвищеної одиничної потужності з комплектацією їх засобами механізації всіх технологічних процесів. Важливим фактором підвищення продуктивності праці в виробництві є застосування спеціальних піднімальних кранів і вдосконалення оптимального керування ними.

Для скорочення малокваліфікованої й монотонної праці, а також праці у важких і шкідливих для здоров'я умовах, усе ширше застосовуються спеціальні металургійні, козлові, будівельні й інші вантажопідіймальні крани.

Парк вантажопідіймальних кранів постійно розширюється й поповнюється більш доскональними типами й моделями, що відповідають сучасним вимогам технології виробництва.

Даний конспект лекцій знайомить студентів з типами і конструкціями існуючих спеціальних кранів в рамках курсу дисципліни «Спеціальні крани та оптимальне керування кранами».

## Тема 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА КОНСТРУКЦІЇ СПЕЦІАЛЬНИХ КРАНІВ

Спеціальні крани призначені для виконання підйомно-транспортних або технологічних операцій, наприклад, перевантаження великотоннажних контейнерів, установки вантажів у гнізда стелажного складу, для транспортування розплавленого або розпеченого металу, вибухових або вогнебезпечних речовин, роздягання мартенівських зливків і т. д.

Спеціальні крани *по конструкції* можна умовно розділити на крани мостового й стрілового типів.

До спеціальних кранів мостового типу відносять мостові, козлові, напівкозлові, з несними канатами, кабельні та мостокабельні крани, крани-штабелери, мостові перевантажувачі.

До спеціальних кранів стрілового типу відносять стрілові, баштові, порталні, напівпортальні, щоглові, вантові, жорстконогіє, консольні й плавучі крани.

*По конструкції вантажозахватного обладнання* й призначенню розрізняють гакові, грейферні, магнітні, магнітно-грейферні, траверсні, з лапами, мульдо-магнітні, мульдо-грейферні, муль-до-завалювальні, копрові, гартівні, ливарні, посадкові, для роздягання зливків, колодязні, кувальні й контейнерні крани.

*По виду переміщення* крани бувають стаціонарними, приставними, самопідймальними, радіальними, пересувними, самохідними й причіпними.

До особливостей спеціальних кранів, що відрізняють їх від кранів загального призначення, можна віднести такі: більше число механізмів, а отже, можливість виконання значного числа робочих рухів, яке становить в основному від чотирьох до семи; обмежене застосування в залежності від виду переміщуваного вантажу й технологічного процесу, оснащення спеціальними вантажозахватними обладнаннями, лебідками й іншими механізмами.

Розглянемо найпоширеніші спеціальні крани мостового й стрілового типу (рис. 1.1).

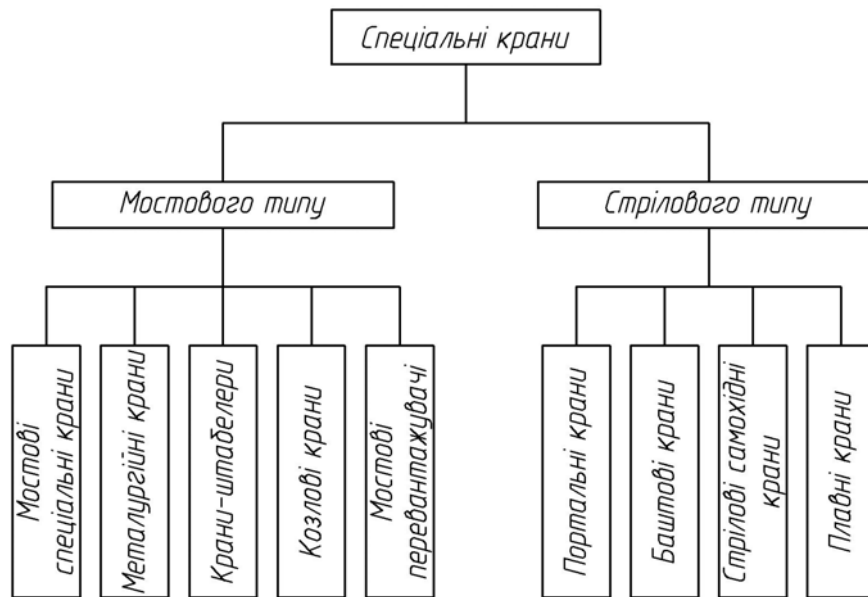


Рис. 1.1. Класифікація спеціальних кранів

Мостові спеціальні крани (грейферні, магнітно-грейферні зі спеціальними вантажозахватними обладнаннями, хордові, кільцеві, радіальні, з обертовим візком або траверсою, одиобалкові підвісні й ін.) використовують у різних галузях промисловості. Найбільш широке застосування знаходять грейферні й магнітно-грейферні крани.

Крани зі спеціальними вантажозахватними обладнаннями використовують, наприклад, для транспортування слябів. Вони мають більшу продуктивність у порівнянні з продуктивністю мостових гакових кранів.

Кільцеві крани застосовують на атомних станціях, радіальні й хордові крани – у доменних цехах металургійних заводів.

Останнім часом стали використовувати одиобалкові крани з коисольно розташованими візками, маса яких на 10-15 % менше маси двобалкових мостових кранів. Підвісні багатоопорні крани знаходять застосування в авіаційній промисловості.

Металургійні крани (мульдо-магнітні, мульдо-завалювальні, посадкові, ливарні, кувальні, гартівні, колодцеві, для роздягання зливків, з лапами; до

них можна віднести також підлоговозавалювальні крани, підлогово-завалювальні машини, ковальські маніпулятори) застосовують на металургійних заводах і в металургійних цехах машинобудівних заводів. Для обслуговування цих кранів не потрібні стропальники.

Козлові крани використовують на складах штучних і насипних вантажів, на гідроелектростанціях, у суднобудівних доках і т. д. Козловий кран відрізняється від мостового тим, що його міст опирається на кранову колію за допомогою опорних стійок, а міст мостових кранів опирається безпосередньо на надземну кранову колію або на кранову колію, закріплену на балках, змонтованих на колонах цеху або на естакаді.

Конструкції козових кранів досить різноманітні. Так, тільки по типу металоконструкції вони бувають козовими та напівкозовими, з консолями й без них, з підвісними чи опорними візками та ін. По можливості переміщення вони бувають стаціонарними й пересувними (на рейковому й безрейковому ході).

Крани-штабелери застосовують в основному на складах штучних вантажів. Розрізняють мостові й стелажні крани-штабелери.

Крани-перевантажувачі, мостові перевантажувачі по конструкції майже аналогічні козовим кранам. Їх використовують в основному на складах штучних і насипних вантажів. Перевантажувачі мають міст, що спирається на дві опори, які пересуваються по крановій колії. На відмінність від козових кранів мостові перевантажувачі мають великий прогон, 100 м і більше. Їх часто виконують із консолями. У зв'язку з великими температурними деформаціями мостів перевантажувачів одну з опор звичайно виконують «гнучкою», тобто цю опору з'єднують із мостом за допомогою циліндричного або кульового шарніра.

При прогонах 150 м і більше маса мосту мостового перевантажувача створює напруження, близькі до границі плинності матеріалу. При більших прогонах використовують мостокабельні крани, у яких під мостом проходить несний канат, кінці якого закріплені на опорних стійках. Вантажний візок

переміщається по несному канатові. Така конструкція крана сприяє значному зниженню маси мосту.

Розглянемо галузь застосування спеціальних кранів стрілового типу. Численну групу цих кранів становлять порталні крани, що використовуються, в основному, у морських і річкових портах для перевантаження штучних і насипних вантажів (судно-склад (вагон), склад-судно), а також на складах, у суднобудуванні й будівництві. Порталні крани являють собою повноповоротні стрілові крани, поворотна частина яких установлена на порталі, що пересувається по підкранових рейках. У порталних кранах при зміні вильоту стріли траєкторія руху вантажу наближається до горизонтальної,

Стрілові самохідні крани (автомобільні, пневмоколісні, гусеничні й залізничні) застосовують для перевантажувальних робіт на складах, у перевантажувальних пунктах залізних і шосейних доріг і портах, на будівництві, а також на залізничних станціях.

Баштові крани зі стрілою, закріпленою на вертикально розташованій башті, використовують у будівництві, а також на складах.

Плавні крани, що мають понтони, застосовують для перевантажувальних робіт, монтажу й будівництва в портах, доках, на бурових установках для видобутку нафти, газу та ін.

## **Тема 2. СПЕЦІАЛЬНІ МОСТОВІ КРАНИ**

Конструкції спеціальних мостових кранів досить різноманітні. Ці крани можуть бути такими, що поступально переміщуються по кранових рейкових коліях або обертовими навколо вертикальної осі. До обертових кранів відносять хордові, радіальні й поворотні, ходові колеса яких переміщуються по одній кільцевій рейці, і кільцеві, ходові колеса яких переміщуються по двом кільцевим рейкам.

Мостові крани, що поступально переміщуються, мають однобалкові або двобалкові мости з нормальною довжиною прогону або збільшеною до 40-60 м. Вантажопідйомність цих машин становить 400-500 т і більше.

Мостові крани, що поступально переміщуються, часто обладнують гаками, скобами або спеціальними вантажозахватними обладнаннями (магнітами, грейферами, механічними кліщами). Мостові крани обладнені візками, призначеними для підйому й переміщення вантажу уздовж прольоту. Візки можуть переміщатися по рейках, закріплених на верхніх або нижніх поясах мостів. Візки, що пересуваються по нижніх поясах мостів, можуть переміщатися по перехідних містках з одного прогону цеху до поруч розташованого. Перехідні містки з рейками для візків розташовані під підкрановими балками й мають троллеї для харчування електродвигунів.

Візки, що переміщуються по верхніх і нижніх поясах балок мостів, можуть бути постачені поворотними стрілами, опорно-поворотними пристроями й поворотними частинами, що обертаються навколо вертикальних осей. На поворотних частинах розташовані стріли, обладнані вантажозахватними обладнаннями.

## **2.1. Магнітні крани**

Магнітні крани (рис. 2.1) призначені для підйому й транспортування феромагнітних матеріалів (скрапу, стружки, листового й профільного прокату, виливниць для розливання сталі та ін. ). Ці крани обладнані вантажними електромагнітами, що підвішуються на гаковій підвісці або траверсі (на гнучкому або жорсткому підвісі), розташованій в поздовжньому або поперечному напрямку відносно мосту.

Вантажопідйомність магнітних крапів становить від 5 до 40 т, швидкість підйому 14-20 м/хв, швидкість пересування крана 70-120 м/хв, швидкість пересування візка 40-70 м/хв.

Найпоширенішими варіантами виконання металоконструкцій є варіант листових одностінчастих головних балок з допоміжними фермами, а також двобалкові коробчасті конструкції, що володіють високим опором утомності.

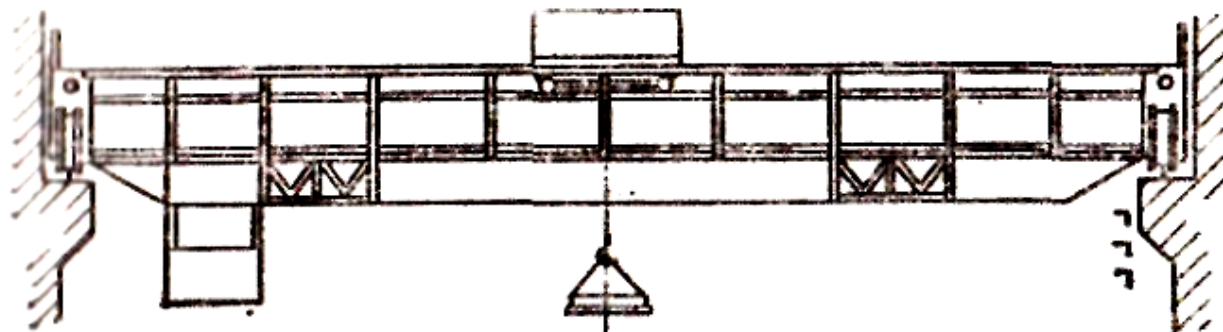


Рис. 2.1. Магнітний кран

Магнітний кран складається з мосту з механізмом пересування, одного чи двох візків з механізмом підйому й пересування, піднімальних магнітів і кабіни, що підвішується до металоконструкції мосту.

Механізми пересування цих кранів і їх візків не мають відмінностей у порівнянні з механізмами мостових кранів загального призначення. Привод механізму пересування виконується роздільним. Розглянемо вузли й складальні одиниці, найбільш характерні для магнітних кранів.

### ***2.1.1. Вантажопідйомні електромагніти***

Вони можуть бути круглої й прямокутної форми. Діаметр круглих електромагнітів, що серійно випускаються, становить не більш 1600 мм. Розміри прямокутних магнітів 730x1200 мм.

Круглий вантажопідйомний електромагніт серії М (рис. 2.2) складається з литого герметичного корпусу 3, виготовленого зі сталі з високою магнітною проникністю, зовнішнього 5 і внутрішнього 6 полюсних підкладнів. Усередині корпусу поміщена секційна обмотка 4, причому кожна секція виконана з мідної стрічки. Витки секцій ізолювані тонким азбестовим папером, просоченим ізоляційним теплостійким лаком, або скловолокнистою стрічкою. Полюси 5 і 6 утримують котушку знизу через немагнітну шайбу 7 з

високомарганцевої сталі. З корпусом полюси з'єднані болтами або зварюванням. Електромагніт підвішують на гак крана за допомогою трьохгілкової ланцюгової підвіски. Вантажопідйомні магніти працюють на постійному струмі напругою 220 В. Якщо електроживлення приводу механізмів крана здійснюється змінним струмом, то для живлення вантажопідйомних електромагнітів використовують статичні або обертові перетворювачі. Електроживлення підводять до вантажопідйомного електромагніту кабелем, який приєднаний до виводів котушки.

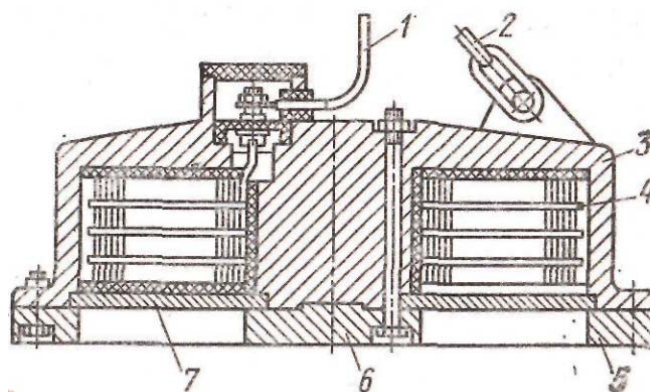


Рис. 2.2. Вантажопідйомний електромагніт круглої форми:

- 1 – кабель електричний; 2 – трьохгілкова ланцюгова підвіска; 3 – корпус;
- 4 – секційна обмотка; 5 – зовнішній полюсний підкладень;
- 6 – внутрішній полюсний підкладень; 7 – немагнітна шайба

Для підйому вантажів прямокутної форми застосовують прямокутні магніти серії ПМ.

Вантажопідйомність електромагніту залежить від властивостей вантажу. Вона зменшується при наявності зазорів між частками вантажу й при підвищених температурах. Якщо при перевантаженні сталевих болванок і аркушів вантажопідйомність електромагніту прийняти за 100 %, то при перевантаженні чавунних чушок і сталевого скрапу вона становить 6-33 %, а при перевантаженні сталеві стружки 1,3-2,0 %. При температурі вантажу вище 200 °С його магнітна проникність значно знижується й при температурі

720 °С стає рівною нулевій; зі збільшенням температури відповідно зменшується й вантажопідйомність електромагніту.

### **2.1.2. Візок і кабельний барабан**

На візку магнітного мостового крана (рис. 2.3) установлені механізми підйому 3 і пересування 4. Особливістю магнітних кранів і їх механізму підйому є наявність кабельного барабана 5, з якого кабель 1 надходить до електромагніту 2. Застосування кабельного барабана виявляється необхідним при великій висоті підйому.

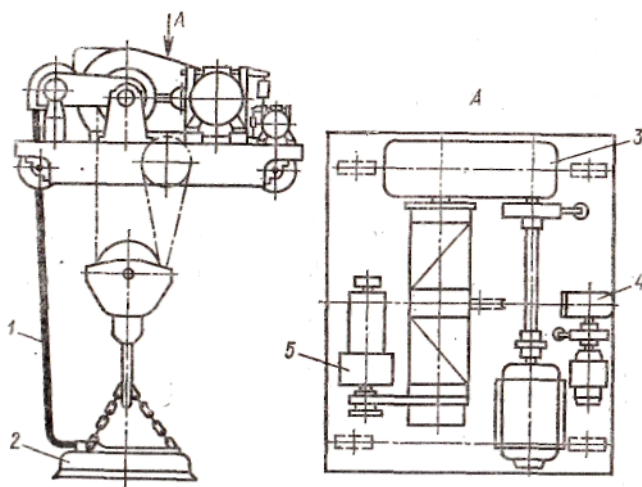


Рис. 2.3. Візок магнітного крана:

- 1 – кабель; 2 – електромагніт; 3 – механізм підйому;
- 4 – механізм пересування; 5 – кабельний барабан

### **2.1.3. Траверса**

При перевантаженні довгомірних вантажів (листів, сортового прокату) вантажопідйомні електромагніти блокують на траверсах, до яких їх підвішують за допомогою вантажних ланцюгів. Траверса з візком крана з'єднана за допомогою гнучкого або жорсткого підвісу.

При гнучкому підвісі траверси підвішені на канатах, спрямованих від механізму підйому (рис. 2.4). При великій довжині траверс (6-16 м) потрібна значна відстань між барабанами.

Траверси – це коробчасті балки постійного (рис. 2.4, б), а при великій довжині – змінного перетину (рис. 2.4, в). Траверси підвішують на гаки

крана, до нижньої їхньої частини приєднують 2-4 магніти. При безпосередній підвісці чотирьох магнітів до траверси (рис. 2.4, в, правий бік) можлива відсутність контакту двох магнітів з неплоскою поверхнею вантажу. Для забезпечення надійного контакту всіх магнітів з вантажем магніти попарно зв'язують важільно-балансирною системою (рис. 2.4, в, лівий бік). При такій системі можуть працювати як чотири магніти, так і два середні при відключенні двох крайніх.

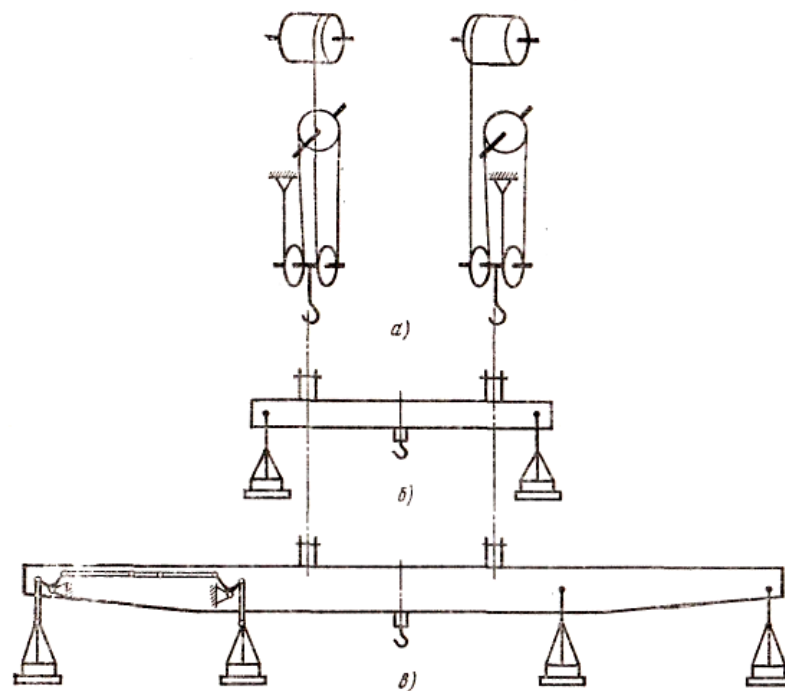


Рис. 2.4. Схеми гнучкого підвісу траверс:

- а) за допомогою канатів; б), в) – траверси у вигляді коробчастих балок постійного та змінного перерізу відповідно

## 2.2. Грейферні крани

Грейферні крани (рис. 2.5) призначені для підйому й транспортування насипних і кускових матеріалів. В якості вантажозахватного обладнання ці крани мають грейфери різного виконання.

Грейферні крани мають грейферну лебідку із двома барабанами, один з яких призначений для намотування замикального каната при закритті щелеп грейфера (замикальний), а іншої – для намотування підтримувального каната

(піднімальний). Піднімальний барабан працює разом із замикальним при підйомі й опусканні грейфера. Вантажопідйомність цих кранів визначається сумарною масою грейфера й вантажу.

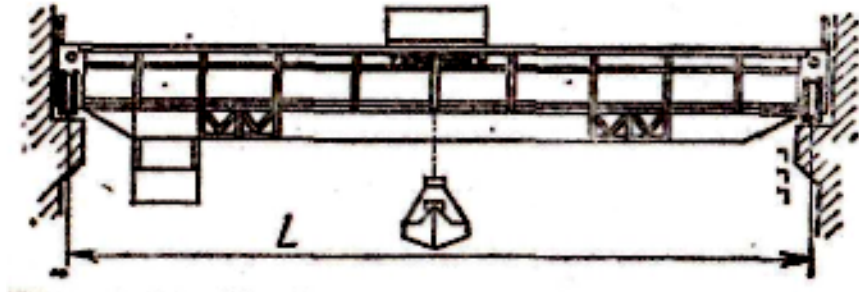


Рис. 2.5. Грейферний кран

### **2.2.1. Грейфери**

Двоканатний грейфер (рис. 2.6) містить щелепи 2, верхню траверсу 5 і нижню 1, тяги 3. Щелепи – це тверді металеві конструкції, що складаються з двох вертикальних стінок і днища. Щелепи шарнірно з'єднані з нижньою траверсою, а тяги – з щелепами та верхньою траверсою. Керування здійснюється за допомогою замикального 4 і підтримувального 6 канатів. Замикальний канат утворює поліспаст між блоками траверс і намотується на замикальний барабан 8, підтримувальний канат закріплений на верхній траверсі й намотується на підтримувальний барабан 7. Підвіска грейфера на кожному з канатів – це простий поліспаст із кратністю, рівній одиниці, що, як відомо, раціонально тільки для стрілових кранів. Для грейферних кранів мостового типу більш доцільні чотирьохканатні грейфери, що мають два замикальні та два підтримувальні канати; барабани мають по дві нарізки різного напрямку (як при здвоєному поліспасті), а вільні кінці канатів прикріплені до зрівняльних балансирів на траверсах.

Розкритий грейфер при найбільшій відстані  $L$  між різальними пругами щелеп (рис. 2.6, а) опускають на вантаж. При зачерпуванні замикальний канат намотується на барабан 8. Завдяки замикальному поліспасту траверси зближаються, і різальні пруги щелеп, долаючи опір вантажу, проникають в нього по траєкторії, яка має назву крива зачерпування.

