

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ СТІЛОВИХ СИСТЕМ БАШТОВИХ КРАНІВ

*Є.Г. Афтандіянци, В.С. Ловеїкін, доктори технічних наук
О.Г. Шевчук, здобувач**

*Розглянуті конструкції стрілових систем баштових кранів. Проведено аналіз закордонних та вітчизняних літературних досліджень щодо конструкцій стрілових систем баштових кранів. Наведено приклади моделей баштових кранів з їхніми зображеннями.
Стрілова система, виліт, конструкція, баштовий кран.*

Постановка проблеми. В баштових кранах стрілові системи призначені для утримання та переміщення вантажу у необхідну зону обслуговування [1]. Існує велика кількість різноманітних за конструкцією стрілових систем баштових кранів, які на даний момент є найбільш ефективними з точки зору конструювання, експлуатації та монтажу, тому вони широко застосовуються по всьому світу. Проте необхідно з'ясувати, з яких умов обирається та чи інша конструкції стрілових систем. Переваги і недоліки конструкцій стрілових систем баштових кранів розглядаються в даному дослідженні.

Аналіз останніх досліджень. У роботах [1–5] частково розглянуті конструкції стрілових систем баштових кранів. Так, наприклад у роботі [2] описана історія розвитку баштових кранів починаючи з кранів з підйомною стрілою 1940-х років. У роботах [3, 4] розглянуті конструкції шарнірно-зчленованих стрілових систем баштових кранів. Огляд конструкцій баштових кранів для спеціальних робіт був проведений у статті [5]. Конструкції баштових кранів, що вироблялись в СРСР представлені у довіднику [6].

Мета досліджень. Провести аналіз конструкції стрілових систем баштових кранів.

Результати досліджень. Перші баштові крани були оснащені підйомною стріловою системою. В Європі, після другої світової війни, були розроблені різні конструкції баштових кранів серед яких баштові крани на рейковому ході з поворотною баштою та підйомною стрілою були домінуючими. Найбільш популярними були крани виробництва Liebherr та Peiner [2].

Однак в кінці 1960-х французькі крани з горизонтальною поворотною стрілою почали заміщувати традиційні крани з підйомною стрілою та поворотною баштою. Такі конструкції ранніх моделей

*Науковий керівник – доктор технічних наук В.С. Ловеїкін

© Є.Г. Афтандіянци, В.С. Ловеїкін, О.Г. Шевчук, 2015

виробників фірм Potain (рис. 2), Weitz, а пізніше і Richier стали найпопулярніші. Інші Європейські виробники слідували цій тенденції. Таким чином частка баштових кранів з горизонтальною поворотною стрілою зростає з 30% в 1968 до 90% в 1972 році.