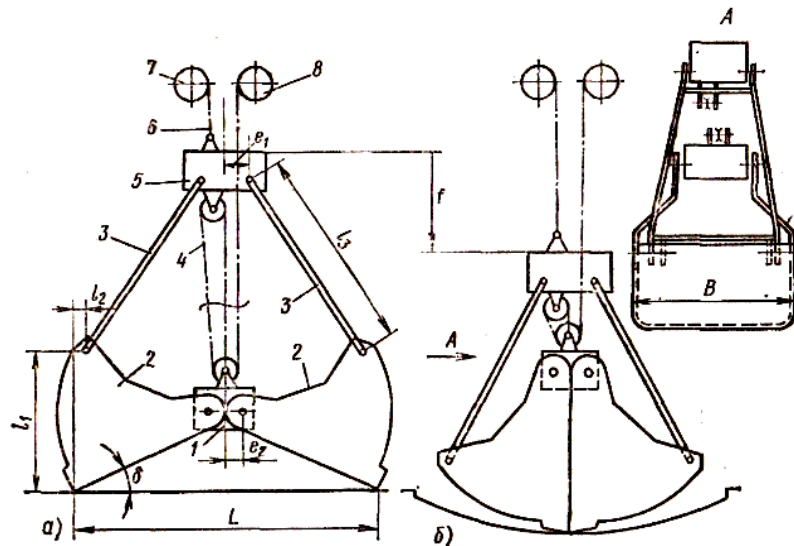


Рис. 2.5. Схема двоканатного грейфера грейферного крана:

- а) щелепи в розкритому положенні перед зачерпування матеріалу;
- б) щелепи в закритому положенні після зачерпування матеріалу

Підтримувальний канат у процесі зачерпування повинен мати обмежений малий натяг, що не перешкоджає руху верхньої траверси.

Наприкінці зачерпування щелепи сходяться (рис. 2.6, б) і утворюють замкнену ємність. Потім починається підйом навантаженого грейфера при синхронному русі канатів нагору. Далі закритий грейфер за допомогою механізмів крана переміщається в необхідне місце. Розкриття грейфера відбувається або при зупиненому замикальному канаті та русі підтримувального каната нагору, або при зупиненому підтримувальному канаті та русі замикального каната вниз, або при зустрічному русі канатів, або при односпрямованому русі канатів з різними швидкостями. Для останнього варіанта характерно найбільший час розкриття; цей варіант розкриття грейфера застосовують рідко при розвантаженні матеріалу в бункер з одночасним зменшенням висоти вивантаження. Матеріал із грейфера висипається під дією власної ваги. Опускання грейфера для нового зачерпування відбувається при синхронному русі канатів униз.

### **2.2.2. Зачерпувальна здатність грейфера**

Відповідно до ГОСТ 24599-81 власна маса грейфера

$$m_g = k_g Q_g,$$

де  $Q_g$  – номінальна вантажопідйомність крана (включаючи масу вантажу та грейфера);

$k_g$  – коефіцієнт, який приймають в залежності від властивостей матеріалу, що зачерпується та деяких додаткових умов,  $k_g = 0,375 - 0,6$  (менші значення для матеріалів, які легко зачерпуваються, більші – для таких, що важко зачерпуваються).

Фактичну зачерпувальну здатність грейфера, тобто фактичну масу зачерпуваного вантажу, визначають при випробуваннях, тобто проводять пробні зачерпування й зважування зачерпнутого матеріалу: зачерпування повинні робити з горизонтальної поверхні свіжонасипаного штабелю достатньої висоти, причому підтримвальні канати повинні бути ослаблені, а замикальні канати повинні переміщатися неспинно.

### **2.3. Магнітно-грейферні крани**

Магнітно-грейферні крани (рис. 2.6) призначені для перевантаження феромагнітних вантажів (наприклад, чавуну, скрапу та ін.), а також насипних і кускових вантажів. Для захоплення феромагнітних вантажів використовують електромагніт, а для насипних і кускових – двох щелепний грейфер. Залежно від призначення їх виконують із двома візками: магнітною та грейферною або з одним візком, обладнаним магнітною та грейферною лебідками.

У якості магнітно-грейферних кранів можуть бути використані мостові крани загального призначення важкого режиму роботи.

### **Тема 3. МЕТАЛУРГІЙНІ КРАНИ ТА КРАНИ ГАРЯЧИХ ЦЕХІВ МАШИНОБУДІВНИХ ЗАВОДІВ**

До металургійних кранів, що використовуються в мартенівських цехах металургійних заводів, відносяться ливарні крани (міксерні, заливальні та розливальні), підлогово-завалювальні машини й крани для роздягання мартенівських злиwkів. У прокатних цехах застосовують колодязні, підлогово-кришкові, посадкові крани й машини, крани з лапами.

У сталеплавильних цехах машинобудівних заводів знаходять застосування мультитранспортні крани, завалювальні та розливальні крани, а в ковальсько-пресових цехах – кувальні крани, ковальські підлогові маніпулятори й посадкові машини, у термічних цехах – гартівні крани.

На відміну від звичайного мостового крана, що обслуговується кранівником і стропальником, металургійний кран зазвичай управляється тільки машиністом. Відсутність стропальника вимагає повної механізації захоплювальних органів металургійного крана. Щоб здійснити захоплення вантажу, захоплювальні органи більшості металургійних кранів мають жорстку підвіску, завдяки якій полегшується механізація керування піднімально-транспортними операціями крана з кабіни машиніста.

Багато металургійних кранів використовують не тільки для транспортних, але й для технологічних операцій. Наприклад, за допомогою колодязних кранів, що обслуговують відділення нагрівальних колодязів прокатних цехів, здійснюють очищення подин від шлаків за допомогою спеціальних лопат. Підлогово-завалювальні машини й завалювальні крани використовують для «планування» шихти в полум'яному просторі мартенівської печі.

Використання металургійних кранів для виконання технологічних операцій сприяє підвищенню продуктивності технологічних агрегатів, наприклад, мартенівських печей, тому що прискорюється плавлення шихти після її «планування».

### 3.1. Завалювальні та посадкові крани

Мостові завалювальні крани призначені для завалювання шихти й скрапу в мартенівські й сталеплавильні печі, конвертори й для обслуговування печей при ремонті.

Головні балки моста крана мають одну або дві колії: одну – для головного візка, іншу – для допоміжного.

Головний візок (рис. 3.1) складається зі звареної твердої рами із шахтою, до якої підвішена кабіна 4. На рамі візка встановлені механізми підйому 13 і повороту кабіни 12, а також механізм переміщення візка 11. У кабіні закріплений хобот з рамою й мундштуком 3, встановлені механізм хитання хобота 6, обертання мульди 5 і стопорний механізм замка мульди. Вертикальна колона поміщена в напрямних шахтах. Колона з кабіною підтримується у вертикальному положенні підп'ятником і двома вальницями. У вальницях 9 є напрямні для квадратної штанги 7, що допускає одночасно два рухи штанги: обертальний і поступальний, нагору й униз.

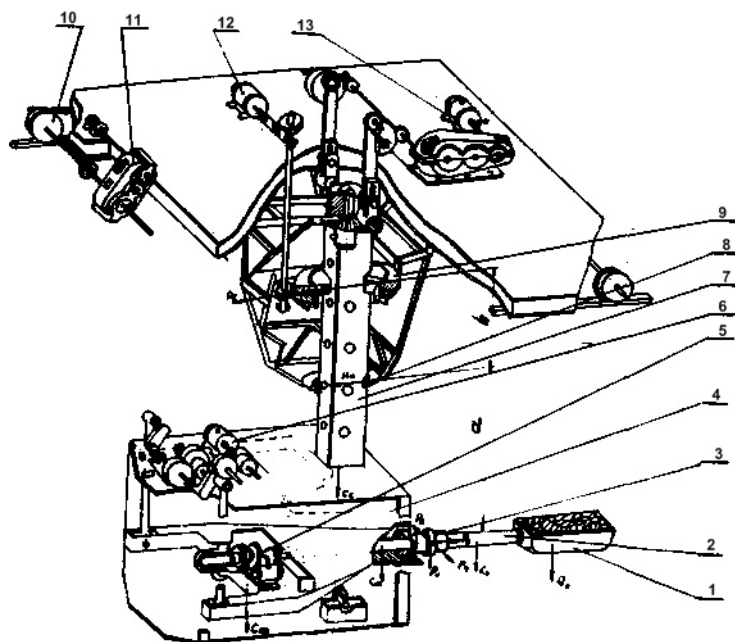


Рис. 3.1. Головний візок мостового завалювального крана

Механізм повороту кабіни обладнаний муфтою граничного моменту, що виключає можливість поломок деталей механізму й надмірного

перевантаження двигуна. Вантажопідйомність головного візка визначається вагою мульди 1 і максимальною вагою навантаженої шихти: Час завалювання однієї мульди в піч – 1-1,5 хв.

### **3.1.1. Особливості розрахунку завалювального крана**

#### **а) Розрахунок механізму підйому**

Механізм підйому на канатах або ланцюгах – це лебідка зі здвоєним поліспастом. У цьому випадку потужність електродвигуна визначається за формулою:

$$N = \frac{P_0 V}{6120 \eta}, \quad (3.1)$$

де  $P_0$  – розрахункове навантаження, Н  
 $V$  – середня швидкість підйому, м/хв;  
 $\eta$  – 0,8-0,85 к.к.д. механізму підйому.

При підйомі кабіни на шатунах потужність електродвигуна на 20-30 % більше, ніж за формулою (3.1). Розрахункове навантаження

$$P_0 = G + \mu(H^B + H^H), \text{ Н}, \quad (3.2)$$

де  $G$  – сумарна вага механізмів, що піднімають, металоконструкцій та вантажу, Н;

$H^B, H^H$  – реакції верхньої та нижньої вальниць колони при дії робочого навантаження;

$\mu$  – коефіцієнт тертя ковзання в напрямних колони.

При повороті крана виникають інерційні навантаження. Сила інерції, яка направлена вздовж мосту, при розгоні візка дорівнює

$$P_2 = \frac{m V_B}{t}, \text{ Н}, \quad (3.3)$$

де  $m$  – маса нижньої поворотної частини візка;  
 $V_B$  – швидкість пересування візка, м/сек;  
 $t$  – час розгону візка, сек.

Сила інерції при розгоні мосту крана перпендикулярна силі  $P_2$ :

$$P_3 = \frac{mV_M}{t_M}, \quad (3.4)$$

де  $V_M, t_M$  – швидкість і час розгону моста.

Дотична сила при повороті кабіни

$$P_4 = mc \frac{\pi n}{30t}, \quad (3.5)$$

Відцентрова сила при повороті кабіни

$$P_5 = mc \left( \frac{\pi n}{30} \right)^2, \quad (3.6)$$

де  $c$  – відстань від осі повороту до центру ваги поворотної частини;

$n$  – швидкість обертання поворотної частини, об/хв;

$t$  – час розгону при повороті, сек.

Колове зусилля, що виникає на зубчастому вінці верхньої напрямної вальниці,

$$P_6 = \frac{M_H i \eta}{r_0}, \quad (3.7)$$

де  $M_H$  – номінальний момент електродвигуна, Н·м;

$i$  – передавальне число механізму повороту;

$r_0$  – радіус зубчастого колеса механізму повороту;

$\eta$  – к.к.д. механізму повороту.

Еквівалентна сила  $P_l$  від ваг поворотної частини крана визначається з умови рівноваги щодо крапки прикладення реакції нижньої вальниці

$$P_l = \frac{Q_0 a_1 + G_X b + G_M d - G_K z}{C}, \quad (3.8)$$

де  $Q_0$  – вага мульты та шихти, Н;

$G_X$  – вага хобота, Н;

$G_M$  – вага мундштука, Н;

$G_K$  – вага кабіни з колоною, Н.

Для рішення (3.2) визначаємо реакції вальниць від робочих навантажень.

Реакція від сили  $P_1$  буде:

$$H_1 = P_1 \frac{c}{h}. \quad (3.9)$$

Реакції від сили  $P_2$  будуть наступні:

$$H_2^H = P_2 \frac{h+a}{h}, H; \quad (3.10)$$

$$H_2^B = P_2 \frac{a}{h}, H \quad (3.11)$$

Аналогічно визначаються реакції від сил  $P_3, P_4, P_5$ .

Реакція від окружної сили  $P_6$ , якщо зубчасте колесо не збігається з віссю верхньої вальниці та відстоїть на величину  $b_0$ , буде:

$$H_6^H = P_6 \frac{b_0}{h_0}, H; \quad (3.12)$$

$$H_6^B = P_6 \frac{b_0+h}{h}, H \cdot m \quad (3.13)$$

Коли зубчасте колесо збігається з віссю вальниці  $b_0=0$ , то

$$H_6^B = P_6. \quad (3.14)$$

Результуючі реакції для підставлення в (3.2) визначаються:

$$H_{\max}^H = H_1^H + \sqrt{(H_2^H)^2 + (H_3^H + H_6^H)^2}; \quad (3.15)$$

$$H_{\max}^B = H_1^B + \sqrt{(H_2^B)^2 + (H_3^B + H_6^B)^2}; \quad (3.16)$$

### б) Механізм повороту

Потужність механізму повороту колони розраховується по формулі:

$$N = \frac{K \cdot Mn}{975}, \text{ кВт}, \quad (3.17)$$

де  $K = 2-2,5$  – коефіцієнт перевантаження електродвигуна;

$n$  – число обертів електродвигуна механізму повороту, об/хв;

$M$  – максимальний момент опору, Н·м.

$$M = M_{\text{пш}} + M_{\text{нг}} + M_{\text{ин}}, \text{ Н·м} \quad (3.18)$$

Момент тертя у вальницях

$$M_{\text{ттр}} = \mu H_{\text{max}}^H \frac{d_H}{2} + \mu H_{\text{max}}^B \frac{d_B}{2}. \quad (3.19)$$

Момент тертя в підп'ятнику

$$M_{\text{ng}} = \mu_1 \frac{d_H}{2} \cdot G'_K, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (3.20)$$

Момент від інерційних сил

$$M_{\text{ин}} = \frac{Q_0 a_1^2 + G_X b^2 + G_M d^2 - G_K z^2}{9,81} \cdot \frac{\pi n}{30t}, \quad (3.21)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт тертя у вальницях;

$a, b, d, z$  – відповідні відстані до осі повороту, м;

$\mu_1$  – коефіцієнт тертя в підп'ятнику;

$G_K$  – вага колони з нижньою кабіною та хоботом, Н;

$d_H, d_B$  – внутрішні діаметри нижньої та верхньої вальниць, м.

#### в) Механізм хитання хобота

З умови рівноваги рами, що гойдається, одержимо зусилля шатуна  $P_{\text{ш}}$ , що передається на механізм хитання хобота.

При роботі кривошипно-шатунного механізму за синусоїдальним законом у період від 0 до  $\pi$  затрачається потужність на подолання всіх опорів. Максимальне значення потужності досягається при  $\frac{\pi}{2}$ . У проміжку від  $\pi$  до  $2\pi$  потужність віддається, тому розрахункова потужність електродвигуна визначається по еквівалентній,

$$N_{\text{ЕКК}} = 0,7 N_{\text{max}}, \text{ кВт}. \quad (3.22)$$

Максимальна потужність електродвигуна

$$N_{\text{max}} = \frac{P_{\text{ш}} \cdot r \sin \varphi \cdot n}{975}, \quad (3.23)$$

де  $r$  – радіус кривошипа;

$\varphi$  – кут повороту кривошипа;

$n$  – число хитань хобота у хвилину.

#### г) Механізм обертання хобота

Потужність обертання хобота визначається по формулі:

$$N = \frac{Mn}{975}, \text{ кВт} \quad (3.24)$$

Після визначення реакцій опор мундштука  $R_A$  та  $R_B$  момент тертя у вальницях при обертанні мундштука

$$M_1 = \mu R_A \frac{d}{2} + \mu R_B \frac{d}{2}, \quad (3.25)$$

де  $d$  – діаметр роликів вальниць, м;  
 $\mu = 0,01$  – коефіцієнт тертя.

Момент, викликаний ексцентриситетом центра ваги навантаженої мультди,

$$M_2 = Q_0 e. \quad (3.26)$$

Момент інерції мас, що обертаються

$$M_{ин} = \frac{\delta \sum GD^2 n}{375 t_{нyc}}, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.27)$$

Сумарний момент для визначення потужності (1.25)

$$M = \alpha(M_1 + M_2) + M_{ин}, \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3.28)$$

де  $\alpha = 1,3-1,4$  – коефіцієнт, що враховує додатковий технологічний опір.

#### д) Механізм пересування візка

Потужність двигуна механізму пересування вибирається з умови забезпечення уведення мультди у піч. При уведенні мультди в піч необхідно здолати:

1. Опір, що виникає при русі візка крана,

$$W_1 = \beta \omega G_B, \text{ Н}, \quad (3.29)$$

де  $G_B$  – повна вага візка;

$\beta = 2 - 2,5$  – коефіцієнт опору тертя від реборд колеса;

$\omega$  – коефіцієнт опору тяги.

2. Опір від тертя мультди в печі:

$$W_T = \mu_1 K_1 Q_0, \text{ Н}, \quad (3.30)$$

де  $\mu = 0,4$  – коефіцієнт тертя мультди об шихту;

$K_l = 0,25 - 0,5$  – коефіцієнт, що показує, яка частина ваги мульди передається на шихту.

### 3. Сили інерції:

$$W_{ин} = \frac{G_T}{9,81} a, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3.31)$$

де  $a$  – прискорення при розгоні візка, м/сек<sup>2</sup>.

Щоб сила інерції не викликала буксування приводних коліс, треба обмежити величину прискорення умовами зчеплення коліс із рейками.

Сумарний опір, що долає привод механізму пересування,

$$W = W_1 + W_T + W_{ин}, \quad (3.32)$$

Потужність пересування візка

$$N = \frac{WV}{6120\eta}, \quad (3.33)$$

де  $\eta = 0,8$  – к.к.д. механізму;

$V$  – швидкість пересування, м/хв.

Посадкові крани призначені для подачі холодних злитків або блюмсів до горизонтальних печей, транспортування гарячих злитків до кувальних або прокатних агрегатів.

Головний візок аналогічний візку завалювального крана.

Механізм захвата встановлений у кабіні на хитній рамі кліщів і постачений електричним приводом через черв'ячний редуктор і фрикційну муфту. Необхідна сила затиснення кліщів досягається регулюванням затягування пружин фрикціону. Універсальність захвата забезпечує надійність роботи при різній конфігурації деталей і застерігає поверхню захоплюваної деталі від псування.

Методика розрахунку посадкового крана така ж, як і завалювального, за винятком розрахунку механізму захвата.

На рис. 3.2 зображені зусилля  $P_1$   $P_2$ , що діють на упори кліщів у вертикальній площині, які визначаються по формулі:

$$P_1 = Q \frac{c}{a}, \text{ Н}, \quad (3.34)$$

$$P_2 = Q \frac{c-a}{a}, \text{ Н} \quad (3.35)$$

де  $Q$  – вагу злитка вважаємо прикладеною у центрі ваги на відстані  $c$  від упору кліщів.

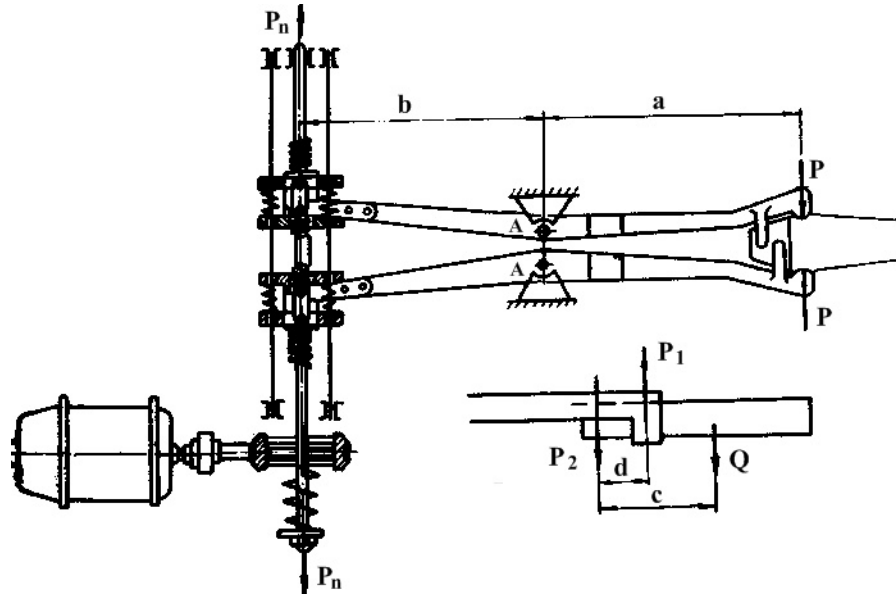


Рис. 3.2. Механізм захвата посадкових кранів

Зусилля вертикальної площини  $P_1$  урівноважуються силами тертя від горизонтальної сили  $P$  натисканням кліщів

$$P_1 = 2\mu P, \quad (3.36)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт тертя кліщів об злиток.

Робочим зусиллям двох пружин буде:

$$P_{np} = \frac{P_a}{b}, \quad (3.37)$$

де  $P = \frac{Qc}{2\mu a}$  – горизонтальне зусилля, отримане з (3.36, 3.34).

### 3.2. Ливарні крани

Ливарні крани сталеплавильних цехів служать для заливання чавуну в міксер (міксерні), у мартенівські й конверторні печі (залівальні), для розливання сталі в виливниці в мартенівських, конверторних і електросталеплавильних цехах, а також для розливання сталі в проміжний ківш в установках безперервного розливання сталі (розливальні).

Міксерні й залівальні крани конструктивно відрізняються від розливальних наявністю на допоміжному візку тільки одного механізму підйому.

Міст ливарного крана складається з чотирьох поздовжніх і двох поперечних (кінцевих) балок. На двох крайніх поздовжніх балках пересувається головний візок, а на двох внутрішніх – допоміжний візок.

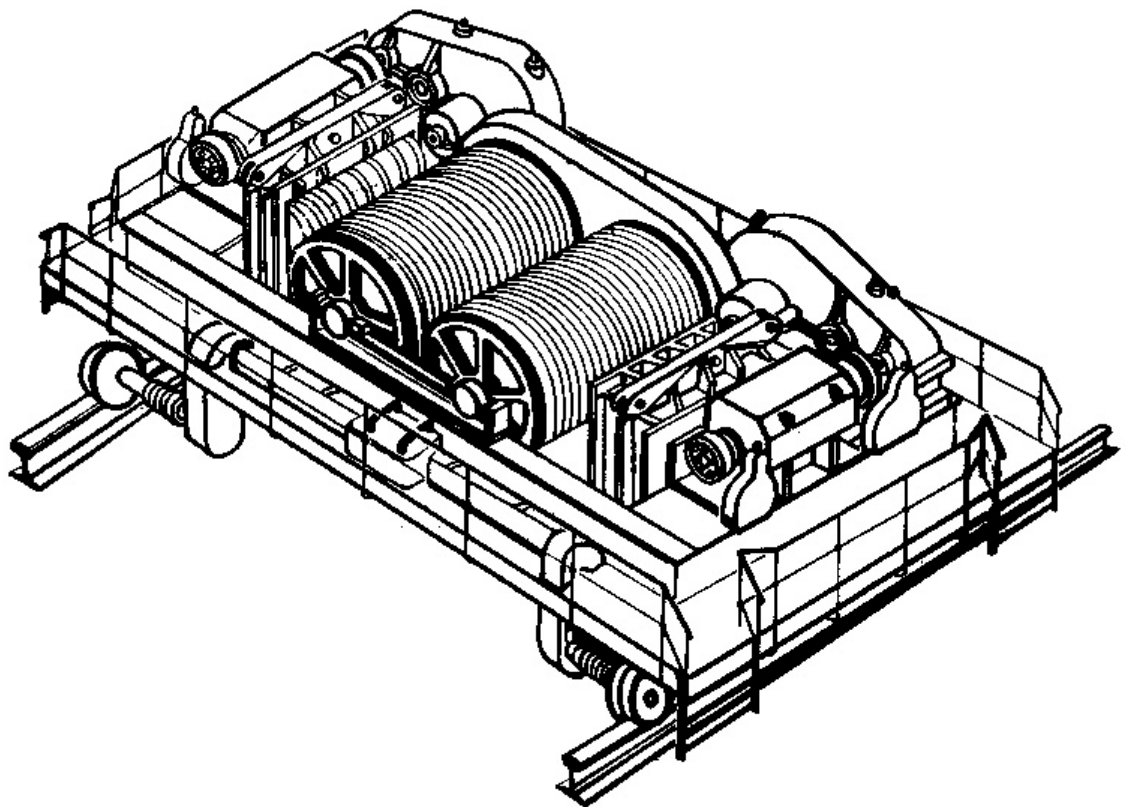


Рис. 3.3. Загальний вид візка ливарного крана

Головний візок (рис. 3.3) складається з рами з установленими на ній механізмами підйому (рис. 3.4) і пересування візка. Ківш із рідким металом

захоплюється двома пластинчастими гаками, підвішеними до траверси 6. Підйом траверси здійснюється двома барабанами 1, зубчасті вінці яких перебувають у зачепленні.

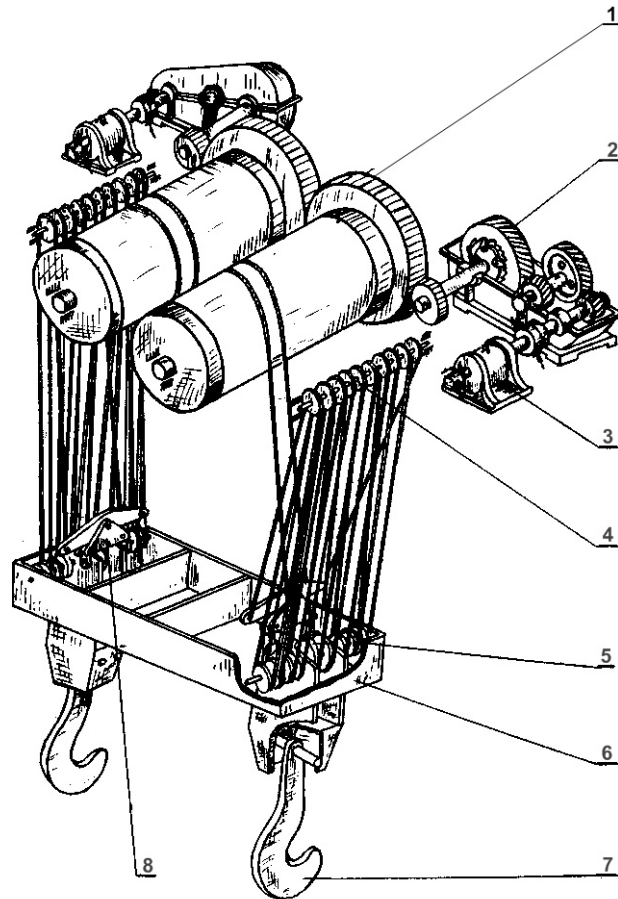


Рис. 3.4. Механізм підйому ливарного крана

Кожний барабан приводиться в обертання самостійним двигуном через систему відкритих зубчастих передач. Синхронність роботи барабанів забезпечується храповими пристроями, встановленими на зубчастому колесі другої передачі 2. Храпові пристрої дозволяють у випадку виходу з ладу одного з двигунів закінчити почате заливання сталі. Для надійної роботи кожний привод механізму підйому постачений двома гальмами.

Допоміжний візок служить для перекидання ковша при виливанні рідкого металу. Вантажопідйомність допоміжного візка визначається зусиллям, необхідним для кантування ковша під час розливання.

Вантажопідйомність крана визначається сумою зважування рідкої сталі й шлаків у ковші й вагою футерованого ковша. При садці печі 900 т. розливання забезпечують два крани вантажопідйомністю 630 тонн.

### 3.3. Колодязні, стріперні та підлогово-кришкові крани

а) Колодязні кліщові крани (рис. 3.5) призначені: для завантаження злитків у нагрівальні колодязі й видачі їх на прийомний рольганг випалювального стану, для транспортування холодних і гарячих злитків у прокатних цехах.

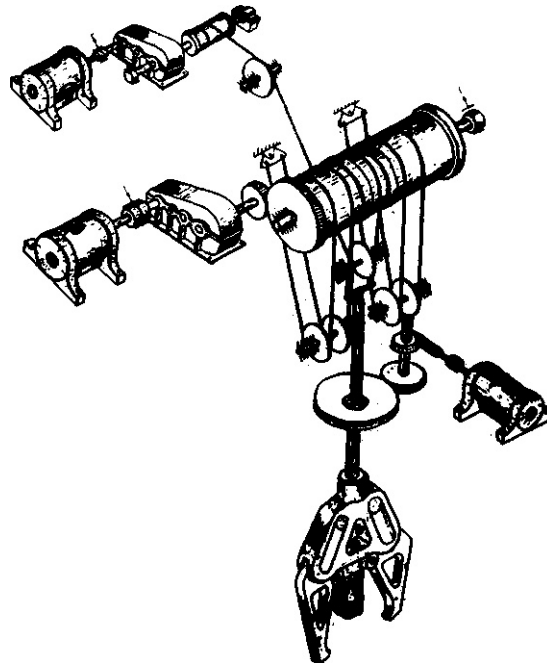


Рис. 3.5. Схема механізмів головного візка колодязного крана

Механізми візка цього крана встановлені на двох рамах: на верхній – механізм підйому й керування кліщами, на нижній – механізм пересування візка, обертання кліщів і допоміжного підйому. До нижньої рами візка підвішена шахта, усередині якої передбачені напрямні для переміщення траверс, механізмів і підйому й обертання кліщів. Із зовнішньої сторони до шахти кріпиться кабіна, у якій розміщена електроапаратура.

Кабіна керування механізмами крана перебуває під впливом світлового й теплового випромінювання. Температура зовнішнього повітря доходить до

80°C, тому kabіни таких типів кранів обладнані кондиційними установками, а стінки її мають теплову, і світлову ізоляцію, для зниження температури на 20-30 % застосовується металевий екран. Кабіна зашклена подвійними шестиміліметровими стеклами з повітряними зазорами не менш 40 мм. Силу тиску на кернах  $P$  практично приймають:

$$P = (2 \div 2,5)Q_{зл}, \quad (3.38)$$

де  $Q_{зл}$  – вага злитка, кг.

Працездатність кліщів й їхня надійність визначається силою затиснення на кернах, коефіцієнт затиснення

$$K = \frac{P_c}{0,5Q_{зл}}, \quad (3.39)$$

де  $P_c$  – сила затиснення.

Потужність двигуна механізму підйому

$$N = \frac{(Q_{зл} + G_k)V}{6120\eta}, \text{ кВт}, \quad (3.40)$$

де  $G_k$  – вага колони.

Потужність двигуна керування кліщами

$$N = \frac{GV}{6120\eta}, \text{ кВт}, \quad (3.41)$$

де  $G$  – вага кліщів;

$V$  – швидкість підйому кліщів, м/хв.

Потужність механізму повороту колони

$$N = \frac{K_l M n}{975}, \text{ кВт}, \quad (3.42)$$

де  $K_l = 3$  – коефіцієнт, що враховує можливість опору від приварювання нагрітих злитків до поду печі;

$M$  – момент опору в підп'ятнику колони;

$n$  – число обертів колони у хвилину.

Момент опору

$$M = \mu(Q_{зл} + G_k) \frac{d}{2}, \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3.43)$$

де  $G_K'$  – вага колони з кліщами;  
 $d$  – діаметр кулькового підп'ятника, м;  
 $\mu$  – коефіцієнт тертя в кульковому підп'ятнику.

б) Підлогово-кришкові крани (поздовжні й поперечні) призначені для відкривання й закривання кришок однорядних або дворядних нагрівальних колодязів обтискних станів. Електродвигун механізму підйому через черв'ячно-циліндричний редуктор пускає в хід шатунно-ексцентриковий механізм, що забезпечує підйом траверси із захватами.

На траверсі є гвинтове регулювання, що забезпечує правильне зачеплення захватів із тавровими голівками балок кришки. Перед кожним підйомом кришки автоматично подається електричний імпульс у спеціальні тролєї. По тролєям імпульс передається регулятору подачі палива в колодязь, регулятор спрацьовує й подача палива припиняється, що охороняє від проникнення в цех полум'я й газу.

Стриперні трьохопераційні крани призначені для відділення злитків від виливниць і піддонів, установки виливниць і піддонів на візки, а також теплових надставок на виливниці.

Візок складається з рами з установленими на ній механізмами підйому й пересування візка (рис. 3.6). До середини рами підвішена кругла шахта, усередині якої кріпляться напрямні для вертикального переміщення стриперного механізму. Підйом стриперного механізму здійснюється чотирма канатами, що працюють попарно: два з них (середні) – служать для керування більшими кліщами (відкривання й закривання), а два інших (крайні) – для підйому. Кліщі з кернами працюють тільки тоді, коли не працюють більші кліщі.

Керування кліщами з кернами здійснюється за допомогою гвинта стриперного механізму. Стриперний механізм урівноважується противагою, що розташована з зовнішньої сторони шахти.

Злитки від виливниць відділяються за допомогою сталевго гвинта, що працює в бронзових гайках із правою та лівою трапецієподібною нарізками.

Кліщі працюють автоматично й при бажанні можуть примусово залишатися у відкритому або закритому положенні.

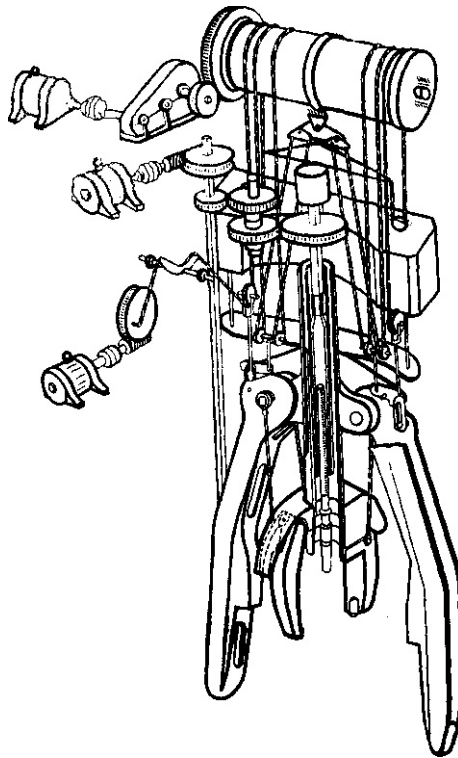


Рис. 3.6. Схема механізмів головного візка крана для роздягання злитків

Потужність механізму стриперування.

$$N = \frac{(P + Q + \varepsilon G)V}{6120\eta K}, \text{ кВт}, \quad (3.44)$$

де  $Q$  – вага злитка чи виливниці, Н;

$P$  – сила стриперування, Н;

$\varepsilon G$  – вага деталей стриперного механізму, Н;

$V$  – швидкість виштовхування злитка, м/хв.;

$K$  – коефіцієнт перевантаження електродвигуна.

Сила стриперування

$$P = (10 \div 20)Q, \text{ Н}. \quad (3.45)$$

Сила затиснення змінюється зі зміною розкриття кліщів, по даним УЗТМ приймається:

$$T = K(P + Q), \quad (3.46)$$

де  $K = 0,5-0,6$  – коефіцієнт затиснення

Вага противаги обирається як  $G_{пр} = 0,5G$ ,

де  $G$  – вага стриперного механізму, кг.

Потужність двигуна механізму підйому

$$N = \frac{(Q + G - G_{пр}\eta_0\eta_6)V}{6120\eta}, \text{ кВт}, \quad (3.47)$$

де  $\eta_0, \eta_6, \eta$  – к.к.д. напрямних противаги, барабана та загальний к.к.д. передачі  $\eta = 0,8$ ;

$V$  – швидкість підйому, м/хв.

### **3.4. Крани для транспортування прокатного профільного металу та листів**

До цієї групи кранів відносяться:

а) Крани, що мають лапи-підхвати (пратцен-крани), призначені для транспортування довгомірного прокату, укладання його в штабелі й навантаження на залізничні платформи.

На барабан механізму підйому намотуються канати підйому й канати перекидання лап (рис. 3.7).

Механізм перекидання лап з'єднаний із двигуном і муфтою граничного моменту. Канати, що спускаються з барабана механізму перекидання, обгинають блоки траверси, потім намотуються на барабан підйому. Під час роботи механізму перекидання лапи повертаються з горизонтального положення у вертикальне і навпаки (незалежно від роботи механізму підйому).

б) Крани з механізмом обертання гака призначені для виконання підйомно-транспортних операцій у цехах (виливниць) і на складах (рулонів).

Для цих же цілей у прокатних цехах застосовуються крани з поворотним візком і траверсою на канатах.

в) Крани з обертним візком і керованими кліщами (рис. 3.8) призначені для транспортування, навантаження й штабелювання пакетів гарячих слябів з температурою  $+900^{\circ}\text{C}$ . Вантажопідйомність їх до 150 т.

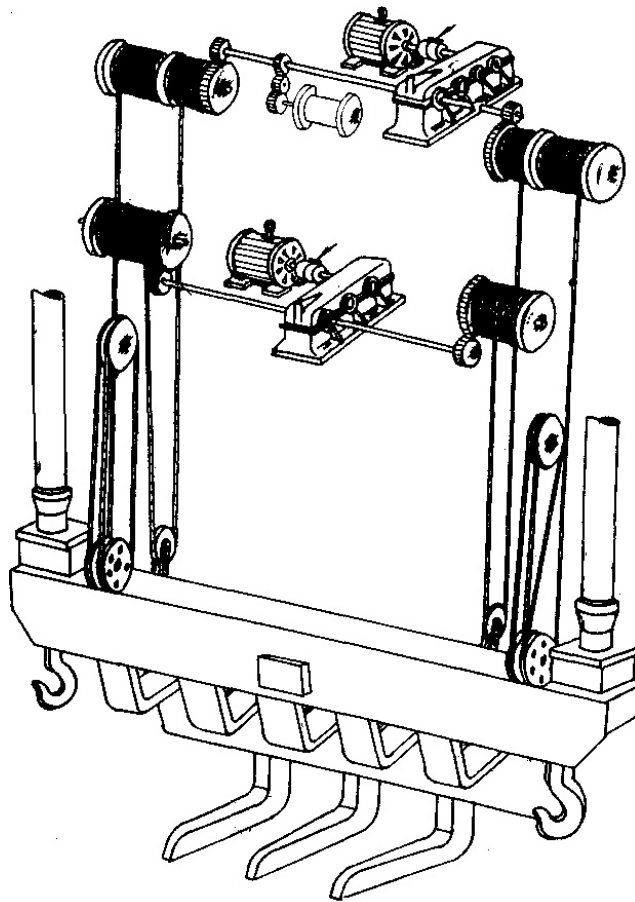


Рис. 3.7. Схема механізмів головного візка крана з лапами

### 3.5. Кувальні та гартівні крани

Кувальні та гартівні крани застосовуються для обслуговування кувально-пресових і термічних цехів.

#### а) Кувальні крани

Міст кувального крана складається із чотирьох поздовжніх балок. На двох балках рухається головний візок, а паралельно їй – допоміжний.

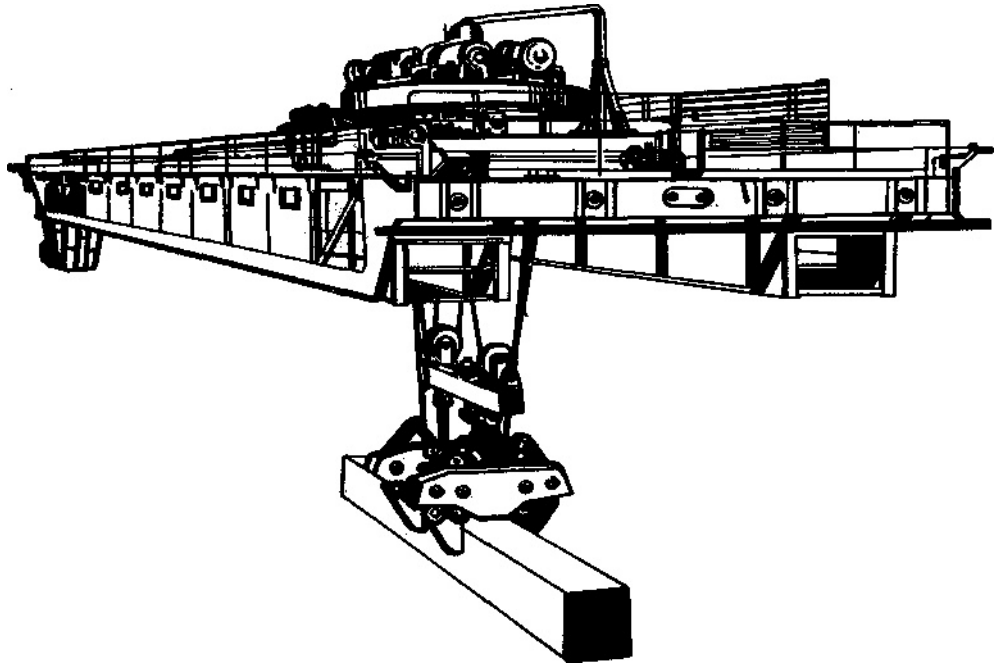


Рис. 3.8. Загальний вид крана з візком, що обертається, і керованими кліщам

Головний ковальський візок складається з рами й установлених на ній механізмів підйому й пересування візка. Піднімальний барабан обертається двигуном через циліндричні редуктори й відкриті зубчасті передачі (рис. 3.9).

Щоб уникнути перевантаження під час кування злитків, головний підйом постачений пристроєм, що розгальмовує гальма підйому при навантаженні, що перевищує норму.

Ковальський візок з кантувальною голівкою служить для підйому й кантування гартованого злитка.

Кантувач складається з рами, на якій установлений привод, зірочка із пластинчастим ланцюгом. Рама має пружинну підвіску. Зірочка приводиться в обертання двигуном через черв'ячний редуктор і відкриту зубчасту передачу, двигун кантувача електричним струмом живиться через кабель, закріплений на кабельному барабані. Кінематичний зв'язок між кабельними й піднімальними барабанами здійснюється за допомогою ланцюгової передачі.

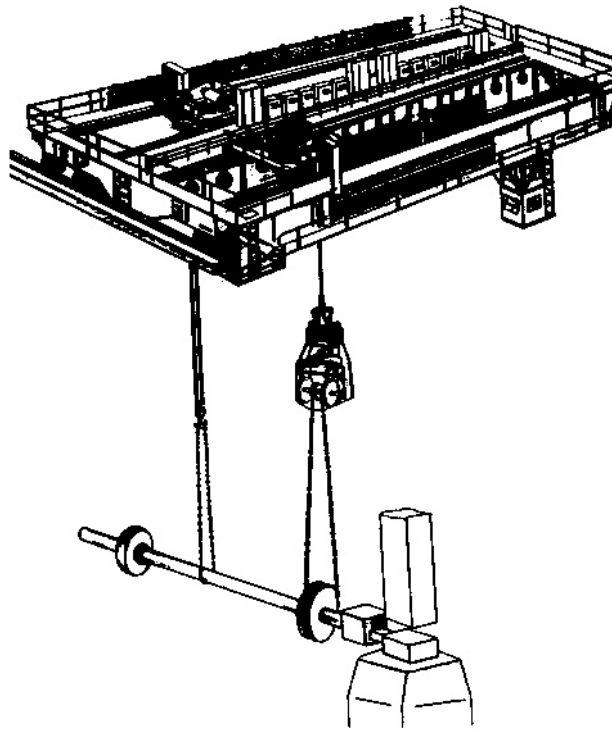


Рис. 3.9. Схема роботи кувалального крана вантажопідйомністю 75 т

Кування виробів здійснюється вільно й за допомогою патрона або обойм. Противагу підбирають відповідно до ваги заготовки. Вантажопідйомність ковальського візка визначається по формулі:

$$P_K = KQ_{сп} + G_{ПР} + G_K + G_{КР}, \quad (3.48)$$

де  $Q_{сп}$  – вага виковки, кН;

$K$  – частина вантажу, що передається на кантувач;

$G_{ПР}$  – вага противаги, кН;

$G_K$  – вага кантувача з ланцюгом;

$G_{КР}$  – вага гака та причіпного пристрою.

Потужність привода головного підйому

$$N = \frac{P_K V}{6120\eta}, \quad (3.49)$$

де  $V$  – швидкість підйому, м/хв.

#### б) Гартівні крани

Гартівні крани призначені для виконання вантажопідйомних операцій при загартуванні деталей. Гартівні крани відрізняються від гакових кранів

загального призначення тільки лиш механізмом підйому, який дозволяє здійснювати рівномірну швидкість спуску (в 2-10 разів більше швидкості підйому), однакову для вантажів різної ваги.

### 3.6. Особливості розрахунку металургійних кранів

Крім розрахунків з урахуванням режиму роботи, проведених для кранів загального призначення, для металургійних кранів необхідно додатково:

а) розрахувати кріплення шахти до візка крана від моменту, викликаного горизонтальною силою. Горизонтальна сила, створювана краном,

$$H = \frac{Q_0 \mu n_1 K}{n}, \quad (3.50)$$

де  $Q_0 = G_K + (G_B + G_{КОЛ})$ ,

тут  $G_{КОЛ}$  – вага колони та шахти, кН;

$G_K$  – вага крана;

$G_B$  – вага головного візка, кН;

$\mu$  – коефіцієнт тертя коліс об рейки,  $\mu = 0,12$ ;

$n_1$  – кількість повідних коліс механізму пересування крана;

$n$  – кількість всіх коліс крана;

$K = 1,3$  – коефіцієнт, який враховує знакозмінні навантаження.

б) Перевірити всі електродвигуни на нагрів.

Робота електричного струму

$$A = I^2 r t, \quad (3.51)$$

де  $I$  – сила струму, А;

$r$  – опір, Ом;

$t$  – час, сек.

Кількість тепла, що виділяється відповідно до закону Джоуля-Ленца,

$$Q = 0,24 I^2 r t. \quad (3.52)$$

Силу струму можна виразити через момент

$$M = K_0 I, \quad (3.53)$$

де  $K_0$  – коефіцієнт пропорційності.

З огляду на те, що момент за кожний період циклу роботи двигуна змінюється, запишемо формулу (1.53) у диференціальній формі:

$$dQ_1 = 0,24K_0^2 M^2 r dt. \quad (3.54)$$

Тоді кількість тепла при змінному моменті:

$$Q_1 = 0,24K_0^2 r \int_0^1 M^2 dt \quad (3.55)$$

При еквівалентному постійному моменті  $M_E = const$  кількість тепла, що виділяється:

$$Q_2 = 0,24K_0^2 r M_E^2 t_E, \quad (3.56)$$

де  $t_E$  – час роботи двигуна.

Прирівнюючи  $Q_1 = Q_2$ , отримаємо:

$$M_{EK} = \sqrt{\frac{\int_0^t M^2 dt}{t_{EK}}}, \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3.57)$$

Стосовно до кранів формула (1.62) має вигляд:

$$M_{EK} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_i^2 t_i}{t_{ЦИКЛ}}}, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (3.58)$$

Тоді еквівалентна потужність

$$N_{EK} = \frac{M_{EK} n_{\text{об}}}{975}, \text{ кВт} \quad (3.59)$$

або, враховуючи, що потужність пропорційна силі струму  $I = K_0 N$ , отримаємо формулу еквівалентної потужності

$$N_{EK} = \sqrt{\frac{\sum N_i^2 t_i}{t_{ЦИКЛ}}} \quad (3.60)$$

Необхідна номінальна потужність при ПВ 25% (за каталогом).

$$N_{25} = K N_{EK}, \quad (3.61)$$

де  $K = 1$  – для важкого режиму;  $1,5$  – для дуже важкого режиму роботи.

в) Перевірити гальмо на нагрів.

Перевірка гальма на нагрів зводиться до визначення його середньої потужності з умови нагріву та порівняння її з гранично припустимою потужністю

$$A_{CP} = A_{ПР} \quad (3.62)$$

Граничне значення потужності

Діаметр гальмівного шківа, м	$A_{ПР}$ , кВт
100	0,5
200	0,8
300	1,75
500	3,5

Середня потужність гальмування

$$A_{CP} = \frac{M_T \omega}{102} \cdot \frac{t_T}{t_{ЦИКЛ}}, \quad (3.63)$$

де  $t_T$  – час гальмування, с;

$t_{ЦИКЛ}$  – час повного циклу роботи крана, с;

$\omega$  – кутова швидкість гальмівного шківа.