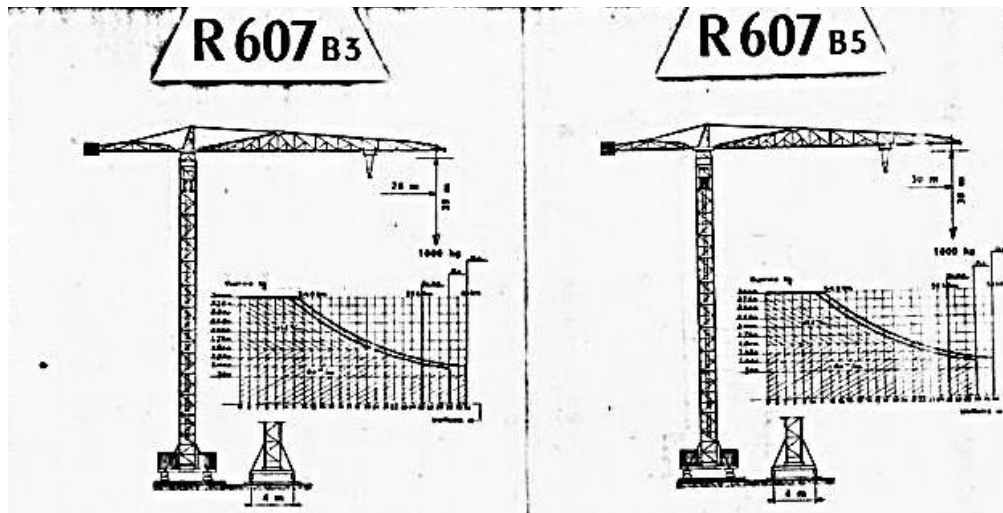


Рис. 1. Баштові крани Potain R607 B3 та R607 B5.

В 1958 році Liebherr представив «універсальний кран» баштовий кран з поворотною підйомною стрілою з гідравлічним приводом зміни вильоту (рис. 2,а). Серія кранів НВ з вантажним моментом 300 кНм до 90 кНм мала малий мінімальний виліт, що дозволяло декільком кранам працювати поруч будуючи висотні споруди. Подібний баштовий кран з піднімальною поворотною стрілою та оснащений рухомою противагою, яка приводилася в рух за допомогою канату і дизельним гідроприводом зміни вильоту, був представлений фірмою Favco в 1964 році (рис. 2,б). Такі крани працювали з вантажним моментом 1000 кНм.

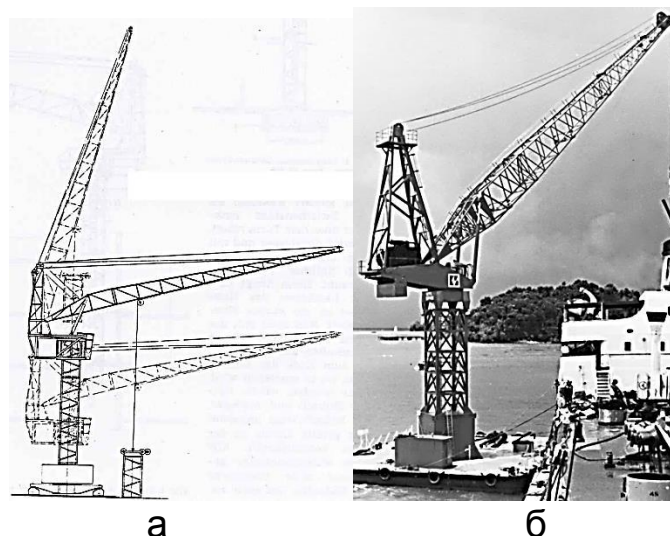


Рис. 2. Баштові крани з підйомною стрілою: а – Liebherr 500 HC-L; б – Favco STD350.

Найбільший розвиток Favco припав на 1966 рік з самопідйомним краном STD 2700 450 кНм. Вісім з цих кранів, предків всіх пізніших кранів з підйомною стрілою, допомагали зводити Світовий торговельний центр в Нью Йорку (рис. 3).



Рис. 3. Баштові крани Favco STD 2700.

Висотне будівництво в густонаселених містах Азії вимагало високої маневреності від баштового крану. Це призвело до розробки багатьох видів конструкції баштових кранів з маневреною підйомною стрілою майже кожного європейського виробника баштових кранів. Складні механічні рішення де намагались збалансувати вантажний момент від стрілової системи при зміні вильоту. Традиційна рухома, за допомогою канатів, противага була замінена масивною поворотною противагою у крані Liebherr 500 HC-L в 1985 році (рис. 4,а).