Одночасно необхідно перевірити нерівність питомої роботи

$$A_{уд} = qV < 30, \frac{H}{м \cdot с} \quad (3.64)$$

де  $q$  – тиск колодок на гальмівний шків

$$q = \frac{N}{F} = \frac{2M_T \cdot 360^\circ}{\mu D^2 \pi b \alpha^\circ}, \quad (3.65)$$

$V$  – швидкість гальмівного шківа, м/с;

$M_T$  – гальмівний момент, Н·м;

$D$  – діаметр гальмівного шківа, м;

$b$  – ширина гальмівної колодки, м;

$\alpha$  – кут обхвату колодки, град.

В літературі є описання більш точного проектувального розрахунку гальм з умови нагріву, але він більш трудомісткий. Описаний нами перевірючий розрахунок гальм на нагрів дає задовільні результати.

г) Перевірити кути відхилення канатів на барабанах, тобто тангенс кута відхилення при нижньому положенні поліспасти. Кути відхилення канатів від вертикальної вісі визначають також з метою надійної роботи інших механізмів, враховуючи, що зі збільшенням кута відхилення збільшується знос канату.

д) Перевірити механізм пересування кранів та візків на відсутність ковзання приводних коліс (явище буксування).

Критерієм надійності відсутності буксування є коефіцієнт запасу зчеплення, тобто відношення сили зчеплення до рухомої сили

$$K_{зч} = \frac{T}{F_{\text{об}}} > 1, \quad (3.66)$$

де  $T = \varphi G_{зч}$  – сила зчеплення, що дорівнює горизонтальному навантаженню рейки, яка створюється приводними колесами;

$F_{\text{об}}$  – рухома сила, що передається приводом.

Рівняння (3.66) можна представити у відомому вигляді

$$K_{зч} = \frac{\varphi G_{зч \min}}{W - \mu \frac{r_{\text{ц}}}{R_{\text{хк}}} G_{зч \min} + \frac{a}{g} a} \geq 1,2. \quad (3.67)$$

При перевірці одного з боків крана (наприклад А) рівняння (3.67) переписується:

$$K_{зч} = \frac{\varphi G_{зч \min}(A)}{\frac{G_{(A)}}{G} \left( W - G \frac{n}{n_0} \mu \frac{r_{\text{ц}}}{R_{\text{хк}}} \right)} \geq 1,1, \quad (3.68)$$

де  $G_{(A)}$  – навантаження, що приходить на бік А;

$G_{зч(A)}$  – зчїпна вага на колесах боку А;

$G$  – загальна вага крана (візка);

$n$  – кількість приводних коліс;

$n_0$  – кількість всіх коліс крана (візка);

$W$  – сили опору (інерції, тертя, коліс);

$R_{ХК}$  – радіус ходового колеса.

Можемо задатися величиною  $K_{зч}$  (1.68, 1.69) та визначити граничне прискорення, що не викликає ковзання приводних коліс,

$$a = 9,81 \left[ \left( \frac{\varphi}{K_{зч}} + \mu \frac{r_{ц}}{R_{ХК}} \right) \frac{G_{зч \min}}{G} - \omega_T \right], \text{ м/с}^2. \quad (3.69)$$

Привод механізму пересування в результаті сили зчеплення коліс створить буксувальний момент

$$M_{\text{бук}} = \frac{\varphi G_{зч} R_{ХК}}{i \cdot \eta}, \quad (3.70)$$

де  $i$  – передаткове число редуктора;

$\eta$  – к.к.д. привода.

Тоді коефіцієнт запасу зчеплення

$$K_{зч} = \frac{M_{\text{бук}}}{M_{\text{пуск}}} = \frac{M_{\text{бук}}}{\psi M_H} > 1,2, \quad (3.71)$$

де  $M_{\text{ПУСК}}$  – пусковий момент, що передається на приводні колеса;

$\psi$  – дійсний коефіцієнт перевантаження двигуна;

$M_H$  – номінальний момент електродвигуна, що має потужність  $N$  (кВт) при числі обертів  $n$ .

е) Перевірити наростання гальмівного моменту для вибраного гальма з умови нековзання загальмованих (що не обертаються) коліс, тобто слід уникнути явища «юзу».

Мінімальний час гальмування підбирається так, щоб при цьому гальмівне зусилля, яке прикладене до окружності колеса, не перевищувало сили зчеплення та був забезпечений коефіцієнт запасу:

$$K_{зч} = \frac{\varphi G_{зч} R_{ХК} \eta}{M_T}, \quad (3.72)$$

де  $M_T$  – величина потрібного гальмівного моменту для найбільш несприятливого випадку навантаженого крана

$$M_T = G(\sin \alpha - \omega_T \cos \alpha) \frac{R_{\text{ХК}} \eta}{i} + \frac{GR_{\text{ХК}} V \eta}{10t} + \frac{1,2(GD^2)_{\text{ПОТ}} n}{375t}, \quad (3.73)$$

де  $n$  – число обертів приводного валу, коли швидкість початку гальмування  $V$ , м/с;

$\alpha$  – кут нахилу шляху.

Якщо прийняте гальмо, з рівняння (3.73) визначаються час  $t$ , фактичне сповільнення та шлях гальмування, який унікає явища «юзу». Одночасно повинна задовольнятися нерівність:

$$\varphi G_{\text{ЗЧ}} > \frac{M_T}{R_{\text{ХК}}} + W, \quad (3.74)$$

де  $M_T$  – найбільший гальмівний момент прийнятого гальма.

ж) Розрахувати на міцність всі механізми, що забезпечують проведення операцій технологічного процесу.

Навантаження, що діють на кран і механізми, визначаються для робочого та неробочого стану крана. При нормальних навантаженнях робочого стану деталі механізмів зі сталі розраховуються на міцність відносно межі текучості та на витривалість відносно межі витривалості: деталі з чавуна – на міцність відносно межі міцності, вальниці кочення – на термін служби. Максимальні навантаження робочого стану задаються технічними умовами. Граничні значення таких навантажень обмежуються буксуванням коліс, максимальним значенням гальмівного моменту, муфтами граничного моменту та електрозахистом. Всі деталі для даного випадку повинні бути розраховані на міцність з забезпеченням необхідних запасів міцності. По максимальним навантаженням неробочого стану можуть розраховуватись лише крани, які працюють на відкритому повітрі від власної ваги та ураганного вітру. Запас міцності та навантаження, що допускаються, для всіх випадків визначаються диференційним методом в залежності від ступеня відповідальності деталей та характеру завантаження механізму.

Для механізмів, що працюють при повторно-короткочасних пускових режимах, оптимальна швидкість визначається з умови заданого переміщення виконавчого органу, а з рівняння руху прийнятого привода – оптимальне передаткове число редуктора.

## Тема 4. КРАНИ-ШТАБЕЛЕРИ

Крани-штабелери призначені для обслуговування механізованих складів, обладнаних багатоярусними стелажими висотою 25 м і більше (рис. 4.1).

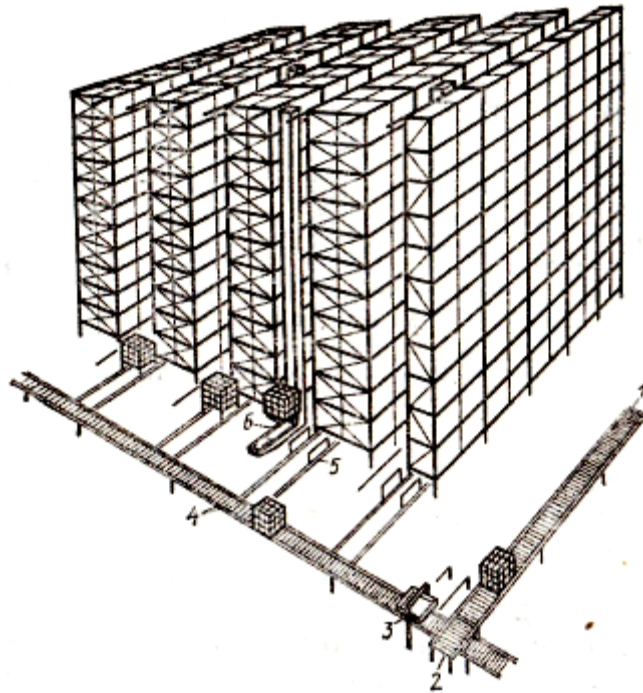


Рис. 4.1. Схема стелажного крана-штабелера, встановленого на складі:  
1 – подавальні роликові конвеєри; 2 – поворотна сітка роликового конвеєра;  
3 – контроль розмірів пакетів; 4 – розподільчий конвеєр; 5 – майданчик для  
установлення вантажів; 6 – стелажний кран

Крани-штабелери можуть бути виконані керованими з пола, з кабіни, дистанційно й автоматично.

Крани-Штабелери розділяють на мостові та стелажні.

Мостовий кран-штабелер має вертикальну колону 5, підвішену до вантажного візка 4, що переміщується по мосту 3, який пересувається по кранових рейках 1 (рис. 4.2, а). По колоні переміщається вантажозахоплювальне обладнання у вигляді вил 6, а нерідко й кабіна крановика. Підйом (і опускання) кабіни може здійснюватися тим же

механізмом, що й підйом вантажу. Знаходять застосування роздільні механізми підйому kabіни й вантажу. Один такий кран-штабелер може обслуговувати групу стелажів і навіть увесь склад.

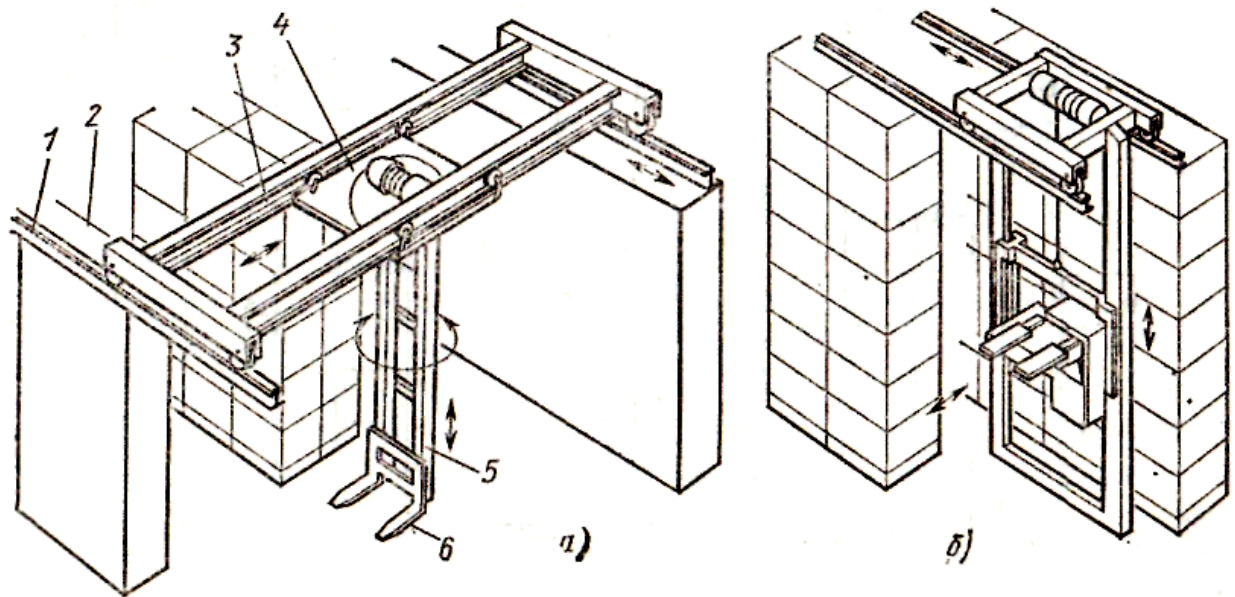


Рис. 4.2. Крани-штабелери: а) – мостовий; б) – стелажний

Стелажний кран-штабелер має вертикальну колону, що переміщається між стелажми (рис. 4.2, б). У цих кранах візок пересувається по рейках, покладених на стелажі. Вантажопідйомне обладнання, що переміщається по колоні, має обслуговувати обидва стелажі (правий і лівий). Якщо колона буде виконана поворотною, то потрібно збільшити відстань між стелажми. Вантажозахоплювальне обладнання виконується висувним.

Стелажні крани можуть переміщатися по підлоговій рейковій колії.

По способу обпирання на рейкову колію крани-штабелери бувають опорними або підвісними. Цей розподіл є умовним. Підвісний кран-штабелер підвішений до ходових візків.

Вантажопідйомність кранів-штабелерів звичайно не перевищує 5 т, але знаходять застосування крани-штабелери вантажопідйомністю більше 10 т.

Висота підйому вітчизняних кранів становить 10 м. Швидкість підйому 8-12 м/хв. Швидкість пересування мосту 50 м/хв (при керуванні з підлоги тільки 36 м/хв), швидкість пересування візка 12-20 м/хв. Частота обертання

колони 4 про/хв. Однією з особливостей кранів-штабелерів у порівнянні зі звичайними гаковими кранами є точна зупинка всіх механізмів. Тому при досить високих робочих швидкостях передбачається можливість руху зі зниженими (довідними) швидкостями. У вітчизняних кранах довідні швидкості: підйому 4 м/хв, пересування мосту 10 м/хв, пересування візка 5 м/хв.

#### 4.1. Колони

У кранах-штабелерах колони можуть бути виконані цільними, телескопічними і складатися з двох частин.

Велике поширення отримали колони з подовженою кареткою 1 (рис. 4.5, а). Підвіска каретки поліспадна. Один кінець каната закріплено на барабані 4, інший – до твердої секції колони в точці 3. Оскільки висота підйому лап визначається довжиною каретки, то для кращого використання висоти складу в поворотній платформі виконаний отвір для проходу каретки (рис. 4.5, б). При цьому збільшуються розміри поворотної платформи, а отже, і візка.

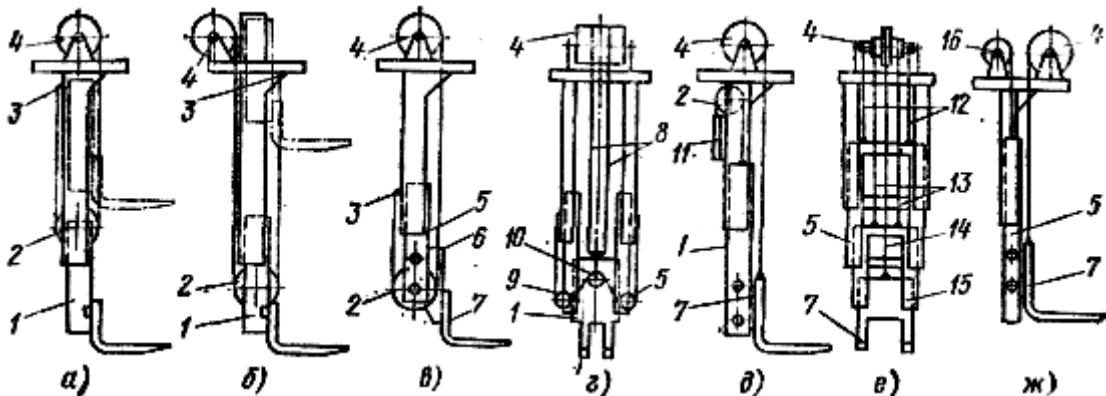


Рис. 4.5. Колони кранів-штабелерів

На рис. 4.5, в зображена колона, по якій рухається її секція 5 із блоком 2. Канат з барабана 4, огинаючи блок, закріплюється на колоні в точці 3. Зубчасте колесо на осі блоку (валу) зв'язує його з рейкою каретки 6, що рухається по секції 5. При її русі в тому ж напрямку переміщається каретка 6 з

лапами 7. При цьому швидкість підйому може збільшуватися в 2 рази в порівнянні з попередніми колонами. На рис. 4.5, г показана колона, що відрізняється від колони на рис. 4.5, в тому, що для підйому каретки 1 і рухомої секції 5 служать окремі канати. Каретка піднімається двома канатами 8, закріпленими на барабані 4, рухома ж секція піднімається канатом 9, закріпленим на рухомій секції, та таким, що огинає блоки, встановлені на нижньому кінці рухомої секції, і блок 10, з'єднаний з кареткою.

Особливістю колони, зображеної на рис. 4.5, д, є те, що каретка 1 з лапами 7 урівноважена вантажем 11, підвішеним па канату, направленому через блок 2.

Раціональним рішенням є виконання жорсткої секції колони меншої довжини. Багатоступінчаста колона показана на рис. 4.5, 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 виделковим захватом 5. Частини барабана, що мають менші діаметри, зв'язані канатами 12 і 13 з рухливими секціями 5 і 15 колони. Таким чином, при підйомі лап довжина колони значно скорочується й кран може вільно проходити над вантажем, який транспортується.

На схемі рис. 4.5, ж зображена колона, що має два піднімальні механізми. Один з них, що містить барабан 16, служить для підйому рухомої секції 5 колони, інший з барабаном 4 призначений для підйому виделкового захвату 7. Захват 7 рухається разом з рухомою секцією 5 доти, поки вона не досягає найвищого положення. Далі він переміщається уздовж 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 бічних поверхонь коробчастих колон приварені напрямні для вантажозахватного обладнання.

## **4.2. Механізм підйому**

В якості механізму підйому крана-штабелера нерідко використовують стандартні електричні талі, часто двохшвидкісні з мікроприводом. Барабани механізму підйому мостового крана-штабелера розміщені на поворотному візку. У стелажних кранах-штабелерах барабани можуть бути розташовані внизу, якщо кран пересувається підлоговою рейковою колією, і на верхньому візку, якщо кран пересувається крановою рейковою колією, встановленою на стелажах.

## **4.3. Механізм повороту**

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

Якщо крани-штабелери виконані з неповотною колоною, то їх обладнують висувними виделковими захватами. При цьому на кінці колони закріплена горизонтальна балка, яка може обертатися навколо вертикальної осі. По цій балці переміщається в горизонтальному напрямку каретка із захватом, який має механізм повороту та висування.

## **4.4. Механізм пересування**

Механізми пересування кранів-штабелерів принципово не відрізняються від відповідних механізмів інших кранів.

## **4.5. Вантажозахватне обладнання**

Конструкція вантажозахватного обладнання залежить від умов роботи й виду вантажу, що переробляється. Крани-штабелери обладнують

виносними захватами (рис. 4.6, а), якщо вони призначені для вантажів, покладених на піддони, у контейнери або спеціальну тару, а також при перевантаженні довгомірних вантажів.

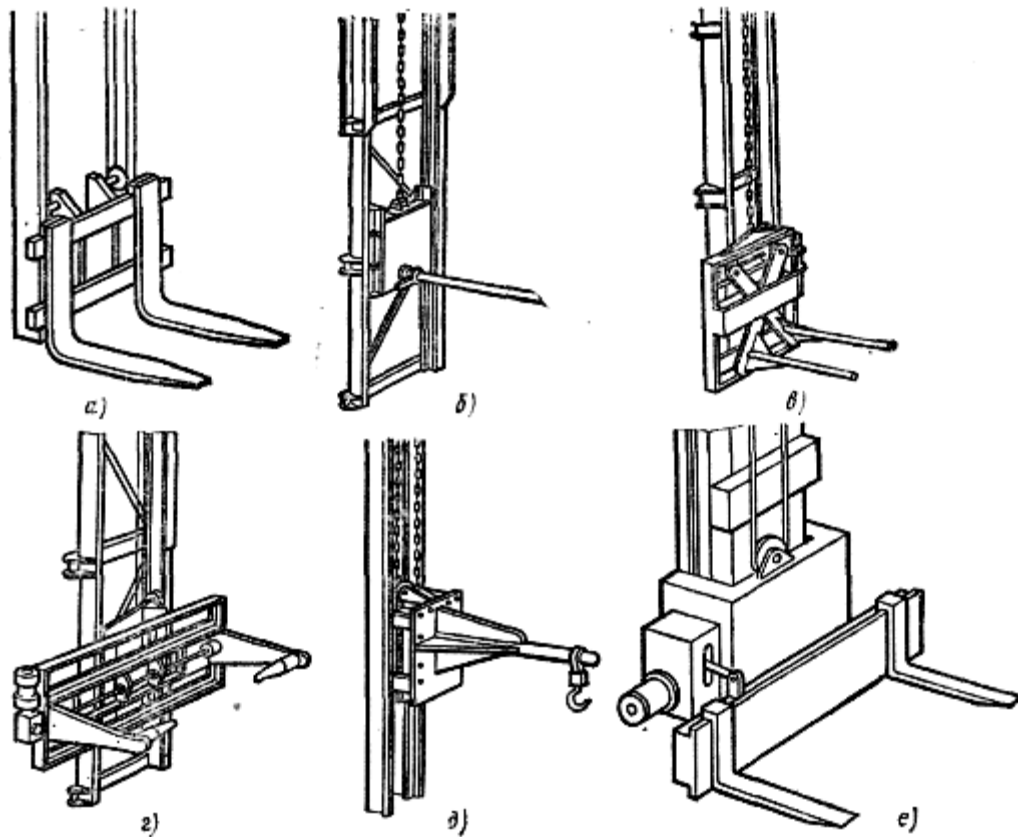


Рис. 4.6. Захвати кранів-штабелерів

Для перевантаження рулонів використовують штирові захвати (рис. 4.6, б). Для циліндричних вантажів може бути застосований двохштирьовий захват (рис. 4.6, в) або захват із двома цапфами (рис. 4.6, г), які за допомогою спеціального приводу вводяться в торці рулону із двох сторін.

Можливо також виконання захоплення у вигляді спеціальної малої стріли зі звичайним гаком (рис. 4.6, д).

Виделкові захвати важких кранів-штабелерів можуть бути обладнані механізмом, що змінює нахил вил у горизонтальній площині (рис. 4.6, е).

Останнім часом для обслуговування стележних складів металургійних і машинобудівних заводів застосовують вантажопідйомні машини, обладнані вертикальною колоною, по якій переміщається вантажопідйомник або захват, які називаються кранами-штабелерами. Крани-штабелери дуже різноманітні (рис. 4.1) і розраховується вони як крани з жорстким підвісом вантажу (стриперні, завальовальні та ін.), але додатково перевіряється час загасання коливання колони.

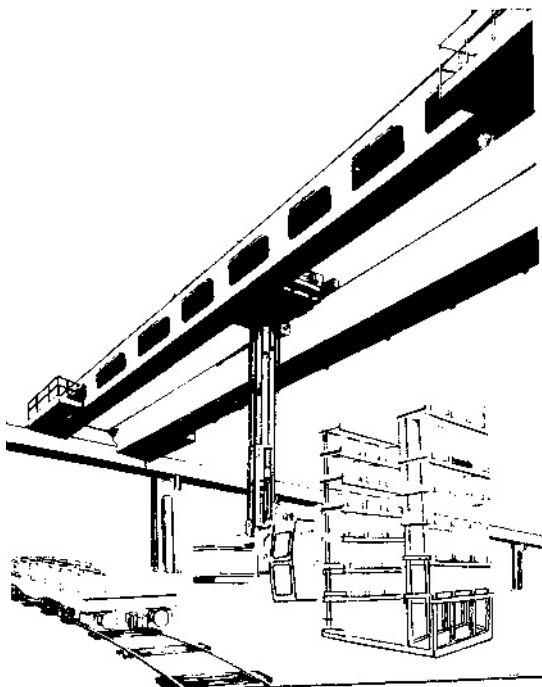


Рис. 4.1. Мостовий кран-штабелер опорного типу

## **Тема 5. СПЕЦІАЛЬНІ КОЗЛОВІ КРАНИ ТА МОСТОВІ ПЕРЕВАНТАЖУВАЧІ**

Козловим краном називається вантажопідіймальний пристрій, в якому візок (таль та ін.) пересувається по мосту, встановленому на високих опорах (порталі, козлах), полукозловим – якщо металоконструкція крана має Г-образну форму, а другою опорою служить колона спорудження (будівлі). Крани обслуговують великі площадки, без будівництва естакад.