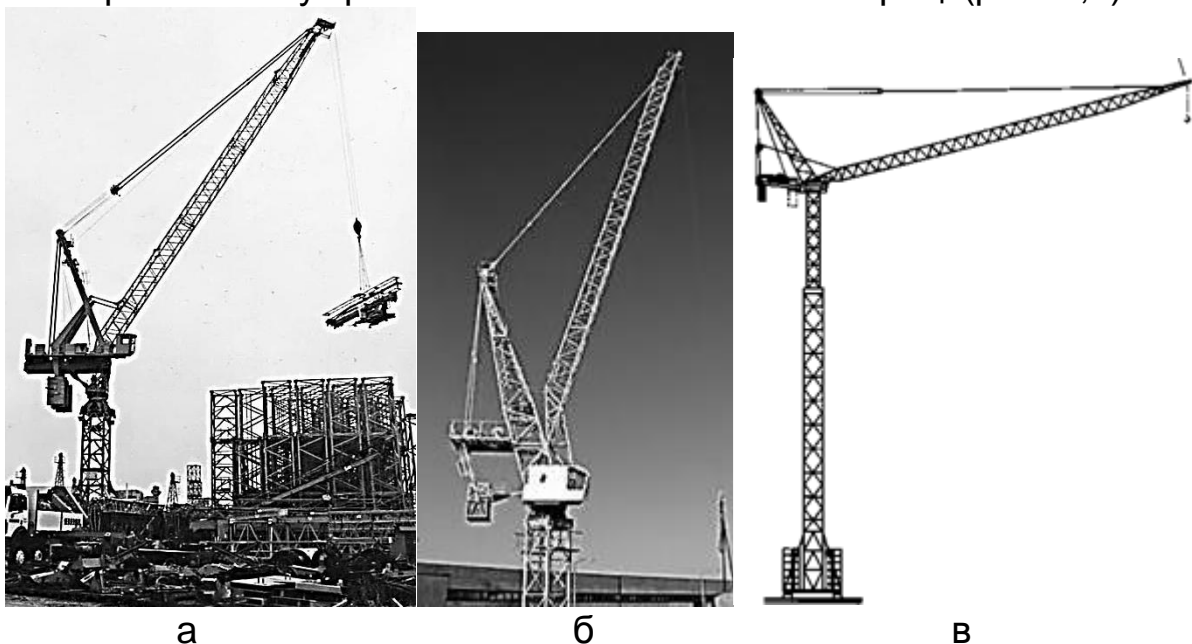


Рис. 4. Баштові крани з рухомою противагою: а – Liebherr 500 HC-L; б – BKT CTL 400; в – Potaine MR300.

ВКТ використовувала майже такий самий спосіб зрівноваження у моделях кранів з вантажним моментом більше 750 кНм, але пізніше знайшли більш безпечне і простіше рішення. В 1997 році Comedil ввів механічне з'єднання між противагою і стрілою яке проходило під поворотною платформою в баштовому крані STL 400 (рис. 4,б).

Більш складніша система зрівноваження була розроблена і реалізована в Potaine в 1989 році на крані MR300 де противага рухається по похилих напрямних та утримується за допомогою канату(рис. 4,в). При підйомі стріли противага наближається до башти по похилих напрямних.

В 1990-х більшість виробників баштових кранів Європи відмовились від дорогого і складного способу зрівноваження підйомної стріли за рахунок переміщення противаги.

Баштові крани з підйомною стріловою системою мають низку недоліків: неможливість забезпечення строго горизонтального переміщення вантажу при зміні вильоту; необхідність підвищення потужності приводу для підймання стріли та вантажу у разі змінення вильоту; порівняно великий мінімальний виліт; значні динамічні навантаження, які виникають під час перехідних режимів руху, що призводить до розгойдування вантажу. Разом з тим баштові крани з піднімальною стріловою системою маневрені, що дозволяє використовувати їх на невеликих будівельних майданчиках, їх легше монтувати і перевозити. Вага піднімальної стрілової системи на 15–20% менша у порівнянні з балочними. Також баштові крани з такою стріловою системою використовуються для зведення висотних будівель, де значну частину роботи займає цикл піднімання вантажу в порівнянні зі зміною вильоту.