## 5.1. Крани, що обслуговують гідроелектростанції (ГЕС)

ГЕС постачається спеціальними козловими кранами (рис. 5.1) по всій греблі для монтажу та обслуговування генераторів, ремонтних та аварійних затворів, які входять в технологічний комплекс по забезпеченню виробництва електроенергії.

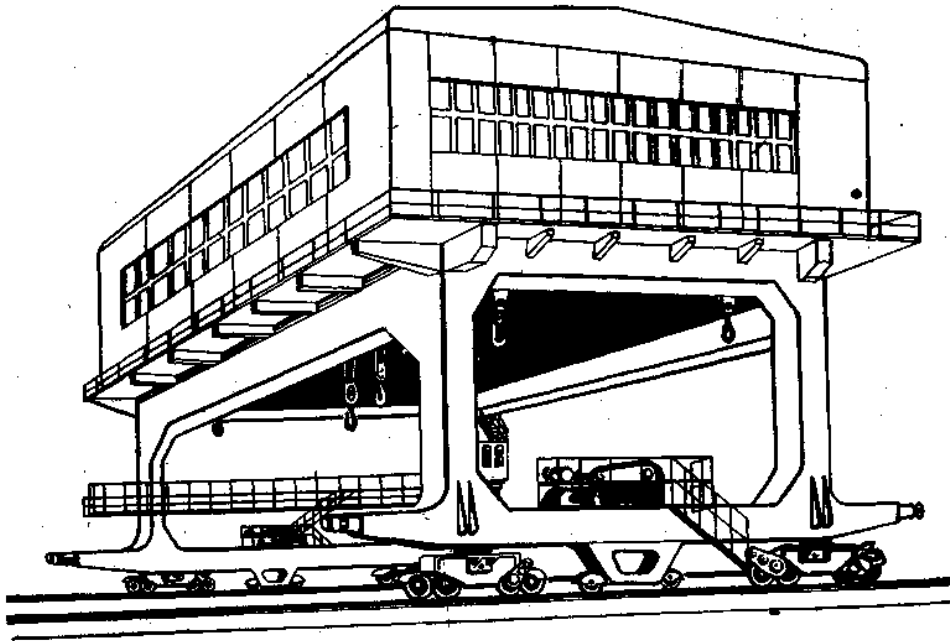


Рис. 5.1. Загальний вид крана для гідроелектростанцій

Відмітними особливостями кранів, що обслуговують гідроелектростанції є:

- 1) Невеликі прогони (до 20 м) та мала висота самих кранів (порталів) – до 15 м, прогони сумірні з базою крана.
- 2) Велика вантажопідйомність крана – 100–500 т.
- 3) Велика власна вага крана – 500–600 т.
- 4) Велика висота підйому, що потребує барабанів великої канатомісткості.
- 5) Незначні швидкості робочих рухів крана (швидкість підйому до 1 м/хв.; посадкова 0,1 м/хв.) при вантажопідйомності кранів понад 300 т. Швидкість пересування візка – 4–10 м/хв.

6. Для ремонту та монтажу обладнання крани постачаються спеціальними траверсами та захватами.

Кількість кранів для будування та обслуговування електростанцій визначається швидкістю робіт.

Кожна гідроелектростанція має свої особливості, які залежать від гідрогеологічних, географічних та інших місцевих факторів, що робить неможливим створення типових металоконструкцій та єдиного ряду порталів козлових кранів.

При виборі розмірів металоконструкцій порталу крана треба враховувати:

1) Прогін крана, який визначається з загальної компоновки електростанції;

2) Вагу та габарити вантажу, що піднімається, спеціальних захватних пристроїв, які впливають на відстань від підкранових колій до верхнього положення робочих органів механізму підйому;

3) Колії візка, що дозволяють розмістити на остові візка необхідні механізми;

4) Розміщення кузова для охорони механізмів крана та генераторів від атмосферних опадів, придання крану зовнішнього естетичного оформлення відповідно до загального архітектурного ансамблю ГЕС.

## **5.2. Крани, що обслуговують теплові електростанції (ТЕЦ)**

В обслуговуванні ТЕЦ приймають участь три групи спеціальних козлових кранів:

1. Для монтажу котельних агрегатів крани, що пристосовані до роботи в умовах закритого приміщення. Після монтажу котельних агрегатів ці крани демонтуються та переміщуються на інші об'єкти. Вантажопідйомність їх диктується максимальною вагою окремих секцій котельних агрегатів.

2. Для монтажу турбогенераторів, на відміну від кранів для монтажу котлоагрегатів, вони встановлюються на стаціонарному шляху, мають незначну власну висоту та порівняно велику вантажопідйомність (диктується вагою турбогенератора). Після закінчення монтажу турбогенераторів крани залишаються на цьому ж шляху для обслуговування ремонтних робіт турбогенератора.

3. Для монтажу технологічного обладнання та допоміжних об'єктів (насосних, будівель хімоводоочищення циркуляційних водовідводів та ін.). Знаходять застосування двохконсольні крани з урахуванням того, що ці крани виконують всі основні роботи при будіванні ТЕЦ та при виконанні ремонтних робіт.

### **5.3. Крани, що обслуговують атомні електростанції**

При будіванні атомних електростанцій застосовуються всі типи будівельно-монтажних кранів як серійного так і індивідуального виконання. До кранів, що обслуговують приміщення електростанцій, пред'являються додаткові вимоги, що і зумовлює особливості їх конструкцій.

1. Всі механізми крана повинні мати запобіжне покриття чи закриватися чохлами зі спеціального матеріалу.

2. Вали повинні бути покриті спеціальним лаком та розташовуватись в захищених каналах.

3. Металоконструкція повинна бути виконана без западин, щоб виключити потрапляння та затримування радіоактивного пилу.

4. Рейки для переміщення візка та крана повинні бути заглиблені. Кабіна керування повинна бути повністю безпечна при переміщенні емкостей з радіоактивними речовинами й аварії їх.

5. Основні вузли механізмів крана повинні легко демонтуватися (монтуватися), так як необхідно мати на увазі, що якщо кран буде заражений, то рухомі частини знімаються для знешкодження; чохла, поруччя та

зовнішню електропроводку заміняють, а інші частини та металоконструкцію миють або чистять щітками з застосуванням кислоти чи інших хімікатів.

6. Для ремонту та монтажу передбачуються спеціальні захвати.

Для обслуговування приміщень, що мають радіоактивні речовини (або ядовиті), застосовуються: колові, діаметральні, кільцеві та інші крани козлового та мостового типу, а також підвісні в залежності від компоновки приміщень та розташування в них реактивів. Знаходять застосування крани з дистанційним керуванням.

## **Тема 6. ПОРТАЛЬНІ КРАНИ**

### **6.1. Особливості порталних кранів**

Портальними кранами називаються стрілові крани, що вільно стоять та встановлені на жорсткому і пересувному по рейкам П-образному помості-порталі (Г-образному помості-напівпорталі), що не обертається.

До конструктивних особливостей порталних кранів відноситься те, що в них застосовується шарнірне зчленування укосини та чотирьохланкові пристрої (зрівняльні поліспасти та ін.), що забезпечують горизонтальне переміщення вантажу при зміні вильоту стріли.

### **6.2. Класифікація порталних кранів**

1. За призначенням порталні крани класифікуються:

- а) портові: гакові, грейферні – для вантажно-розвантажувальних робіт;
- б) суднобудівні та судноремонтні (монтажні);
- в) будівні (гакові);
- г) плавні (встановлюються на понтоні).

2. За конструктивними особливостями стрілового обладнання та кінематичними схемами укосин:

а) крани з жорсткими неврівноваженими стрілами, що гойдаються та не забезпечують горизонтальне переміщення вантажу, а тому, при всякій зміні вильоту витрачається додаткова потужність при підйомі та переміщенні вантажу;

б) крани з шарнірно-зчленованими стрілами, прямим хоботом та жорсткою (чи гнучкою) відтяжкою хоботу, що забезпечують горизонтальне переміщення вантажу;

в) крани з шарнірно-зчленованими стрілами, профільованим хоботом та гнучкою відтяжкою, що забезпечують горизонтальне переміщення вантажу;

г) крани з жорсткими зрівняльними стрілами, що гойдаються, зі зрівняльним поліспадом або зрівняльними барабанами, що забезпечують горизонтальне переміщення вантажу (рис. 6.1).

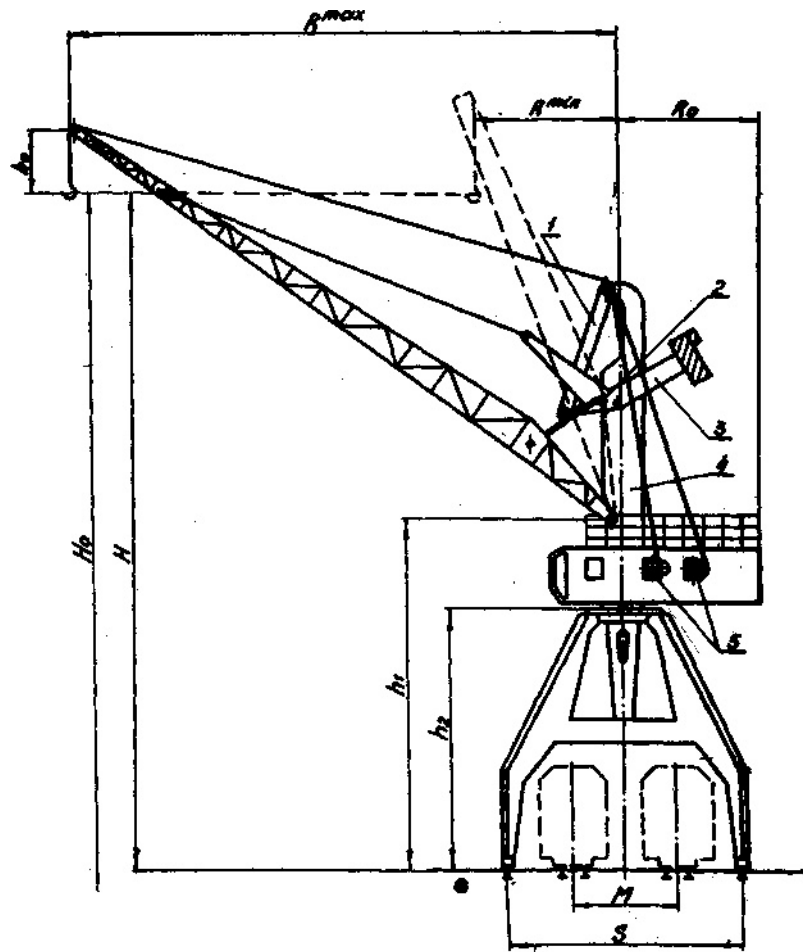


Рис. 6.1. Портальний кран на колоні, яка обертається

3. За конструкцією опорно-поворотного пристрою, в яких кран обертається:

- а) на колоні (3-5 т);
- б) на багатоопорному (котковому) крузі (10-15 т);
- в) на колоні чи платформі (25-30 т);
- г) на колоні чи башті (50-100 т).

4. За способом встановлення стрілового крана:

- а) непересувний на порталі чи на напівпорталі;
- б) пересувний на порталі чи на напівпорталі;
- в) на трикутниковій або спеціальній підставці;
- г) на доку, понтоні чи плавному крані;

д) на порталі в комплексі з вантажними та розвантажувальними конвеєрними пристроями.

5. За типом приводу крани бувають: електричні, дизель-електричні, електрогідравлічні.

6. За кількістю колій: одно-, двох-, трьох- та багатоколійні крани.

7. За механізмом зміни вильоту стріли, що застосовується:

- а) поліспаєтні;
- б) штангові:
  - рейкові;
  - гвинтові;
  - гідравлічні;

в) секторні;

г) шатунно-корбові.

8. За конструкцією порталу:

- а) звичайний;
- б) високий;
- в) спеціальний.

### 6.3. Будова порталних кранів

Портальний кран складається з двох основних вузлів: порталу, обладнаного механізмом пересування, та повноповоротного стрілового крана.

Розміри порталу визначаються габаритами рухомого складу, що проходить під портал або спеціальними технічними умовами.

Зазвичай порталний кран на колоні складається з наступних частин: зрівняльного поліспаду; рейкового механізму зміни вильоту; трьохплечевого важеля зі стріловою противагою; колони, що обертається; грейферної лебідки з незалежними барабанами.

Колона служить основою поворотної частини. Колона виконується опущеною всередину порталу та обертається навколо своєї вертикальної вісі, спирається на підп'ятник, який розташований на нижній балці порталу, та на ролики, що котяться по рейці та закріплені на головці порталу. До колони приєднана поворотна платформа, на якій встановлені лебідки механізму підйому, повороту, апаратура керування. Пряма стріла шарнірно закріплена на колоні та в верхній частині зв'язана відтяжними канатами, а в нижній – коромислом (трьохплечевий важіль), на якому розташована противага. Верхня частина колони зв'язана з коромислом через зрівнювальний поліспад, який при різних вильотах стріли забезпечує горизонтальність переміщення вантажу. На малому плечі коромисла розташовані рухомі блоки, а до іншого плеча приєднана гнучка відтяжка, другий кінець якої кріпиться до верхньої частини стріли. При зміні вильоту стріли рухомі блоки наближаються (чи віддаляються) до нерухомих на колоні, внаслідок чого довжина поліспаду змінюється так, що забезпечує незмінну висоту підйому при зміні вильоту стріли.

Вертикальні навантаження від поворотної частини передаються порталу через підп'ятник, а моменти сприймаються порталом як

горизонтальні сили в площині підп'ятника та котків поворотної платформи (оголовок порталу).

При роботі в портах найбільше поширення отримали порталні крани вантажопідйомністю 10-15 т з гнучкою відтяжкою профільованого хоботу (рис. 6.2).

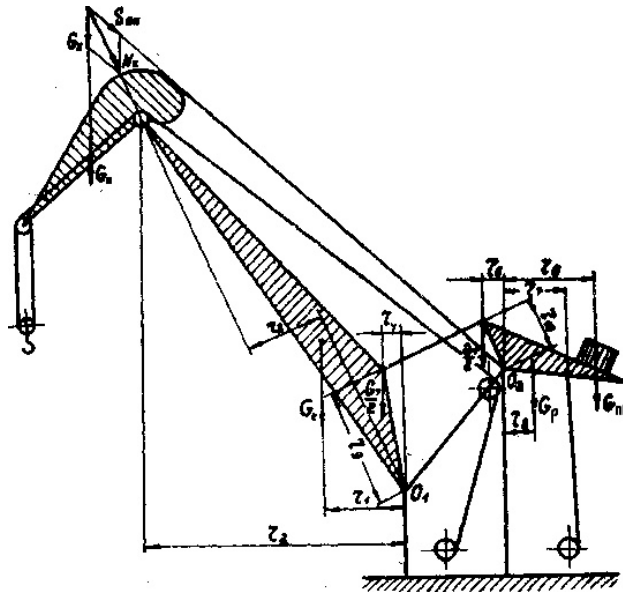


Рис. 6.2. Схема до розрахунку зрівноважування укосини рухомою противагою

Верхня поворотна частина крана обертається навколо своєї вертикальної вісі за допомогою опорно-поворотного пристрою, що представлений двома круговими рейками, між якими розташовані котки. Нижня кругова рейка приєднана до порталу, а верхня – до поворотної платформи. На платформі розташований каркас, до якого шарнірно кріпиться стріла. Стріла з профільованим хоботом та гнучкою відтяжкою утворюють шарнірно зчленовану укосину.

Механізми підйому та повороту розраховуються як і для звичайних кранів. Механізм зміни вильоту стріли та укосина є специфічними для порталних кранів.

#### 6.4. Особливості розрахунку механізму зміни вильоту стріли

а) Зрівноважування укосини порталного крана.

Для зменшення витрат електроенергії в приводі механізму, зміни вильоту укосини рухомі маси зрівноважуються рухомими противагами.

Складемо розрахункову схему та позначимо (рис. 6.2):

$G_X$  – вага хоботу;

$S_{OT}$  – зусилля гнучкої відтяжки, що викликане вагою хоботу;

$N_X$  – результуюча сила;

$G_C$  – вага стріли;

$G_K$  – вага відтяжних канатів;

$G_T$  – вага стрілової тяги;

$G_P$  – вага важеля противаги;

$G_M$  – вага корбово-шатунного механізму;

$G_{PP}$  – вага противаги;

$r_i$  – відповідні плечі до напрямку дії сил.

Визначимо рівнодіючу від ваги хоботу та зусилля відтяжки хоботу канатом  $S_{OT}$ . Проведемо напрям дії ваги хоботу до перетину відтяжних канатів, відклавши відповідно в масштабі силу ваги хобота  $G_X$  та  $S_{OT}$  (рис. 6.2). Напрямок рівнодіючої  $N_X$  пройде через центр обертання хоботу з плечем по відношенню до  $O_1$ , рівним  $r_3$ .

Розглядаючи рівновагу тільки стріли по відношенню шарніра  $O_1$ , отримаємо:

$$\sum M_{O_1} = N_X r_3 + 0,5 G_0 r_2 + G_C r_1 + 0,5 G_T r_4. \quad (6.1)$$

Тоді приводячи отриманий момент  $M_{O_1}$  до шарніру  $O_2$ , отримаємо розрахункове рівняння у відповідності до схеми (рис. 6.2).

$$M_{O_2} - G_{PP} r_6 = 0$$

$$(N_X r_3 + 0,5 G_0 r_2 + G_C r_1 + 0,5 G_T r_4) \frac{r_{10}}{r_9} + 0,5 G_T r_5 - G_M r_4 - G_P r_8 = G_{PP} r_6 \quad (6.2)$$

Оскільки відстань точок прикладення сил від осі кочення стріли в процесі зміни вильоту змінюється, будують графік зміни стрілового моменту  $M_C$  в залежності від вильоту для 6–8 положень укосин. Для цих положень укосини будують графік зміни моменту протизваги. Точка  $a$  (рис. 6.3) відповідає повному зрівноваженню моментів, відповідно до цієї точки приймаємо вагу протизваги. Різниця моментів стріли та протизваги визначає величину неврівноваженої частини моменту, який прийде долати механізму зміни вильоту. При рейковому та секторному приводах доцільно при крайніх положеннях укосини залишати неврівноважений момент, який буде намагатися перемістити стрілу в середнє положення. При корбово-шатунному приводі слід так підбирати протизвагу, щоб добитися максимально повної рівноваги укосин, так як спів падіння крайніх положень укосини з мертвими точками корбово-шатунного механізму впливає на надійну роботу стрілового пристрою. Для повного зрівноваження крана необхідно значно підвищити плече важеля, тобто збільшити задній габарит крана. Тому в таких випадках, крім рухомої протизваги, яка зрівноважує масу укосини, встановлюють ще нерухому протизвагу.

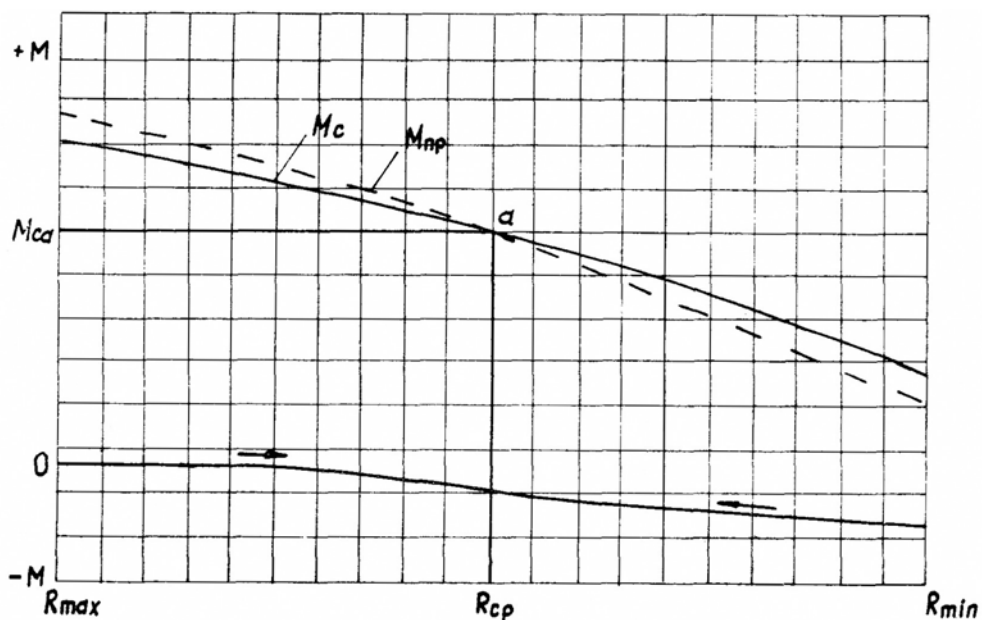


Рис. 6.3 – Графік зміни моменту протизваги

б) Визначення навантажень, які діють на механізм зміни вильоту стріли. При зміні вильоту стріли механізм повинний долати:

1) неврівноважений момент, який утворюється масами укосин;  
2) вітрове навантаження, що діє на укосину та вантаж;  
3) навантаження, що викликані вагою корисного вантажу (враховуються в системах, де горизонтальне переміщення вантажу при зміні вильоту не забезпечене);

4) навантаження, які викликані відхиленням вантажних канатів від вертикалі, та виникли в результаті дії сил інерції мас вантажу та вітрових навантажень;

5) навантаження, які викликані силами інерції, що виникають в результаті нерівномірного переміщення вантажу при зміні вильоту стріли та встановленому русі привода механізму; а також навантаження, що виникають при розгоні (гальмуванні) мас укосини, що гойдаються;

б) опір тертя в шарнірах укосини (враховується к.к.д. системи).

Зручніше розподіляти зусилля, викликані різноманітними навантаженнями у з'єднувальній ланці (корбово-шатунному механізмі, рейці і т. ін.), а потім ці навантаження приводити до валу електродвигуна.

На розрахунковій схемі показано корбово-шатунний привод (рис. 6.4), де система рухомих мас укосини врівноважена рухомими противагами, а в з'єднувальній ланці виникають зусилля, які відповідають тільки неврівноваженому моменту.

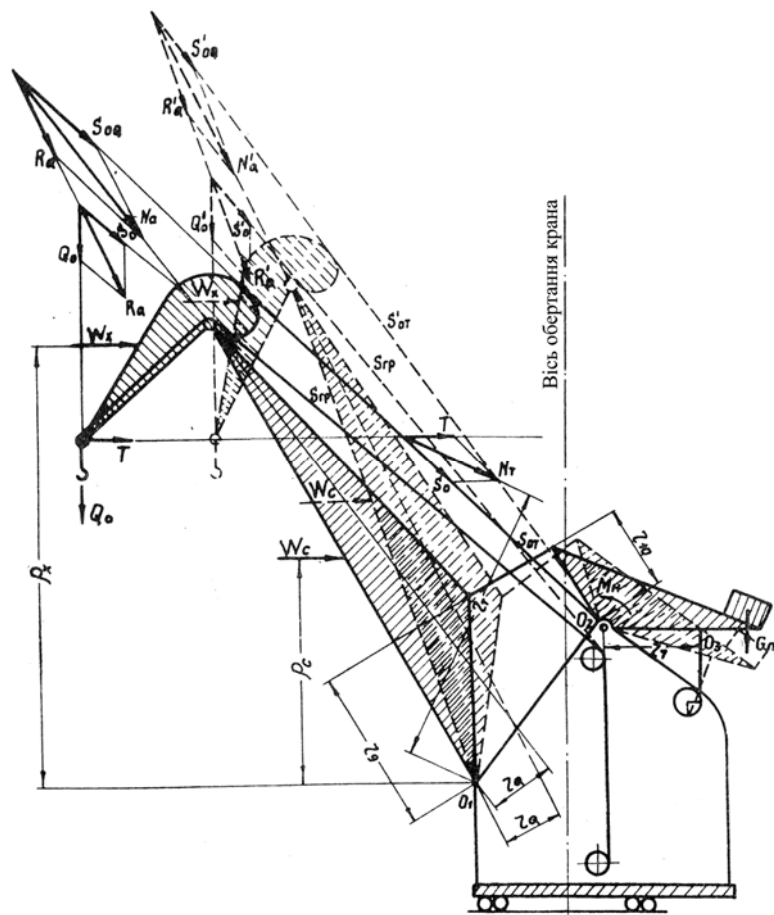


Рис. 6.4. Схема до визначення навантажень, яка діє на механізм зміни вильоту

Зусилля від вітрових навантажень:

$$P_B = \frac{W_X \rho_1 + W_C \rho_2 r_{10}}{r_7 r_9}, \quad (6.4)$$

де  $W_X$ ;  $W_C$  – вітрове навантаження на хобот та стрілу. (При комбінації нормальних навантажень робочого стану тиск вітру приймається до 25 кг/м<sup>2</sup>, тобто ГОСТ 1451-91).

При сполученні максимальних навантажень неробочого стану тиск вітру приймається  $q = 700$  Па;

$\rho_1$  – відстань центру вітрового тиску на хобот від вісі повороту;

$\rho_2$  – відстань центру вітрового тиску на стрілу від вісі повороту;

Зусилля у з'єднувальній ланці, що викликане вагою корисного вантажу  $Q$  та зусиллям у вантажному канаті з урахуванням реакції у відтяжці,

$$P_Q = \frac{N_Q r_Q r_{10}}{r_7 r_9} \quad (6.5)$$

де  $N_Q$  – рівнодіюча сила від зусилля в вантажному канаті та зусилля в відтяжці, викликані вагою вантажу;

$r_Q$  – плече дії сили  $N_Q$  відносно шарніра  $O_I$ .

Рівнодіюча сила  $N_Q$  визначається графічно (рис. 6.4) наступним чином: знаходимо результуючу силу від вантажу та вантажних канатів, проводячи напрями дії вантажу та вантажного канату до їх перетину (точки перетину відкладаємо в масштабі значення сили ваги та зусилля в вантажному канаті, отримаємо результуючу  $R_Q$ ). Продовжуючи напрям дії результуючої сили  $R_Q$  до перетину з напрямом дії відтяжних канатів, з точки перетину відкладаємо значення  $R_Q$  та  $S_{OT}$ . Отримаємо рівнодіючу силу  $N_Q$ , напрям якої пройде через шарнір обертання хоботу, плече (перпендикуляр) до шарніру  $O_I$  буде  $z_Q$ . Якщо напрям пройде через шарнір  $O_I$ , то сила  $P_Q$  буде рівною 0.

Для кранів з профільованим хоботом при розрахунку механізму зміни вильоту приймають  $r_Q = 0$ , якщо горизонтальне переміщення вантажу при зміні вильоту забезпечено.

В кранах з жорсткою відтяжкою стріли зусилля  $P_Q$  повинно враховуватись.

Зусилля в з'єднувальній ланці, викликане горизонтальною складовою вантажу  $T$ , яка виникає в результаті відхилення вантажних канатів від вертикального напрямку при дії інерційних та вітрових навантажень.

$$P_T = \frac{N_T r_T r_{10}}{r_7 r_9}, \quad (6.6)$$

де  $N_T$  – результуюча від сил  $T$  та  $S_{OT}$ ;

$S_{OT}$  – зусилля в відтяжці;

$N_T$  – визначається графічно (рис. 6.4) наступним чином: горизонтальний напрям і значення сили  $T$  переносимо на напрям відтяжних канатів, а з точки перетину визначаємо  $N_T$  як рівнодіючу від  $T$  та  $S_{OT}$ .

Величина сили  $T$

$$T = Q_0 \operatorname{tg} \alpha, \text{ Н}, \quad (6.7)$$

де  $Q_0$  – вага вантажу з підвіскою;

$\alpha$  – кут відхилення вантажних канатів від вертикалі, викликаний вітровими та інерційними навантаженнями,

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5, \text{ Н}, \quad (6.8)$$

де  $T_1$  – дотична сила інерції, що виникає при повороті крана,

$$T_1 = \frac{Q_0}{g} \varepsilon R, \text{ Н}, \quad (6.9)$$

де  $R$  – радіус від осі повороту крана (по горизонталі) до вантажу;

$\varepsilon$  – кутове прискорення (уповільнення) при пуску (гальмуванні) механізму повороту;

$T_2$  – відцентрова сила інерції, яка виникає при повороті;

$\omega$  – кутова швидкість

$$T_2 = \frac{Q_0}{g} \omega^2 R, \text{ Н}. \quad (6.10)$$

$T_3$  – сила інерції, яка виникає внаслідок нерівномірного переміщення вантажу при зміні вильоту

$$T_3 = \frac{Q_0}{g} \omega, \text{ Н} \quad (6.11)$$

Лінійне прискорення буде мати місце і при усталеному русі, однак воно порівняно невелике та його не враховують.

$T_4$  – вітрове навантаження на вантаж визначається по ГОСТ 1451-91.

$T_5$  – сила інерції, яка виникає при пересуванні крана,

$$T_5 = \frac{G_{KP}}{g} a, \quad (6.12)$$

де  $G_{KP}$  – повна вага крана;

$a$  – прискорення (уповільнення) при розгоні (гальмуванні крана).

У всіх випадках враховується, що вантаж підвішений на гнучкому канаті та при суміщенні робочих рухів (відтягування, поворот, пересування) буде розгойдуватись.

Так як при суміщенні різних рухів вантаж буде розгойдуватись, всі горизонтальні сили, які діють на нього, можуть співпадати і за напрямом і за часом дії. Тому при визначенні сили враховують алгебраїчну суму сил, що діють на вантаж.

Знаючи  $T_1$  та  $Q_{01}$ , можна визначити кути відхилення:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2; \quad \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{T_1}{Q_0}; \quad \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{Q_0} \quad (6.13)$$

Для попередніх розрахунків приймаємо:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = 0,05V_1; \quad \alpha_1 = (0,3 \div 0,5)\alpha_2, \quad (6.14)$$

де  $V_1$  – колова швидкість кінця хоботу стріли при обертанні крана, м/с.

Визначаємо зусилля в з'єднувальній ланці, що викликане силами інерції.

Зусилля, що виникає при пуску та гальмуванні мас укосини, які гойдаються, визначаються з умови, що момент, викликаний силами відносно вісі  $O_2$  при зміні вильоту виконає роботу, рівну зміні кінетичної енергії мас укосин, які гойдаються,

$$M \frac{\omega_p}{2} t = E_2 - E_1 = E, \quad (6.15)$$

де  $\omega_p$  – кутова швидкість повороту важеля відносно його вісі;

$t$  – час пуску (гальмування);

$E = \frac{1}{2} \sum I_1 \omega_1^2$  – значення кінетичної енергії мас укосини, що

гойдаються, в кінці розгону чи перед гальмуванням (у загальному випадку)

$E_1 = 0$ .

$$E = \frac{\sum mV^2}{2} = \frac{\sum Q_0 \omega_2^2 l_2^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left( Q_x \omega_{OT}^2 l_{CTP}^2 + \frac{1}{3} Q_{CT} \omega_{CT}^2 l_{CT}^2 + Q_{PP} \omega_p^2 l_p^2 \right), \quad (6.16)$$

де  $Q_x, Q_{CT}, Q_{PP}$ , – вага хоботу, стріли та противаги;

$l_{CTP}$  – довжина стріли;

$\omega_{CTP}, \omega_p$  – кутова швидкість стріли та відповідно важеля противаги;

$l_P$  – довжина важеля.

Припускаємо, що вага хоботу прикладена до блоку стріли (так же, як і  $W_X$ ), а вага стріли взята розподіленою рівномірно по всій довжині стріли.

Можна прийняти, що  $\omega_{СТР} = \omega_{ДОП}$ . Тоді момент сил інерції з (6.15) рівний:

$$M = \frac{2E}{\omega t} = \frac{60E}{\pi \omega t}; \quad (6.17)$$

Кінетична енергія (4.16) приймає вигляд:

$$E = \frac{\omega}{gt} \left[ \left( Q_X + \frac{1}{3} Q_{СТР} \right) l_{СТР}^2 + Q_{ПР} l_P^2 \right]. \quad (6.18)$$

Отже, сила інерції, яка діє на з'єднувальну ланку (шатун) буде виражена так

$$P_u = \frac{M}{r_7} \quad (6.19)$$

Сили інерції, які виникають в результаті нерівномірного переміщення мас вантажу при усталеному русі механізму, які не приймають 1–1,5 % діючих сил, можна не враховувати.

Аналогічним чином визначаються всі сили для інших 6–8 положень укосини. Опір тертя укосини враховується введенням к.к.д.

Визначаємо потужність механізму зміни вильоту стріли. Момент двигуна визначається при першому сполученні навантажень (нормальні навантаження робочого стану)  $P_1$

$$M_{ДВ} = \frac{P_1 r_0}{i \eta}, \quad (6.20)$$

де  $r_0$  – радіус корби;

$i$  – передатне відношення.

На основі (4.3)  $P_1$  виразиться:

$$P_1 = P_H + P_Q + P_t + P_{B(15)} \quad (6.21)$$

Потужність двигуна визначається через еквівалентний момент та потрібне число обертів двигуна

$$N = \frac{Mn_{дв}}{975\eta}. \quad (6.22)$$

Обраний двигун треба перевірити на можливість розгону при другому сполученні навантажень (максимальні навантаження робочого стану). Формула (6.21) для  $P_2$  приймає вигляд:

$$P_2 = P_H + P_Q + P_T + P_{B(15)} + p_u. \quad (6.23)$$

Якщо пусковий момент більш статичного, то розгін можливий. Треба перевірити електродвигун на час пуску (час залежить від надмірного моменту, тобто на скільки більше пусковий момент статичного)

$$M_D = M + M^B, \quad (6.24)$$

де  $M_D = M_{пс} - M_{ст}$  – надмірний динамічний момент двигуна;

$M_{пс} = \psi 975 \frac{N}{n}$  – середній пусковий момент при середньому

перевантаженні двигуна  $\psi_{ср}$ , потужності  $N$  та числі обертів  $n_{дв}$ .

$M_{ст}$  – статичний момент валу двигуна;

$M^B$  – інерційний момент валу двигуна від частин, що обертаються;

$M$  – інерційний момент мас укосини, що гойдаються, по формулі (6.17).

Підставивши необхідні значення моментів в (6.24), час розгону отримаємо:

$$t = \frac{60E_0}{\pi n_{дв} M_D r} + \frac{\delta(G_Q D_Q^2 + G_M D_M^2) n_{дв}}{375 M_D}, \text{ с}, \quad (6.25)$$

де  $G_Q D_Q^2$  – маховий момент ротору електродвигуна;

$G_M D_M^2$  – маховий момент муфти 1-го валу;

$\delta = 1,2$  – коефіцієнт, який враховує величину маси привода (редуктора) на тихохідних валах.

Оптимальний час розгону електродвигуна 3–10 сек.

Необхідно мати на увазі, що максимальний пусковий момент двигуна обмежений електрозахистом  $M_{пвск\max} \approx 2,2M_H \approx 2M_{ст}$ . Тому середнє перевантаження двигуна  $\psi_{ср} = 1,6–1,8$ .

## 6.5. Визначення розрахункового гальмівного моменту для механізму зміни вильоту

Гальма вибираються з умови отримання надійного гальмування механізму при будь-якому сполученні навантажень. Розрахунковими навантаженнями є навантаження другого сполучення (максимальні навантаження робочого стану) або третьої комбінації (максимальні навантаження неробочого стану).

Потрібний гальмівний момент

$$M_T = \frac{P_2 r_0 \eta}{r_0}. \quad (6.26)$$

Розрахунковий гальмівний момент

$$M_p = k M_T, \quad (6.27)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу гальмування приймається в залежності від режиму роботи по нормам Держгірпромнагляду.

При виборі гальма слід мати на увазі, що для порталних кранів вітрове навантаження часто складає 80-90 % від всіх навантажень. Тому третє сполучення навантажень при тиску вітру  $q = 70 \text{ кг/м}^2$  може опинитися найбільшим, тоді гальмівний момент прийдеться вибирати по  $P_3$ , який входить до формули (6.23).

Вибране гальмо перевіряється на час зростання гальмівного моменту. Дійсний запас гальмування повинний бути близьким (але не менш) до розрахункового.

Необхідно мати на увазі, що при збільшенні запасу гальмування, тобто збільшення дійсного гальмівного моменту, зміниться швидкість руху (уповільнення), що негативно впливає на роботу механізмів, а великий час зростання гальмівного моменту знижує продуктивність крана, так як значно збільшуються гальмівний шлях та час циклу. Якщо час гальмування менш 1,5 сек., то приймається двохступеневе гальмування. Нормально  $t_T = 5-8 \text{ сек.}$

Звичайно при роботі гальм крана треба підрахувати декілька комбінацій навантажень, які забезпечують надійну роботу гальм при різних умовах експлуатації.

## **Тема 7. БАШТОВІ КРАНИ**

### **7.1 Загальні відомості**

Баштові крани призначені для механізації будівельно-монтажних робіт при зведенні багатоповерхових будинків і споруджень, будівництва великих судів та ін. Розрізняють будівельні й суднобудівні баштові крани.

Будівельні баштові крани (рис. 7.1) є однією з різновидів стрілових поворотних кранів, що відрізняється від останніх наявністю в металоконструкції вертикально розташованої башти. Башта будівельного крана опирається на основу, що представляє собою раму або портал, обладнані ходовими візками або встановлені на фундаменті. Залежно від з'єднання башти (жорстке або через опорно-поворотний пристрій) з основою вона може бути поворотною або неповотною. До башти у верхній її частині прикріплена стріла, яка може бути виконана поворотною, якщо башта неповотна. Стрілу врівноважують противагою, установленою на спеціальній консолі. В якості противаги можна використовувати механізми, розташовані на консолі. Якщо противага відсутня, то зменшення моменту, що навантажує башту у вертикальній площині, здійснюється поліспастом стрілопідйомної лебідки. На башті крана на деякій висоті від землі кріпиться кабіна машиніста. Для зниження центру ваги й підвищення стійкості крана на його основу вкладають баласт із бетонних блоків. Основними механізмами будівельного баштового крана є механізм підйому, механізм зміни вильоту, а в пересувних кранах ще й механізм пересування. Зміна вильоту баштового крана досягається зміною кута нахилу стріли за допомогою стрілопідйомної лебідки або при пересуванні вантажного візка по стрілі.

Основними типами будівельних баштових кранів є крани з баштою постійної висоти, з телескопічною баштою й з баштою, нарощуваною в міру зведення будинку. До останніх відносяться так звані приставні крани, які, у міру нарощування, періодично зв'язуються зі споруджуваним будинком так званими «закладними елементами». При будівництві висотних будинків застосовують «самопідймальні» крани, які піднімаються з поверху на поверх по конструкції будинку.

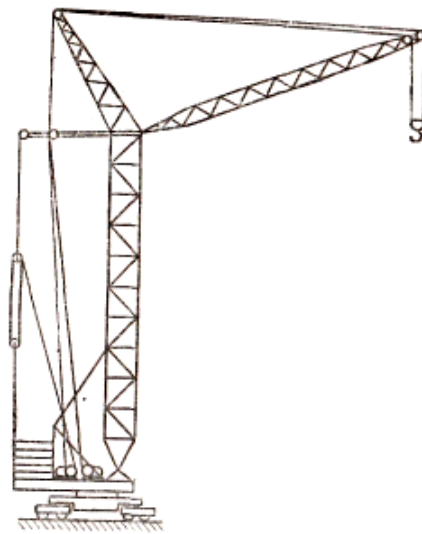


Рис. 7.1. Баштовий кран

Будівельні баштові крани мають вантажопідйомність 0,5-75 т, виліт 10-40 м, висоту підйому 11-70 м. Баштові крани, аналогічно порталним монтажним, мають змінну по вильоту вантажопідйомність, відповідну до певного значення вантажного моменту. Вантажні моменти стандартних баштових кранів становлять 400-1420 кН·м, швидкість підйому 7-12 м/хв, час зміни вильоту 7,5 хв, швидкість пересування 8-12,5 м/хв, частота обертання 0,16-0,246 об/хв. Відомі також крани з нестандартними параметрами (збільшеним вантажним моментом, великою висотою підйому та ін.).

Суднобудівні баштові крани забезпечують складання корпусів на стапелях суднобудівних заводів (стапельні крани) і добудування їх після спуска на воду (добудівні крани). Стапельні крани мають вантажопідйомність 2,5-20 т, вильоти 15-30 м, висоту підйому 15-35 м,

швидкість підйому 12,5-45 м/хв, швидкість пересування 15-20 м/хв, частоту обертання 1,3 про/хв. Добудівні крани бувають пересувні й стаціонарні. Вантажопідйомність пересувних добудівних кранів 5-75 т, виліт 18-30 м, висота підйому до 40 м. Вантажопідйомність стаціонарних добудівних кранів 150-450 т, виліт 40-50 м, висота підйому 40-94 м, швидкість підйому 1,6-4 м/хв, швидкість пересування візка 10-12 м/хв, частота обертання 0,12 об/хв.

## 7.2. Конструктивні особливості основних вузлів баштових кранів

**Опорні конструкції.** Будівельні баштові крани мають опорні конструкції у вигляді плоскої рами або порталу. Плоскі опорні рами в легких кранів складаються із двох ходових балок, між якими змонтовані колеса, і двох основних балок, що передають на них навантаження. Ходові балки можуть бути розташовані як уздовж рейок, так і перпендикулярно їм. На рис. 7.2 показана рама важкого крана, обладнаного чотирма ходовими візками 1. Рама постачена радіально розташованими кронштейнами 2 (флюгерами), які під час перевезення можуть бути попарно повернені друг до друга. Ширина крана в транспортному положенні при цьому зменшується.

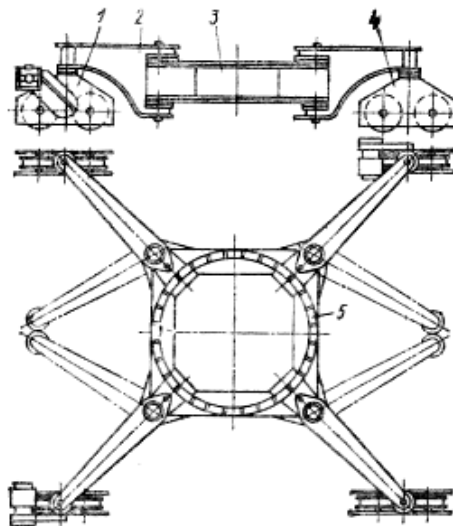


Рис. 7.2. Опорна рама важкого крана:

- 1 – неприводний ходовий візок; 2 – кронштейн; 3 – опорна конструкція;
- 4 – приводний візок; 5 – місце встановлення поворотного кола

Опорні конструкції у вигляді порталу має сенс проектувати при ширині підкранових колій не менш 4 м. Застосування порталу доцільно, якщо неповоротна башта крана нарощується знизу (див. рис. 7.3, в). Портали будівельних баштових кранів мають рамну або просторову ґратчасту конструкцію. Однак маса кранів з порталами більше маси кранів із плоскою опорною рамою. Висоту порталу прагнуть вибирати як можна меншою. Навантаження на портал або на раму від ваги поворотної башти вигідніше передавати через опорно-поворотне коло. У деяких баштових кранах башти опираються на портал, виконаний по типу порталів порталних кранів на колоні. Портали будівельних баштових кранів мають чотири, рідше три опори.

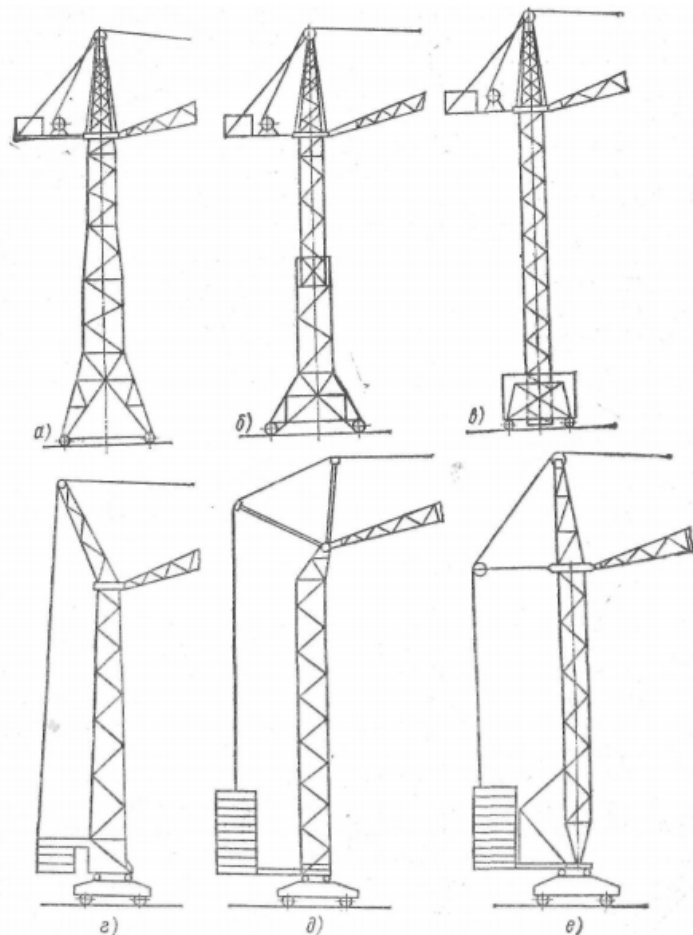


Рис. 7.3. Конструкції баштових будівельних кранів:

а – башта змінного перетину; б – телескопічна; в – збільшувана знизу; г – з відігнутим назад оголовком; д – зі зміщеним відносно осі башти шарніром стріли; е – шарнірно-оперта на платформу, з задньою розпіркою

**Башти.** Конструкції башт можуть бути різні (рис. 7.3, а-е). У будівельно-монтажних кранах часто застосовують башти ґратчастої конструкції. Перетини веж можуть бути квадратними, трикутними або прямокутними. Башти виготовляють цільними або з окремих секцій. Башти, що полягають із секцій, можна нарощувати в процесі експлуатації знизу або зверху. Останній спосіб отримав більш широке поширення після появи так званих приставних кранів. Відомі також крани із трубчастою баштою круглого перетину. Трубчасті башти виготовляють із готових труб або вальцюванням з листової сталі. Окремі секції рознімних трубчастих башт з'єднують за допомогою фланців. Для підйому до поворотної частини башти й у кабіну крановика великих кранів із трубчастою колоною усередині останньої роблять сходи. У відповідних місцях такої трубчастої башти виконані прорізи для входу й виходу. Конструкції прорізів підсилюють накладками для забезпечення рівномірності вежі по всій довжині. Трубчасті башти мають більшу масу, ніж ґратчасті, однак технологія їх виготовлення простіше, особливо при застосуванні готових труб.

На башти кранів діють навантаження від стиску та вигину одночасно або тільки від стиску. Останнє можливо в крані з поворотною баштою та вертикальним відтягненням, спрямованим завжди паралельно башті (див. рис. 7.3, е).