Балочні стрілові системи бувають однопідвісними (рис. 5,а), двопідвісними (рис. 5,б) і багатопідвісні. Такі стрілові системи отримали розповсюдження на сучасних кранах з великими вильотами (більше 45 метрів). Також застосовують молотоподібні стріли (рис. 5,в) хоча по масі вони дещо перевищують підвісні. Їх перевага в простоті розрахунків і використанні. Основним недоліком балочних стрілових систем є низька маневреність, їх незручно застосовувати на невеликих (обмежених) будівельних майданчиках.

Maschinenfabrik Otto Kaiser KG, пізніше інтегрована в Elba завод, розробила незвичайна концепція крана, серії Kaiser HBK (рис. 6а), який в 1960 – 1970 роках дуже успішно був випробуваний.

Цей баштовий кран з поворотною стрілою об'єднав переваги баштових кранів з горизонтальною і підйомною стрілою. Основними критеріями для проектування такого крана була можливість складання горизонтальної стріли при малому вильоті. При розкладеній стріловій системі вантажний візок рухається вздовж усієї стрілової

системи і забезпечує максимальний виліт. Коли стрілова система змінює виліт надмірний радіус перетворюється в збільшення висоти підйому вантажу за хвилини без встановлення додаткових секцій стрілової системи. Конструкція такої стрілової системи особливо корисна для зведення градирень, телевізійних башт та хмарочосів. Порівнюючи з баштовим краном з підйомною стрілою така конструкція дозволяє виконувати горизонтальне переміщення вантажу і менше затрачати енергії коли зміна вильоту відбувається при переміщенні вантажного візка. Основним недоліком є відносно низька вантажопідйомність на мінімальному вильоті з піднятою стрілою.

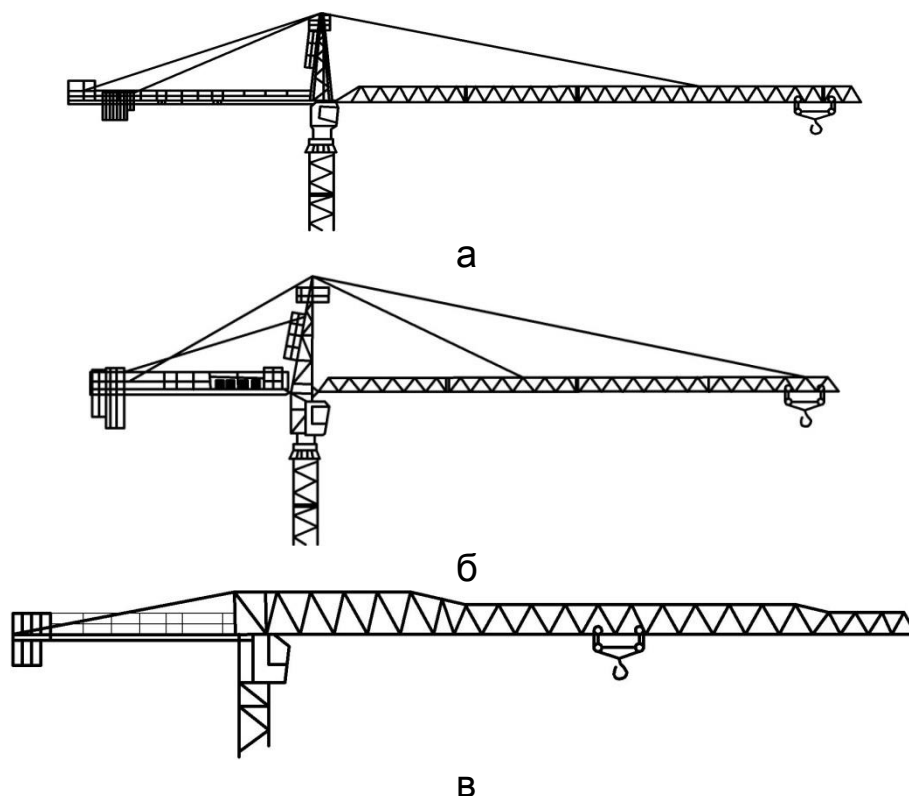


Рис. 5. Балочні стрілові системи: а – однопідвісна; б – двопідвісна; в – молотовидна.

Крани Kiser були обладнані похилою поворотною платформою для зведення башти, а секції башти досягали 12 м у висоту. Багато висотних будівельних проєктів, таких як 331,4 м (Франкфуртська телевізійна вежа) та великі градирні були збудовані кранами Kaiser НВК. При будівництві нижньої частини градирні, коли необхідно досягти великого вильоту, стрілова система баштового крану витягується в горизонтальну лінію. А при будівництві вузької верхньої частини градирні великий радіус дії вже не потрібен, тому стрілова система складається таким чином збільшуючи висоту підйому вантажу. Liebherr та Peiner (Рессо) прослідували за баштовим краном з шарнірно-зчленованою системою Kaiser. Флагманом серед таких кранів

марки Liebherr була модель 180 HC-K, використана для будівництва 150 метрової градирні в Швейцарії у 1977 році. Ще один відомий кран з шарнірно-зчленованою стріловою системою Liebherr 140 HC-K широко використовується на міських будівельних майданчиках (рис. 6,б). Peiner мав лише один кран з шарнірно-зчленованою стріловою системою марки SKK 140 (рис. 6,в), який без додаткового кріплення міг зводитись на висоту 84,4 метри.

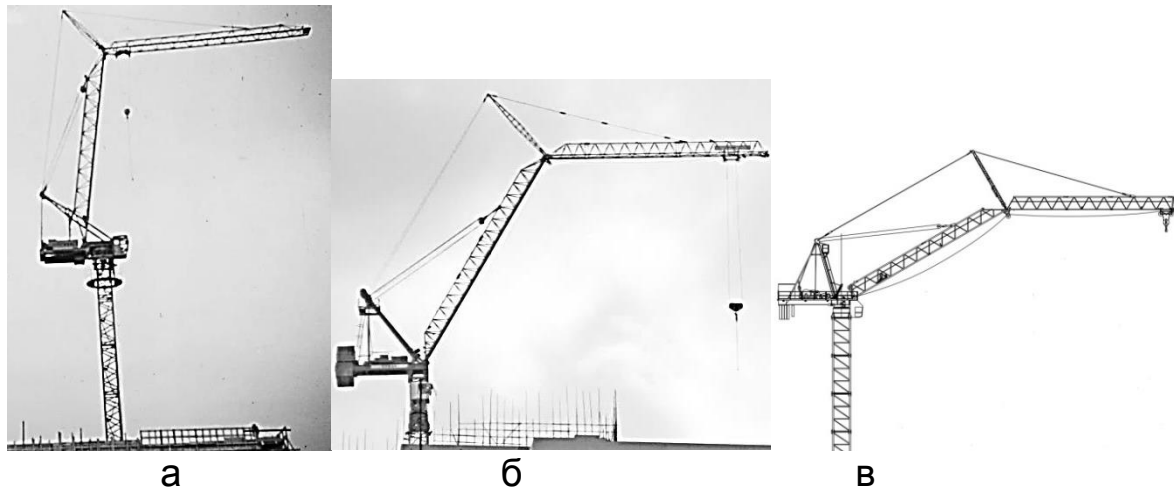


Рис. 6. Моделі баштового крану з шарнірно-зчленованою стріловою системою: а – Kaiser HBK 90; б – Liebherr 140 hc-k; в – Peco SKK140.

В 1969 році був розроблений проект баштового крану з шарнірно-зчленованою стріловою системою КБк-250 (рис. 7). Стрілова система якого має два положення горизонтальне та складне, коли основна секція шарнірно-зчленованої стрілової системи встановлюється горизонтально, а допоміжна під кутом 30° до горизонту [6]. В Такому положенні вдається значно підвищити висоту підйому вантажу. Завдяки спеціальній схемі запасовки вантажного канату забезпечується горизонтальне переміщення вантажу при русі вантажного візка по похилій стрілі.