Висоту баштового крана вибирають відповідно до проекту спорудження, що будується. Тому в початковий період будівництва вона виявляється надлишковою, що негативно позначається на темпах будівництва. Якщо кабіна кранівника розташована занадто високо, йому важко спостерігати за місцем провадження робіт. Крім того, при великій довжині підвісу збільшується розгойдування вантажу й коливання його загасають повільно. Щоб за час будівництва кранівникові завжди був добре видний робочий майданчик, а довжина канатів ніколи не була зайвою, башту крана періодично нарощують (знизу або зверху) або роблять телескопічною (висувною). При нарощуванні башти знизу нову секцію башти встановлюють під порталом

крана (штрихові лінії на рис. 7.4, а) і приєднують до башти. Потім стягуванням поліспаств, блоки яких закріплені у верхній частині порталу й у нижній частині нової секції, піднімають башту на висоту однієї секції.

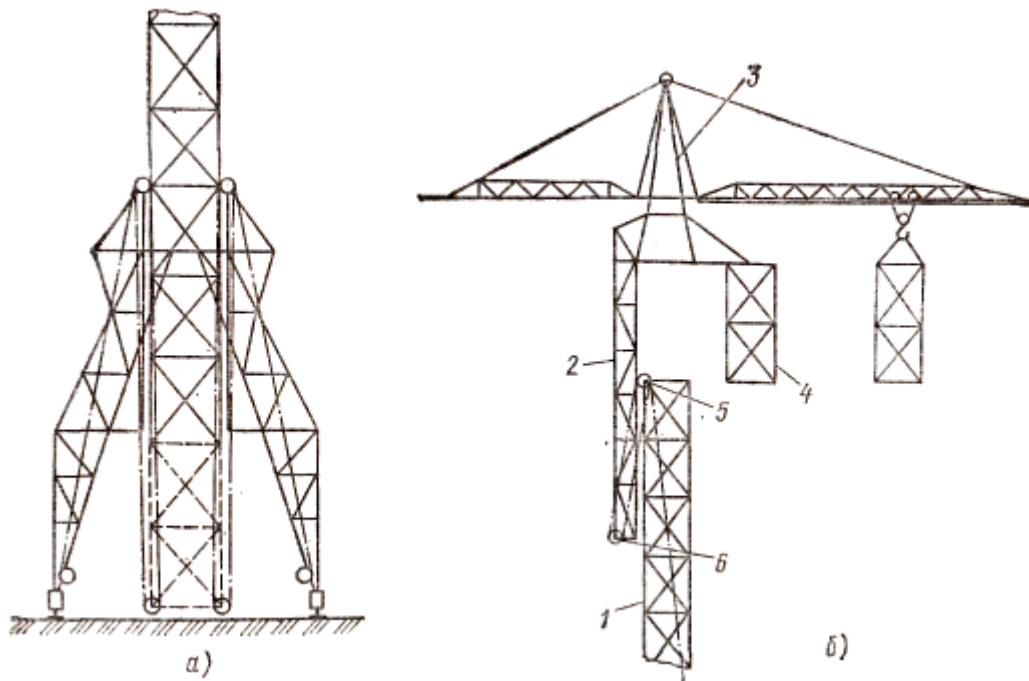


Рис. 7.4. Схема нарощування башти: а) – знизу; б) – згори

Нарощування башти зверху використовують у так званих «приставних» кранах (рис. 7.4, б). Башту такого крана встановлюють на фундаменті безпосередньо біля стіни споруджуваного будинку й нарощують у міру його зведення. При цьому кожен секцію башти з'єднують зі стіною будинку за допомогою закладних деталей (після закінчення будівництва вони залишаються в стіні будинку). Верхня частина крана зі стрілою, її противагою та «дзвоном» 3 з'єднана з фермою 2, яка може переміщатися по башті 1. За допомогою поліспастного механізму, блоки якого закріплені на верхній частині башти 5 і на нижній частині ферми 6, піднімають верхню частину крана й звільняють місце для встановлення нової секції 4 башти.

Крани з телескопічною баштою (див. рис. 7.3, б) застосовують при монтажі в стиснутих умовах. Верхня, висувна частина телескопічної башти має трохи менші розміри, ніж нижня. Висування верхньої частини здійснюється спеціальною лебідкою або лебідкою одного з механізмів крана

(вантажопідійомною або стріловою). При цьому використовують поліспасти механізми, встановлені між нижнім кінцем висувний і верхнім кінцем нерухливої частин вежі. Висувні телескопічні вежі звичайно нарощують знизу.

Найбільша висота підйому пересувних будівельних баштових кранів не перевищує 100 м, а «приставних» баштових кранів – досягає 300 м. При будівництві споруджень висотою більш 300 м застосовують самопідіймальні крани, встановлюючи їх на споруджуваному будинку. Спираючись на конструкцію будинку, крани піднімаються при його зведенні. Відносно невисока (20-25 м) башта крана (рис. 7.5) нерухомо укріплена на плоскій підставі 8, що спирається на конструкцію будинку. Обертається тільки стріла 4, шарнірно з'єднана з «дзвоном» 3. Стріла має противагу 2, на консолі якої встановлені лебідки: вантажна 1, пересування візка й стрілова. По башті може переміщатися обойма 6, що опирається, як і основа крана, на конструкцію будинку. На рис. 7.5, а зображена схема крана, встановленого на одному з нижніх поверхів. При цьому його обойма перебуває у верхньому положенні. Для підйому крана в нове положення спочатку вантажною піднімальною лебідкою піднімають опорну обойму 6 (у проміжному положенні вона показана штриховою лінією). Щоб обойма 6 проходила між елементами конструкції будинку, наявні на ній упори забирають. На новому рівні упори відкидають, і обойма спирається ними на конструкцію будинку. Потім спеціальною лебідкою 9, встановленою на основі башти, за допомогою поліспасти 7 з великою кратністю піднімають кран. Рама основи крана й опорна рама має відкидні упори. На рис. 7.5, б зображене нове положення крана. Після закінчення монтажу наступних двох-трьох поверхів обойма повинна бути знову піднята. При одній установці крана може бути змонтовано три поверхи будинку.

**Стріли.** В залежності від конструкції баштового крана вантаж викликає в стрілі тільки напруги стиску або напруги стиску й вигину. Перший випадок має місце, якщо канат стрілового поліспасти йде до кінця

стріли (рис. 7.6, а). Другий випадок відповідає горизонтально розташованій стрілі з вантажним візком (рис. 7.6, б, в; багатопідвісна стріла). Стріли, у яких виникають напруги стиску, більш раціонально виготовляти із круглої труби. Стріли, що працюють на стиск із вигином, доцільніше виконувати коробчастими або еліптичного перетину (наприклад, зі сплющеної труби). Менш технологічні, але й менш металоємні ґратчасті стріли прямокутного або трикутного перетину. Окремі частини рознімної стріли з'єднують за допомогою фланців.

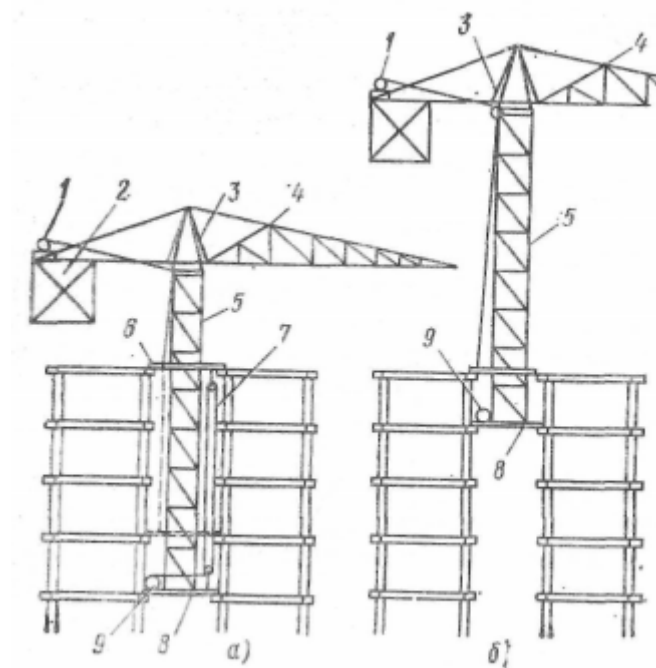


Рис. 7.5. Схема самопідіймального будівельного крана:

а – положення крана перед початком підйому; б – положення крана наприкінці підйому; 1 – вантажна лебідка; 2 – противага; 3 – «дзвін»; 4 – стріла; 5 – башта; 6 – обойма; 7 – поліспасти підйому крана; 8 – опорна основа; 9 – лебідка підйому крана

**Механізми підйому.** Механізми підйому будівельних баштових кранів є, як правило, однобарабанными лебідками й принципово аналогічні механізмам підйому інших кранів. Вал барабана часто з'єднують безпосередньо з валом редуктора. В якості механізмів підйому іноді застосовують лебідки із двигунами, вбудованими в барабан. Фланцевий

двигун у більшості випадків установлюють безпосередньо па корпусі редуктора. Регулювання швидкості підйому здійснюють уведенням опору в ланцюг ротора. У механізмах підйому застосовують двошвидкісні двигуни, вихрові генератори й комбіновані схеми з диференціалом або двома двигунами. Механізм підйому в кранів з поворотною баштою розміщують у основи башти, а в кранів з поворотною стрілою - на консолі противаги стріли.

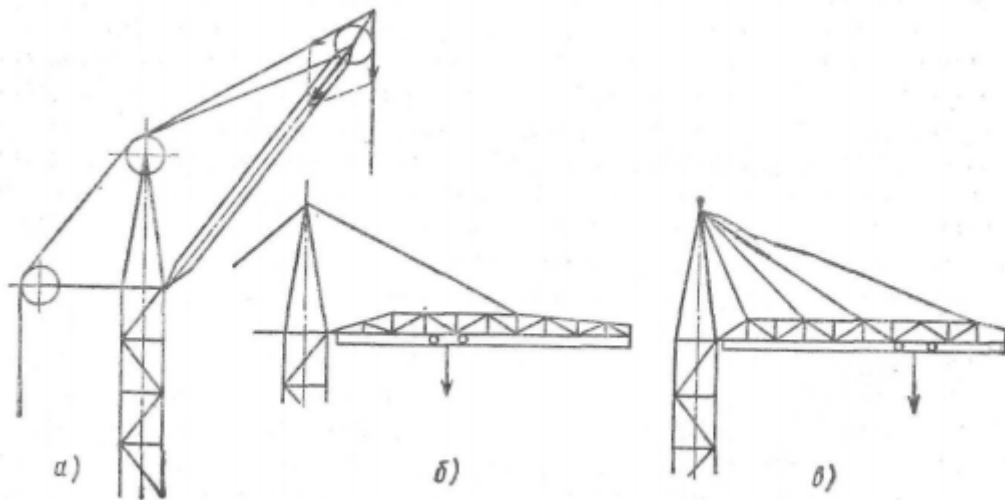


Рис. 7.6. Схеми стріл будівельних кранів:

- а) стріла, що працює на стиск; б) стріла, що зазнає напруження стиску та згину;
- в) багато підвісна стріла

**Механізм зміни вильоту.** Механізми зміни вильоту будівельних баштових кранів бувають двох типів. У механізмах першого типу зміна вильоту здійснюється за рахунок підйому або опускання стріли, у механізмах другого типу - за рахунок переміщення вантажного візка по горизонтальній або похилій стрілі. Кут нахилу стріли змінюють за допомогою стрілової лебідки, конструкція якої аналогічна конструкції вантажної лебідки. Тому що стріла тривалий час повинна перебувати в одному положенні, а нерухомість її забезпечується тільки гальмом, то для більшої гарантії безпеки в конструкції стрілової лебідки передбачають храповий механізм або черв'ячний редуктор (останнє доцільніше). Якщо в будівельних баштових

кранах виліт стріли необхідно змінювати в кожному циклі, слід прийняти заходи, що забезпечують приблизно горизонтальне переміщення вантажу при зміні вильоту, як у порталних кранах.

Застосування в будівельних баштових кранах шарнірно-зчленованих стріл нерационально, тому що при цьому збільшується маса верхньої частини металоконструкції, тобто зменшується стійкість крана. Стріли в баштових кранах звичайно застосовують у трьох варіантах: зі зрівняльним поліспастром вантажного каната, зі зрівняльним поліспастром стрілового каната й із з'єднаними поліспадами підйому стріли й вантажу. В останньому випадку барабан лебідки механізму зміни вильоту складається зі стрілового 3 (рис. 7.7) і зрівняльного 2 барабанів, жорстко з'єднаних між собою. На стріловому барабані закріплений стріловий канат 5, на зрівняльному - одна з ниток вантажного каната 6. Інша нитка вантажного каната йде на барабан 1 піднімальної лебідки. Канати 5 і 6 підходять до барабанів 2 і 3 з різних сторін (див. рис. 7.7). При підйомі стріли 7 стрілової барабан 3 обертається у бік намотування стрілового каната; одночасно зі зрівняльного барабана 2 змотується вантажний канат і вантаж опускається відносно стріли. У результаті при відповідному виборі параметрів схеми стрілового обладнання гак рухається по траєкторії, близької до горизонталі. Найбільше наближення траєкторії гака до горизонталі виходить при намотуванні вантажного каната на кінцевий зрівняльний барабан (при певному співвідношенні його початкового й кінцевого діаметрів).

При горизонтальних стрілах вантажний візок (каретка) переміщується по нижньому поясу стріли або по підвісному двотаврові. Рух каретці передається від лебідки канатом за схемою, зображеною на рис. 7.8, а. Коли один кінець каната намотується на барабан, інший змотується з нього. Лебідка може бути розташована в основі стріли або на консолі противаги стріли. Щоб тяговий канат не слабшав, обводний блок монтують на важелі, до іншого кінця якого приєднаний нерухомим кінець вантажного каната.

У деяких кранах, виліт яких змінюється описаним вище способом,

стріла може підніматися для збільшення висоти підйому. Тоді вантажний візок автоматично закріплюють на кінці стріли за допомогою обладнання, зображеного на рис. 7.8, б. При переміщенні візка канатом до кінця стріли собачка захоплює ходові колеса візка, і остання автоматично закріплюється. Для звільнення візка необхідно трохи опустити стрілу, послабляючи канат стрілової лебідки. При цьому натягається трос, прикріплений одним кінцем до голівки башти, а іншим до важеля собачки. Тоді собачка піднімається й звільняє візок.

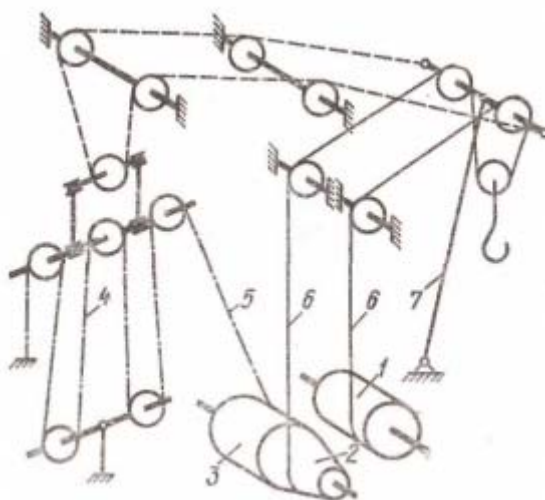


Рис. 7.7 Схема запасовки канатів, що забезпечує незмінну висоту вантажу при зміні вильоту:

1 – барабан вантажної лебідки; 2 – конічна частина барабана стрілової лебідки; 3 – циліндрична частина барабана стрілової лебідки; 4 – стріловий поліспаст;

5 – канат стрілової лебідки; 6 – вантажний канат; 7 - стріла

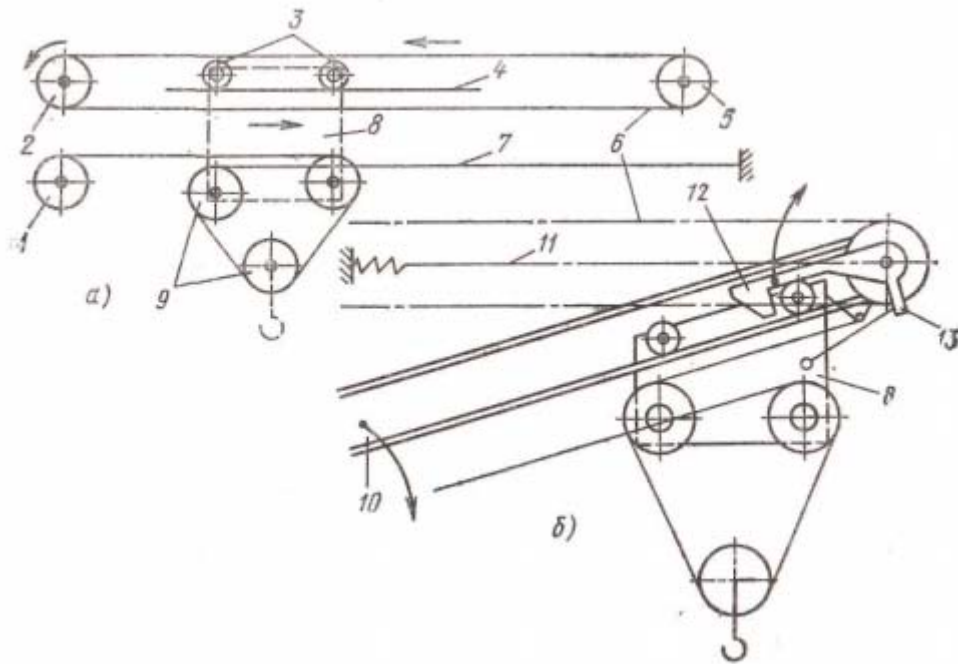


Рис. 7.8. Схеми переміщення каретки по горизонтальній стрілі (а) і кріплення каретки до стріли (б):

1 – барабан механізму підйому; 2 – барабан механізму зміни вильоту; 3 – ходові колеса каретки; 4 – рейка; 5 – блок; 6 – канат механізму зміни вильоту; 7 – вантажний канат; 8 – каретка; 9 – блоки; 10 – стріла; 11 – трос управління собачкою; 12 – важіль собачки

**Механізми повороту й опорно-поворотні пристрої.** У будівельних кранах з поворотною баштою опорно-поворотні пристрої (рис. 7.9) принципово не відрізняються від відповідних пристроїв порталних кранів.

На рис. 7.9, а зображені нерухома башта та стріла, що повертається, прикріплена до так званого «дзвона». Дзвін у точці А (там є також радіальна вальниця) опирається на підп'ятник; у нижній частині «дзвона» є ролики, що обкатуються по круговій рейці, з'єднаній з баштою. Горизонтальні реакції  $R$  діють на вальницю у точці А і на кругову рейку в точці В. На рис. 7.9, б зображена обертова башта. У точці А вона опирається на нерухому колону, де є підп'ятник і вальниця, а в нижній частині ролики переміщуються по круговій рейці, пов'язаній з опорою крана. Конструкції, наведені на рис. 7.9, в, г, принципово не відрізняються одна від іншої. У цих конструкціях башта

по суті є поворотною колоною. У нижній точці вона має під'ятник і вальницю, що сприймають вертикальну та горизонтальну реакції. На рівні оголовка порталу є роликовий або кульковий поворотний пристрій. У схемі на рис. 7.9, д башта з'єднана з опорною частиною крана кульковим або роликовим опорно-поворотним колом.

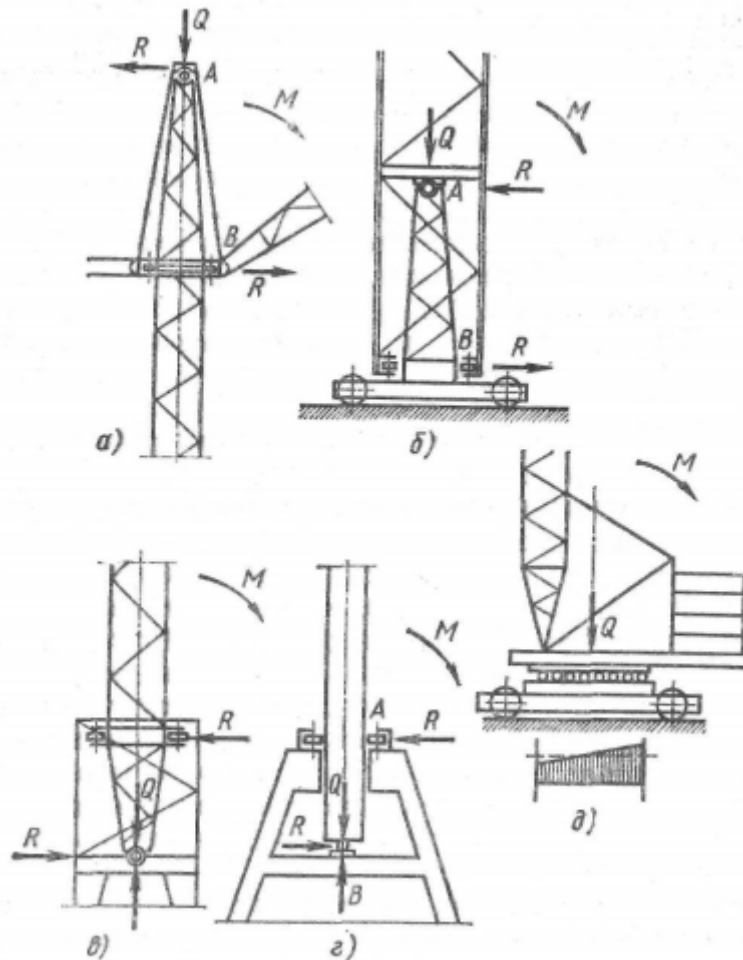


Рис. 7.9. Схеми опорно-поворотних пристроїв будівельних баштових кранів:

- а – кран з нерухомою баштою та стрілою, що обертається;
- б – кран з поворотною баштою;
- в, г – крани, в яких башта є поворотною колоною;
- д – кран з поворотною платформою

**Механізми пересування.** Зазвичай уздовж фронту будівництва (паралельно довгій стороні будинку, що споруджується) прокладають рейкову колію, по якій переміщається кран. У цей час застосовують і пневмоколісні баштові крани, що є більш мобільними. однак на будівельному

майданчику для пневмоколісного крана доводиться споруджувати дорогу із залізобетонних плит. Пневмоколісний кран може працювати тільки на виносних опорах (аутригерах). При переході такого крана з однієї стоянки на іншу доводиться опускати стрілу крана, тому що кран навіть без вантажу дуже розгойдується через піддатливість пневмошин. Внаслідок зазначених причин застосування баштових пневмоколісних кранів обмежене. Ще рідше застосовують баштові крани на гусеничному ході. У приводі механізму пересування баштового крана буває один або кілька двигунів (останнє застосовують частіше).

Діаметр ходових коліс візка 300-800 мм. Як правило, застосовують дворобордні колеса, ширина між ребордами яких на 10-20 мм більше ширини голівки рейки, що дозволяє компенсувати відхилення ширини підкранової колії від її номінального значення й усувати заклинювання при випадкових перекосах. Якщо діючі навантаження такі, що під кожною опорою крана необхідно встановлювати два колеса або більше, то останні слід поєднувати балансирами.

### **7.3. Особливості розрахунку будівельних баштових кранів**

*Загальні вимоги до розрахунків.* Розрахунки для перевірки безпеки крана в робочому та неробочому станах, а також розрахунки елементів крана на однократну дію найбільших навантажень, тобто на статичну міцність, необхідно проводити за ГОСТ 13994-81. Робочим вважають стан, у якому кран повністю змонтований і кран або його частини (з вантажем або без вантажу) можуть переміщатися за допомогою механізмів крана. Неробочим вважають стан, у якому вантаж відсутній, кран відключений від джерела енергії й установлений у положення, передбачене інструкцією для експлуатації; при монтажі й демонтажі; при навантаженні (вивантаженні) і перебазуванні крана в демонтованому вигляді (частково або повністю); при

випробуваннях крана. Вимоги до розрахунків металевих конструкцій і деталей механізмів на утомну міцність наведені в ГОСТ 13994-81.