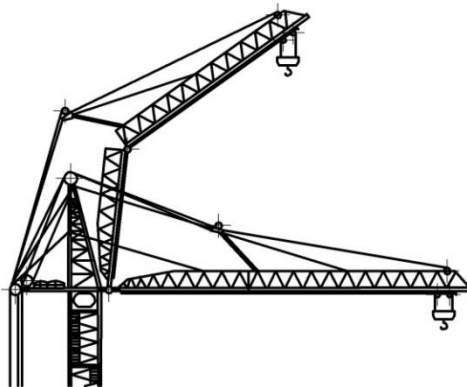


Рис. 7. Баштовий кран КБк-250.

На початку 1960-х Шведська компанія Tornborgs Maskinfabrik AS була найбільш успішним виробником баштових кранів з шарнірно-зчленованою стріловою системою з вантажним моментом до 460 кНм. Маленькі міські крани розроблені в 1961 році такі як кран марки Magni S-40 (рис. 8,а) з вантажопідйомністю 2,2 тони на вильоті 18 метрів та 1,6 тони на вильоті 25 метрів. Вантажопідйомність була трохи підвищена у моделі Magni S-46 з 1,25 з вильотом 30 метри [4]. Коротка противагова консоль лише 5,1 або 4,6 метри залежно від матеріалу противаги бетонна або зі сталевих листів. Такі удосконалення збільшували універсальність моделі баштового крану. Сьогодні обидві моделі можна знайти на будівельних майданчиках Лондона та його околицях. Поруч з традиційною баштою верхня частина кранів Tornborg має легку вагу та може встановлюватись на баштах різних виробників, таких як BPR і Peiner.

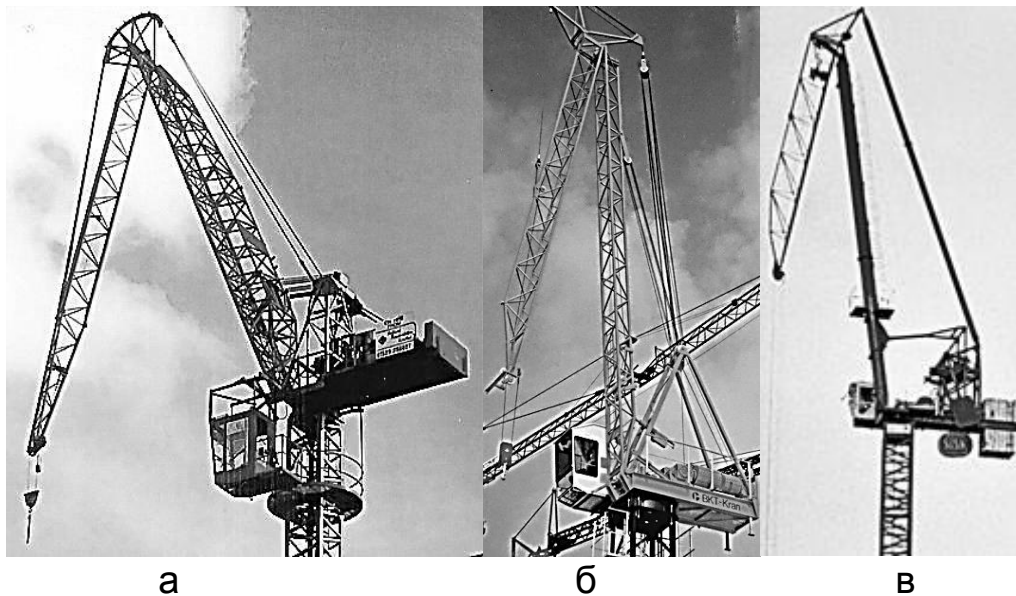


Рис. 8. Баштові крани з шарнірно-зчленованою стріловою системою: а – Tornborgs Magni S-40; б – BKT BM 45; в – Krøll K103V.

Виробники кранів фірми BKT намагалися переглянути ідею гібридних кранів Tornborgs та в 1995 році розробили кран моделі BM 45 (рис. 8,б). Хоч цей багатоцільовий кран може працювати в двох режимах (як з шарнірно-зчленованою, такі і з підйомною стрілою), проте тільки декілька кранів працювали на будівництві. Існує невеликий попит на крани з вантажним моментом 400 кНм. Головною перевагою більш важких кранів цієї конструкції було горизонтальне переміщення вантажу при зміні вильоту стрілової системи, яке виконувалось за рахунок складних систем керування без відносно дорогих механічних рішень. Сьогодні така модель відома на ринку під назвою MRC45-B3 в ряді виробника Potain.

В 1970-х роках Kjøll спроектував баштові крани K103V, K202V (рис. 8,в) ззовні схожі на портові крани з шарнірно-зчленованою стріловою системою встановленою на звичайній башті. Головною перевагою таких кранів було не лише можливість пересування вантажу по горизонталі під час зміни вильоту, а також можливість працювати під баштовим краном з горизонтальною стрілою. У деяких випадках такі крани менш чутливі до вітрових навантажень ніж баштові крани з підйомною стріловою системою. У моделі K103V радіус противагової консолі сягає 6,5 м, що дорівнює радіусу повороту складеної стрілової системи, тому він може працювати в обмеженому просторі.

Найсучасніший з кранів з такою конструкцією шарнірно-зчленованої стрілової системи було розроблено в Швейцарії під назвою Cobra (рис. 9). Перший прототип було виготовлено у 2005 році. Найважча модель серії Cobra 638 C на максимальному вильоті піднімає вантаж масою 4,6 тони. Мінімальний виліт становить 2 метри. Оснащений противагою яка за допомогою утримуючих канатів з'єднана з основною секцією стрілової системи та переміщується по радіальних напрямних.

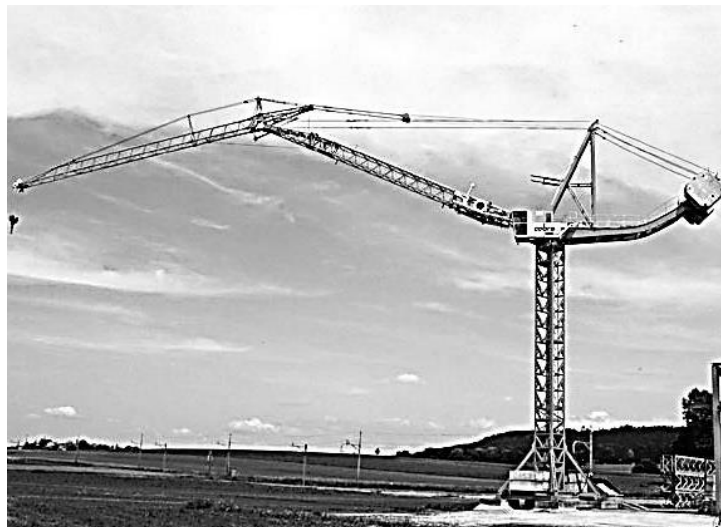


Рис. 9. Баштовий кран Cobra 263C.

В цьому крані зміна вильоту здійснюється лише переміщенням стрілової системи з забезпеченням горизонтального переміщення вантажу. Серед недоліків шарнірно-зчленованих стрілових систем є складність конструкції і монтування, велика потужність приводу зміни вильоту та великий діапазон зміни перекидного моменту. Позитивними якостями їх є маневреність, можливість використання як балочних, при цьому забезпечується горизонтальне переміщення вантажу. Одна з цікавих конструкцій стрілової системи розроблена "Société Générale de Matériel d'Entreprise" бельгійським виробником

баштових кранів та верстатів для обробки арматурної сталі. Кран під назвою SGME K 100 (рис. 10) розроблений наприкінці п'ятдесятих початку шістдесятих років досягає вильоту до 42 метрів і піднімає вантаж масою 2,5 т, максимальна вантажопідйомність 10 т досягається при подвійній запасовці канату. На верхній частині встановлені дві поворотні горизонтальні напрямні, по яких пересувається стріла крана змінюючи тим самим виліт. Основними недоліком крану була невелика маневреність, низька вантажопідйомність, також для зміни вильоту використовувався привід дещо більшої потужності ніж у кранів з балочною стрілою. Крани були орієнтовані в основному на внутрішній ринок. Через свою незвичну конструкцію і ряд недоліків не знайшли великої популярності.



Рис. 10. Баштовий кран SGME K100.

Висновок. Конструкції стрілових систем відіграють важливу роль при роботі баштових кранів. В залежності від умов експлуатації баштові крани оснащуються підйомною балочною або шарнірно-зчленованою стріловою системами. Баштові крани з підйомною стріловою системою використовуються на обмежених будівельних майданчиках де потрібна висока маневреність або на висотному будівництві де значну частину роботи займає цикл піднімання вантажу в порівнянні зі зміною вильоту. Баштові крани з горизонтальною стріловою системою прості в монтуванні і експлуатації, забезпечують горизонтальне переміщення вантажу при зміні вильоту та використовують приводи меншої потужності. Основним недоліком балочних стрілових систем є низька маневреність, їх незручно застосовувати на невеликих, обмежених, будівельних майданчиках. Баштові крани з шарнірно-зчленованою стріловою системою виникли як комбінація підйомних і балочних стрілових систем. В конструкціях таких кранів намагалися забезпечити одночасно переваги і підйомних стрілових систем і горизонтальних. Тому баштові крани з шарнірно-зчленованими стріловими системами маневрені і забезпечують го-

ризонтальне переміщення вантажу, проте складність конструкції стрілової системи підвищує вимоги до монтування і експлуатації таких кранів.

Список літератури

1. Назаренко І.І. Вантажопідіймальна техніка (конструкції, ефективне використання, сервіс) / І.І. Назаренко, Ф.О. Німко. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2010. – 400 с.
2. Heinz-Gert Kessel “LUFF STORY” Cranes today 1 April 1999.
3. Heinz-Gert Kessel “Cobra strikes” Cranes today 6 March 2006.
4. Darwin M. The future of confident space lifting? / Darwin M. Cranes and access March 2010.
5. Heinz-Gert Kessel “Special offers” Cranes today 1 November 1999.
6. Невзоров Л.А. Башенные строительные краны : справочник / Л.А. Невзоров, Г.Н. Пазельський, Е.Л. Певзнер. – М.: Машиностроение, 1992. – 240 с.

Рассмотрены конструкции стреловых систем башенных кранов. Проведен анализ зарубежных и отечественных литературных исследований по конструкциям стреловых систем башенных кранов. Приведены примеры моделей башенных кранов с их изображениями.

Стреловая система, вылет, конструкция, башенный кран.

The tower cranes jib designs has been considered. The analysis of foreign and domestic literary researches has been provided. Examples models of tower cranes with their images are shown in paper.

Jib, luffing, design, tower crane.

УДК 631.35:630.28:620.95

ПЕРСПЕКТИВИ І ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ІНЕРЦІЙНО-ЗРУБУЮЧОГО УДАРНОГО РІЗАННЯ ПРИ ЗБИРАННІ БІОМАСИ

***В.П. Ковбаса, доктор технічних наук
Л.М. Матюшенко, здобувач****

У статті викладено результати досліджень теорії лінії прогину стебел деревних і чагарникових рослин енергетичних видів і переваги застосування безстружкового різання.

Енергетичні рослини, прогин стебла, ударне різання.

*Науковий керівник – доктор технічних наук В.П. Ковбаса

© В.П. Ковбаса, Л.М. Матюшенко, 2015