У розрахунках, за винятком перевірки стійкості крана й стріли проти перекидання, слід урахувувати нормативні й випадкові складові навантажень. Для забезпечення стійкості й міцності крана в цілому й елементів металевих конструкцій і механізмів повинні виконуватися наступні нерівності: при порівнянні зусиль

$$kN_n \leq m_0 N_p; \quad (7.1)$$

при порівнянні моментів і напружень

$$kM_n \leq m_0 M_p; \quad (7.2)$$

$$k\sigma_n \leq m_0 R_p; \quad (7.3)$$

де  $k$  – коефіцієнт перевантаження, що враховує відхилення навантажень у несприятливу сторону (вибирають із табл. 4 ГОСТ 13994-81);  $N_n$  і  $N_p$  – відповідно дійсне значення зусилля від нормативних складових навантажень і розрахункова несна здатність по зусиллю;  $m_0$  – коефіцієнт, що враховує умови роботи,  $m_0 = m_1 m_2$ ;  $m_1$  – коефіцієнт відповідальності (вибирають із табл. 6 ГОСТ 13994-81);  $m_2$  – коефіцієнт, що враховує умови роботи елемента або частини металевої конструкції, деталі механізму; для елементів, виконаних зі швелерів, з'єднаних стінкою,  $m_2 = 0,9$ , для деталей кріплення канатів  $m_2 = 0,6$ ;  $M_n$   $M_p$  – відповідно дійсне значення моменту від нормативних складових навантажень і розрахункова несна здатність по моменту;  $\sigma_n$  – напруження (нормальне чи дотичне) від нормативних складових;  $R_p$  – розрахунковий опір, прийнятий для деталей механізмів рівним меншому із двох значень: 0,8 від межі плинності або 0,5 від межі міцності.

При розрахунках несної металевої конструкції крана на опір утоми враховують найбільше число циклів роботи з найбільшою масою вантажу, що визначається за формулою:

$$N_1 = N_p k_q,$$

де  $N_p$  – розрахункове число циклів роботи крана;  $k_q$  – розрахунковий коефіцієнт навантаження крана. При розрахунках деталей механізмів, опір утоми яких визначається циклами напружень, обумовленими обертанням деталей, що розраховуються, необхідно враховувати тільки найбільший (можливий в межах даної групи режиму роботи) час  $T$  (години) роботи механізму під нормальним навантаженням, що визначається за формулою  $T = T_p k_p$ , де  $T_p$  – загальний час роботи механізму, год;  $k_p$  – розрахунковий коефіцієнт навантаження.

## Тема 8. СТІЛОВІ САМОХІДНІ КРАНИ

На вантажно-розвантажувальних роботах, при монтажі великого промислового встаткування, а також у промисловому й цивільному будівництві широко застосовують самохідні стрілові крани (автомобільні, пневмоколісні, гусеничні й залізничні).

Самохідні стрілові крани, як і порталні або будівельні баштові, мають механізми підйому, зміни вильоту й повороту. Розглянуті крани мають наступне загальне обладнання: на шасі звичайного вантажного автомобіля або пневмоколісного крана або на гусеничній рамі або залізничній платформі встановлений опорно-поворотний пристрій з поворотною платформою крана. На останній розташовані лебідки підйому (гакова, іноді грейферна), зміни вильоту й механізм повороту. Шестірня механізму повороту перебуває в зачепленні із зубчастим вінцем, закріпленим на шасі. Кабіна кранівника може розташовуватися як на поворотній платформі, так і на неповоротній частині шасі. Якщо керування всіма механізмами здійснюється з кабіни, розташованій на поворотній платформі, керування механізмом підйому може дублюватися в кабіні водія. Щоб при підйомі вантажу розвантажити ходову частину крана (колеса автомобільних і пневмоколісних кранів, ресори) і

підвищити його стійкість, шасі самохідних стрілових кранів забезпечуються виносними опорами (аутригерами).

Автомобільні крани є найбільш маневреними й широко розповсюдженими із усіх самохідних кранів. Вантажопідйомність автомобільного крана не залежить від вантажопідйомності автомобіля, на шасі якого він змонтований, тому що при підйомі вантажу кран опирається на аутригери. Однак, чим більше потужність автомобіля, тим більше вантажопідйомність створеного на його базі крана.

Швидкість підйому стрілових самохідних кранів 5-30 м/хв, частота обертання поворотної частини 0,5-4 об/хв, швидкість пересування 20-50 км/год.

Якщо автомобільні крани не задовільняють умовам експлуатації по вантажопідйомності, застосовують стрілові крани на спеціально спроектованих і виготовлених шасі, так звані пневмоколісні крани. Вантажопідйомність пневмоколісних кранів часто становить кілька десятків тон. Пневмоколісні крани обладнують стрілами довжиною 10-25 м. Висота підйому досягає 46 м, виліт стріли 20-24 м. Привод усіх механізмів пневмоколісних кранів, як правило, індивідуальний із двигуном постійного струму. Ці крани мають генераторні установки, що приводяться від дизельних двигунів, але їх живлення також може здійснюватись і від зовнішньої мережі. В останньому випадку кран постачають мотор-генераторною установкою. По маневреності пневмоколісні крани уступають автомобільним кранам.

Якщо не потрібно високої маневреності, кран при значній вантажопідйомності, зокрема, при несприятливих ґрунтових умовах (болотистий або нерівний кам'янистий ґрунт), широко застосовуються крани на гусеничному ході. Для зменшення питомих тисків на ґрунт довжину гусеничного ходу й ширину гусеничних траків збільшують. Спочатку ці крани використовували як грейферні на вантажно-розвантажувальних роботах і рідше як монтажні. Пізніше, після модернізації, гусеничні крани

використовували тільки як монтажні. Висота башт таких кранів сягає 45 м, довжина стріли 40 м. Для стрілових самохідних кранів припустима вантажопідйомність збільшується зі зменшенням вильоту (графік цієї залежності вказується в технічній документації крана).

Для експлуатації на залізницях випускають крани, відповідні до норм конструювання та правил експлуатації залізничного рухомого складу, – залізничні крани. Ці крани мають швидкість підйому 5-16 м/хв, частоту обертання 0,5-2,5 об/хв і швидкість пересування 5-10 км/год. Крани подібного типу, що не задовольняють вимогам відповідних норм і правил, називають кранами на рейковому ході й експлуатують на внутрішньозаводських шляхах. Типи й основні параметри стрілових самохідних кранів установлені ГОСТ 22827-77.

## **Тема 9. ПЛАВНІ ТА СУДОВІ КРАНИ**

### **9.1. Класифікація плавних кранів**

За конструкцією верхньої будови плавні крани діляться на наступні типи:

1) Неповоротні: мачтові, зі стрілою, що гойдається, козлові на одному чи двох понтонах.

2) Поворотні крани (універсальні) розрізняють:

а) За вантажопідйомністю: малої – (до 15 т), середньої – (15-100 т) та великої вантажопідйомності – (100 т).

б) За способом кріплення верхньої будови до понтона: кран на колоні, кран на роликовому столі (на котках), кран, що пересувається по понтону.

в) За методом урівноважування: з постійною противагою на поверхневій частині, з рухомою противагою, встановленою на поворотній частині чи колоні, з рухомою противагою, що пересувається по понтону, з

повним урівноважуванням вантажного моменту за допомогою рухомих противаг на колоні та понтоні.

г) За конструкцією стріли: з шарнірно-зчленованою стрілою, з жорсткою стрілою.

д) За типом приводу зміни вильоту: привод з використанням гвинтових пар, привод з використанням стрілових поліспастів, привод аналогічних порталних кранів.

е) За родом силової установки: парові, дизельні, пароелектричні, дизель-електричні.

ж) За способом пересування: самохідні, такі, що буксируються, несамохідні.

з) За районом плавання: портові (для обслуговування портів), мореплавні, пристосовані для роботи в відкритому морі.

## **9.2. Особливості розрахунку плавних кранів**

Розрахунок конструкцій плавних кранів (верхньої будови) не відрізняється від наземних, а те, що основа його розміщена на понтоні, який знаходиться у воді, вносить деякі особливості в розрахунок остійності всього плавного крана.

Остійністю називається здатність плавного крана, виведеного дією зовнішніх сил з положення рівноваги, повертатися до нього після припинення зовнішньої дії.

Зобразимо поперечний нахил крана (рис. 9.1).

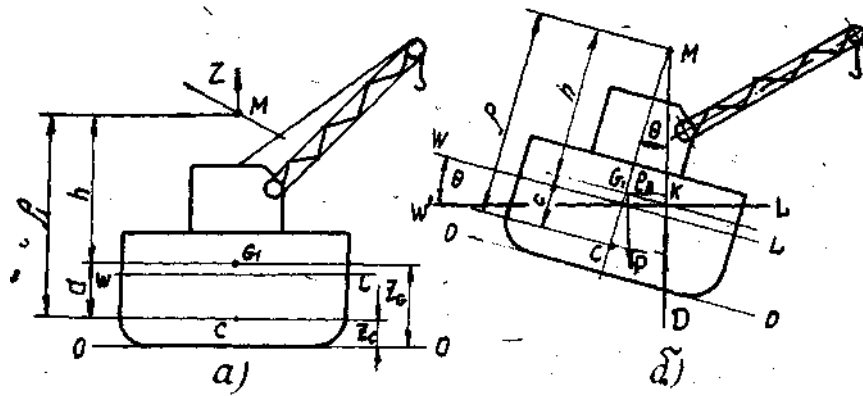


Рис. 9.1. Схема для визначення кутів крана

Позначимо центр величини (центр ваги підвісної частини понтона) як  $C$ , який при нахиленні на кут  $\theta$  переміститься по кривій  $CC$ , радіус кривизни  $\rho$  називається поперечним метацентричним радіусом, а точка  $M$  – поперечним метацентром. На кран діють:  $G$  – власна вага в тонах; рівнодіюча сил гідростатичного тиску  $D$ , рівна водотоннажності крана. Рівнодіюча сил гідростатичного тиску для понтона

$$D = (LBT - v)\gamma \quad (9.1)$$

або

$$D = \alpha V_0 \gamma, \quad (9.2)$$

де  $V_0 = \alpha LBT$  – об'єм підводної частини понтона;

$\alpha$  – коефіцієнт водотоннажності, для прямокутних понтонів –  $\alpha = 1$ , а для понтонів зі зрізаною носовою чи кормовою частиною та закругленою скулою –  $\alpha = 0,8-0,95$ ;

$L, B, T$  – довжина, ширина, осідання понтона;

$v$  – об'єм скосів понтона;

$\gamma$  – об'ємна вага води,  $\text{т/м}^3$ , для річок –  $\gamma = 1$ , для Балтійського моря –  $\gamma = 1,015$ , а для Чорного моря –  $\gamma = 1,026$ .

Розміри понтона залежать від ваги плавного крана.

Орієнтовано вага понтона  $G_{II} = (0,15 \div 0,18) LBH_0 \gamma$  ( $\kappa H$ ),

де  $H_0$  – висота борту понтона

$$H_0 = T_{\max} + (0,6 \div 1) \text{ м.}$$

Відношення довжини понтона до ширини приймається залежно від класифікаційних норм.

$$\frac{L}{B} = 1,5 \div 1,8 \text{ – для кранів середньої та великої вантажопідйомності;}$$

$$\frac{L}{B} = 1,0 \text{ – для кранів малої вантажопідйомності.}$$

Умовою плавучості буде:

$$D \geq G. \quad (9.3)$$

Для визначення кута крана розглянемо пару сил  $G$  та  $D$  (рис. 9.1) з плечем  $l$ , яка намагається повернути понтон в початкове положення, тоді відновлювальний момент

$$M_{KP} = D_0 l_0. \quad (9.4)$$

З трикутника ЦТКМ маємо  $l_0 = h \sin \theta$ .

Так як кут  $\theta$  малий, то  $\sin \theta = \theta$ , момент, що кренить, буде  $M_{KP} = D_0 h \theta$ , а кут крену в радіанах отримаємо

$$\theta = \frac{M_{KP}}{D_0 h} \quad (9.5)$$

або в градусах

$$\theta^\circ = 57,3 \frac{M_{KP}}{D_0 h} \quad (9.6)$$

При прокольних нахилах по аналогії можемо записати кут диференту в градусах:

$$\varphi^\circ = 57,3 \frac{M_{диф}}{D_0 H}, \quad (9.7)$$

де  $D_0 H$  – коефіцієнт подовжньої остійності;

$H$  – подовжня метацентрична висота;

$D_0 h$  – коефіцієнт поперечної остійності.

Поперечна метацентрична висота (рис. 9.1)

$$h = \rho - (z_C - z_0), \quad (9.8)$$

де  $\rho$  – поперечний метацентричний радіус визначається як відношення моменту інерції площі діючої ватерлінії відносно подовжньої вісі x-x до об'ємного водотоннажності (понтону) крана V.

$$\rho = \frac{I_x}{V}; \quad (9.9)$$

$z_C$  – ордината центру величини;

$z_0$  – ордината центру ваги крана.

Розглянемо найбільш небезпечні моменти, що кренять.

При прийомі вантажу виникає момент, що кренить, змінюються розподіл ваги всієї системи та елементи остійності.

Переміщуючи вантаж по горизонталі, значення кута крену отримаємо:

$$\operatorname{tg} \theta_1 = \frac{Q_{ГР} l_x}{D_1 h_1}, \quad (9.10)$$

де  $l_x$  – плече переміщення вантажу в поперечному напрямку;

$D_1$  – водотоннажність після прийому вантажу;

$h_1$  – метацентрична (нова) висота, м.

Остійність вважається достатньою, якщо крен плавного крана в робочому стані, отриманий від вантажу та вітру, не перевищує  $6^\circ$ , при цьому повинна виконуватись умова:

$$\theta^\circ = \theta_1^0 + 2 \cdot 57,3 \frac{M_{KP}}{Dh} < 6^\circ, \quad (9.11)$$

де  $\theta_1^0$  – початковий крен від вантажу;

$M_{KP}$  – момент, що кренить, від дії вітру, кН·м;

$D$  – водотоннажність крана, т;

$h$  – початкова метацентрична висота, м.

Динамічний момент, що кренить, від дії вітру в робочому стані визначається за формулою:

$$M_{KP} = 0,03 \sum K_i S_i Z_i, \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (9.12)$$

де 0,03 – швидкісний напір, т/м<sup>2</sup>;

$K_i$  – аеродинамічний коефіцієнт;

$S_i$  – вітрильність,  $m^2$ ;

$Z_i$  – здіймання центру ваги над діючою ватерлінією.

Остійність у неробочому стані крана, який знаходиться на плаву, враховується достатньою, якщо виконується умова:

$$2M_{кр.вет(III)} \leq M_{опр}, \quad (9.13)$$

де  $M_{кр.вет(III)}$  – динамічний момент, що кренить, від вітру при неробочому стані карна;

$M_{опр}$  – мінімальний перекидальний момент для кожного крана визначається за діаграмою остійності.

Плавний кран балансується таким чином, щоб при прийомі вантажу кут крену (у бік вантажу) не перевищував  $5^\circ$ , а також кут диференту на ніс був не більш  $5^\circ$ ; при розвантажуванні крана кут крену у бік противаги був не більш  $3^\circ$ , кут диференту на корму не більш  $3^\circ$ .

Чим нижче центр ваги плавного крана та вище метацентр, тим краще остійність.

Методика розрахунку верхньої будови крана та його механізмів аналогічна розрахунку порталних кранів.

Для роботи в відкритому морі (при штормі 5 балів) опускання стріли вниз забезпечується довгими гвинтами (більш 20 м), а також поліспастом.

Великовантажні поворотні крани, як правило, виконуються по схемі «кран на колоні» з рухомим поліспастом на поворотній частині та нижньою нерухомою противагою (рис. 9.2).

Плавний кран, який зображено на рис. 9.2, складається з наступних частин:

1 – допоміжний механізм підйому  $Q_{ГР} = 25$  т; 2 – головний механізм підйому  $Q_{ГР} = 250$  т; 3 – тяги механізму зміни вильоту; 4 – один або два кованих гвинта  $\varnothing 300$  мм з високолегованої сталі; 5 – гайковий візок з рухомою противагою (170 т); 6 – нерухома противага (200 т); 7 – багаторядна роликів вальниця; 8 – фрикційні барабани; 9 – канатозбірник; 10 – кабіна кранівника; 11 – стернова рубка; 12 – штурманська будка.

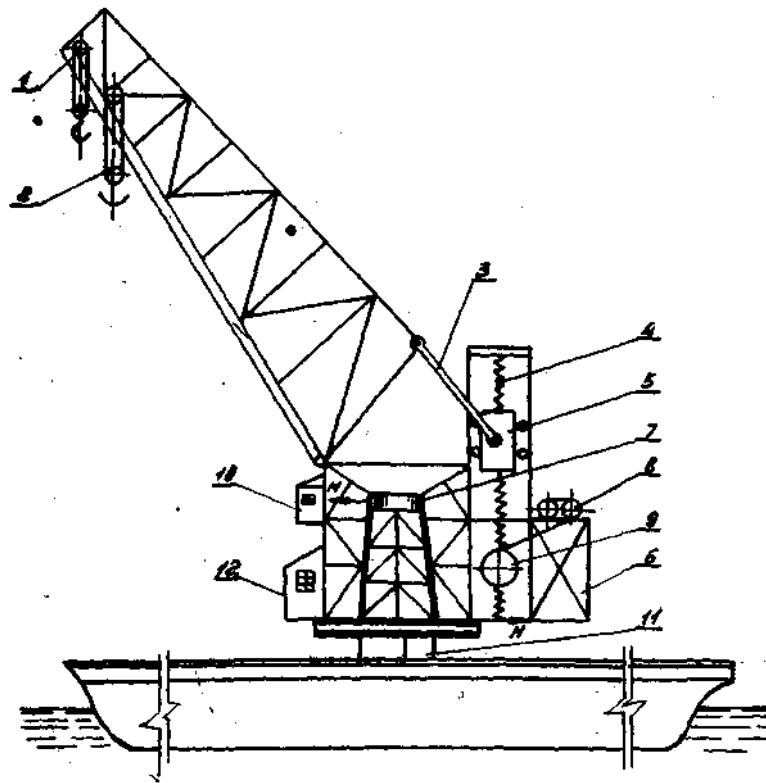


Рис. 9.2. Схема плавного крана

В Японії в 1970 р. був побудований унікальний гігантський плавний кран. На його палубі було встановлено 2 крани вантажопідйомністю по тисячі тон. Кран використовувався при спорудженні мостів над поверхнею моря для з'єднання Японських островів.

### 9.3. Суднові крани

Особливості конструкції суднових кранів містяться в тому, що вони можуть працювати безперебійно при великих кутах крену та диференту корабля.

Суднові крани виконуються по типу «поворотний кран на колоні». Крани вантажопідйомністю до 5 тон мають пряму стрілу без противаги з поліспастиним механізмом зміни вильоту.

На крупних кораблях застосовуються крани вантажопідйомністю до 20 тон з вильотом до 16 метрів. Крани мають два діапазони регулювання швидкості, підвищену швидкість при маневруванні без вантажу. Для підйому

вантаж з хвилі в умовах хитавиці застосовують лебідки слідкувальної дії (рис. 9.3), які забезпечують швидкість порожнього крюка, рівну максимальній відносній швидкості вертикального переміщення вантажу, що гойдається на хвилі.

Відомі важкі суднові козлові крани вантажопідйомністю 463 т при власній вазі 499 т, які пересуваються по палубним шляхам (Бельгія), призначені для перевезення контейнерів.

При різкому відриві вантажу суднові, особливо плавні крани створюють динамічний крен (диферент), який рівний:

$$\theta_{\text{дин}} = \theta_{\text{поч}} + \Delta\theta\xi, \quad (9.14)$$

де  $\theta_{\text{поч}}$  – початковий крен до прийому вантажу;

$\Delta\theta$  – амплітуда (коливання) гойдання;

$\xi = 0,6-0,7$  – коефіцієнт загасання коливання.

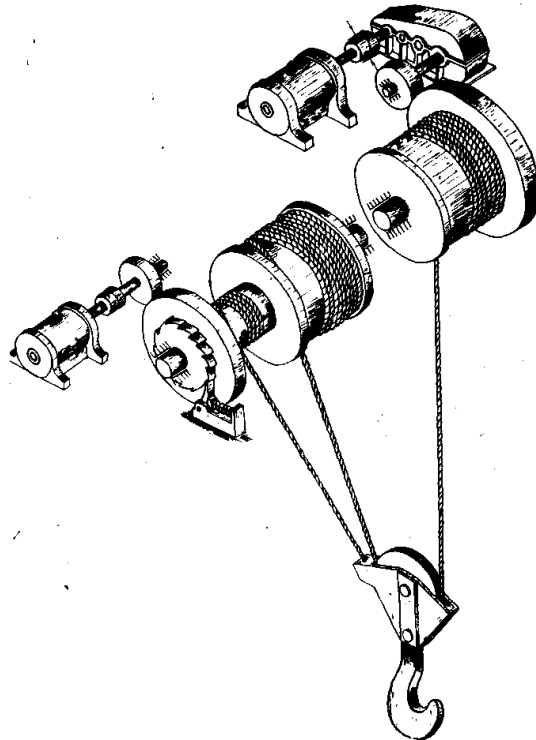


Рис. 9.3 – Загальний вигляд лебідки слідкувальної дії

Нами викладена лиш елементарна теорія плавних кранів. Основи теорії глибоко розроблені в літературі по кораблебудуванню.

## ВИСНОВКИ

Сучасне спеціальне кранобудування розвивається по таким напрямкам:

1. Зниження вартості кранобудування та витрат по експлуатації кранів.
2. Впровадження високоміцних матеріалів та металів, стійкого органічного покриття, довговічних сталевих канатів і т. д.
3. Створення приводів, які компенсують динамічні навантаження.
4. Вдосконалення методів розрахунку крана як багатомасової системи з використанням обчислювальної техніки.
5. Впровадження труб в якості несної металоконструкції.
6. Повна уніфікація вузлів і деталей кранів.
7. Покращення умов праці кранівника та схем керування механізмами крана. Впровадження тиристорного керування та телевізійного зв'язку.

## Рекомендована література

1. Крани спеціальні: навч. посібник / Л. М. Мартовицький, В. І. Глушко. – Запоріжжя : Національний університет "Запорізька політехніка", 2023. – 396 с.
3. Розрахунок механізмів вантажопідіймальних машин: навч. посіб. /В.О. Волянчук, Є.В. Горбатюк. – Київ: КНУБА, 2021. – 136 с
4. Правила пристрою і безпечної експлуатації вантажопідійомних машин. Видавництво Харків, 1994. 267 с.
5. Колісник М.П. Крани будівельні. Технічні характеристики / М.П. Колісник, А.Ф. Шевченко, В.В. Мелашеч, С.В. Ракша// Довідник. – Дніпропетровськ: Пороги, 2006. – 188 с.
6. Розрахунки механізмів кранів мостового типу / С.В. Ракша, В.В. Мелашевич, М.П. Колесник – Днепропетровск: Пороги. 2006. – 147 с.
7. Бондарев В.С. і інш. Підйомно-транспортні машини. Розрахунки піднімальних і транспортних машин. К.:Вища школа, -2009. 736с.

Електронне навчальне видання комбінованого використання  
Можна використовувати в локальному та мережному режимі

**Подоляк Олег Степанович**

## **СПЕЦІАЛЬНІ КРАНИ**

Конспект лекцій  
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня денної  
та заочної форм здобуття освіти за спеціальністю G11 «Машинобудування  
(за спеціалізаціями)»

В авторській редакції

Підписано до розміщення 25.06.2025. Гарнітура Times New Roman.  
Ум. друк. арк. 5,62. Обсяг 2,742 Мб. Зам. № 322/25.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,  
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009  
Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна