

Изследване и анализ на стреловите системи на порталните кранове

Емил Баргазов, Тони Узунов, Огнян Алипиев

Research and analysis of the jib systems of the portal cranes: Is maded an analysis of the contemporary tendencys of the research and design jib systems the portal cranes. Is studied an historical observe of the development these systems. Is showed the advantages and disadvantages each construction and combine of units. Is provided the optimum ways how to choose solution from the mixture of different possibilitys of types of sysrem or motions the portal cranes.

Key words: Portal cranes, Boom system, Level-luffing gib system

ВЪВЕДЕНИЕ

Използването на един или друг вид стрелова система при разработване и проектиране на портален кран се извършва в повечето случаи като се отчитат конструктивно-технологични особености, икономически и експлоатационни фактори, ергономични и екологични норми [5]. Всеки един вид стрелова система съставена от нейните компоненти, следва да бъде използвана при едни или други условия на работа, което трябва да бъде отчетено при етапите на разработка и съществуване на порталния кран.

Целта на настоящата статия е да се направи подробен преглед и анализ на съществуващите и перспективни видове стрелови системи, уравновесяващи устройства и механизми за изменение на обсега на стрелата на портални кранове, като се представят специфичните им предимства и недостатъци от различни гледни точки.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Стреловите системи са съществена група от възли и агрегати в състава на порталните кранове и поради това от тяхната работа до голяма степен зависи ефективността и производителността на машината. Високи експлоатационни параметри могат да бъдат постигнати чрез детайлно изучаване, оптимално синтезиране и съвременно проектиране на тези системи [1, 3]. Промяната на обсега на стрелата е работно движение при порталните кранове, както и вдигането на товара и въртенето на крана, за разлика от преместването на портала което е позициониращо движение. Изменението на обсега на стрелата се извършва във всеки работен цикъл на крана при това и със товар [4, 6]. Това съществено влияе на производителността на крана откъдето се определят и двете основни изисквания при работа на системата за изменение на обсега на стрелата на порталния кран:

1. Траекторията на преместването на товара трябва да става по линия незначително различаваща се от хоризонталната. При това потенциалната енергия на товара се изменя в малки граници и незначително влияе на натоварването на системата за изменение на обсега на стрелата. Това се постига чрез подходящо определяне на параметрите ѝ.

2. Стреловата система трябва да бъде уравновесена относно оста на люлеене на стрелата. Това се постига чрез използване на различни видове уравновесяващи устройства.

Организационното и конструктивно-технологичното обединяване на стреловата система (СС), уравновесяващото устройство (УУ) и механизма за изменение на обсега на стрелата (МИОС) образуват системата за изменение на обсега на стрелата (СИОС) на порталните кранове (табл.1), чиято структура е изяснена в статия [2].

При направения обзор на родния и чуждестранен опит в краностроенето и експлоатацията се вижда, че всеки един от отделните възли или елементи на СИОС присъства в зависимост от типа на крана и нужните параметри [3, 4, 7, 8] (произво-

дителност, големина на обсега, размери на опорния контур и др.) в най-често срещаните конструкции, което бихме обяснили очевидно със потвърдени в практиката принципи на проектиране и желание да се снижи себестойността на порталните кранове.

Така например в табл.2 са представени по систематизиран начин различните видове стрелови системи които намират приложение в порталните кранове.



Фиг.1

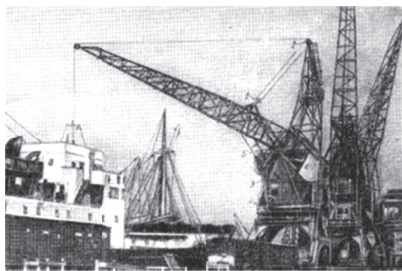


Фиг.2 Мобилен пристанищен кран

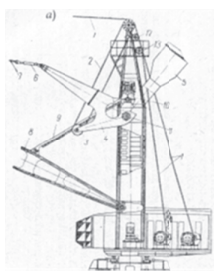


Фиг.3 Демаг 5т.

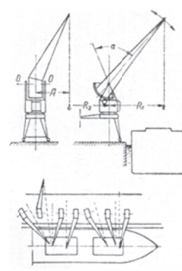
Неуравновесените СС се използват предимно при портални кранове с лек и среден режим на експлоатация. Тъй като движението им с товар изисква повишен разход на енергия в повечето случаи то е позициониращо и служи да бъде установен определен обсега на стрелата. Правата стрела (табл.2 т.1.1.) задвижвана чрез въже е хронологически първата появила се. Нейното просто устройство, като предимство е измислено от съществен недостатък. Тя няма твърда връзка, която да я ограничава при движение назад. Гъвкавата връзка чрез въже допуска стрелата да бъде неустойчива, да се завърта назад по време на динамичните процеси на подемен механизъм или при силен насрещен вятър, което я прави неизползваема в съвременните условия. Това по категоричен начин е избегнато при правата стрела с хидравлично задвижване (табл.2 т.1.2.), (табл.4 т.5.3.). То е било прилагано и в средата на миналия век, но технологичните възможности осигуряващи до 70 kg/cm^2 налягане са позволили използването му за сравнително малки товароподемности [4]. Днес с развитието на технологиите и реализиране на налягания от порядъка на $250\text{--}320 \text{ kg/cm}^2$ прави прилагането на това задвижване перспективно и успешно в съвременните стрелови системи на мобилни (фиг.2), портални и кран-манипулатори [2].



Фиг.4 Холандски кран 5/2,5т. 18/36м.



Фиг.5 КПП 5-30



Фиг.6 Любеева стрела

Правата стрела (табл.2 т.2.) и МИОС (табл. 4 т.5.1.) задвижвани чрез винт и гайка се използват предимно в монтажните кранове поради възможността за точно позициониране. Тъй като СС работи във всеки цикъл на крана интензивното износване на резбовата двойка не е от предимствата на схемата, но то частично се

компенсира от дублирането му (табл.2 т.2.1.). Усилието от МИОС за задвижване може да бъде прилагано, както към стрелата така и към други елементи на СИОС (табл.4 т.2; т.5.1.1.).

Системи за изменение на обсега на стрелата на портални кранове. Таблица 1.

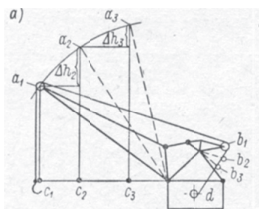
I. Стрелови системи (СС) (табл. 2)	II. Уравновесяващи устройства (УУ) (табл.3)	III. Механизми за изменение на обсега на стрелата (МИОС) (табл.4)
------------------------------------	---	---

Видове стрелови системи (СС) на портални кранове Таблица 2.

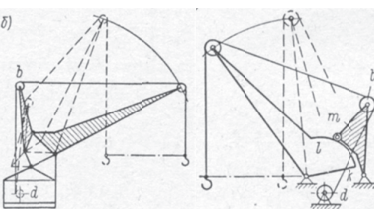
Неуравновесени стрелови системи без устройство за хоризонтално преместване на товара при изменение на обсега на стрелата		Уравновесени стрелови системи с устройства за хоризонтално преместване на товара при изменение на обсега на стрелата			
Прави стрели с постоянна дължина на окачването		Прави стрели с променлива дължина на окачването			
1.Правата стрела	2.Правата стрела задвижвана чрез винт и гайка	3.Правата стрела с изравнителен полиспаг	4.Правата стрела с изравнителен ролков блок	5.Правата стрела с други изравнителни устройства	6.Правите стрели с люлеещо движение
Според начина на постигане на приблизително хоризонтална траектория на товара (V)					
1.1.Задвижвана чрез въжен полиспаг. (табл.4 т.1.)	2.1.Един или два винта с гайки. (Фиг.3)	3.1.Полиспаг е свързан с върха на стрелата. (фиг. 2)	4.1.Ролковия блок е на хоризонтално люлееща се кобилица. (фиг. 7)	5.1.Изравнително устройство по принципа на елипсографа. (фиг. 11)	6.1. П-образни с люлеещо движение.
1.2.Задвижвана хидравлично. (табл.4 т.5.3.)	2.2. С въртящ се винт. (табл.4 т.5.1.1.)	3.2.Полиспаг е свързан по средата на стрелата. (фиг. 4)	4.1.Ролковия блок е на вертикално люлееща се кобилица. (фиг. 8)	5.2.С изравнителен барабан. (фиг. 10)	6.2.Наклонено монтирани с люлеещо движение. (фиг. 6)
	2.3. С въртяща се гайка. (табл.4 т.5.1.2.)	3.3.Полиспаг е свързан с лоста на подвижната противотяжест. (фиг. 5)	4.3.Лоста на ролковия блок се задвижва от криволинеен сектор. (фиг. 9)		
Уравновесени стрелови системи с устройства за хоризонтално преместване на товара при изменение на обсега на стрелата					
7.Шарнирно съчленена стрела с гъвкава обтяжка на хобота		8.Шарнирно съчленена стрела с корава обтяжка на хобота		9.Товарна количка движеща се по гредовата стрела	10.Шарнирно балансиран стрели (фиг. 17)
(V)	Според разположението на подемните въжета		Според начина на постигане на приблизително хоризонтална траектория на товара (V)		
7-8.1.Върхът на хобота се движи хоризонтално (фиг. 14)	7-8.1.Подемните въжета са разположени произволно. (фиг. 16,20)		8.1.Нормален, прав (наклонен) хобот. (фиг. 21)	9.1.Количката се движи по горния пояс на гредовата стрела.	10.1.С един управляващ шарнир.
7-8.2.Върхът на хобота се движи по наклонена или крива линия. (фиг. 15)	7-8.2.Подемните въжета са по дължината на стрелата.		8.2.Хоризонтално разположен удължен хобот. (фиг. 12)	9.2.Количката се движи по долния пояс на гредовата стрела (фиг.18)	10.2.С два управляващи шарнира.
7.3.Профилиран хобот. (фиг. 16)		8.3.Подемните въжета са по дължината на обтяжката. (фиг. 21)	8.4.Четиризвенник съвместен с елипсограф. (фиг. 22)	9.3.Повдигаща се стрела с движеща се по нея количка.	

7.4.Прав хобот. (фиг.20)		8.5.Подвижна долна ос на обтяжката и сгъващ се хобот. (фиг. 13)	
-----------------------------	--	--	--

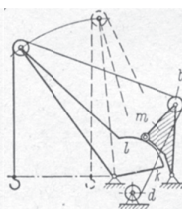
Необходимостта от увеличаване на производителността при намаляване на разходите при отделните етапи на съществуването на порталните кранове изисква пред проектантите и производителите използването на по-високи работни скорости на движение на отделните механизми и системи, в т.ч. и на СИОС. За да се осъществи това при СС се налага да се постигне приблизително хоризонтална траектория на движение на товара при изменение на обсега. СС с прави стрели, при които това е реализирано са разгледани в табл. 2 т. 3, 4, 5 и 6.



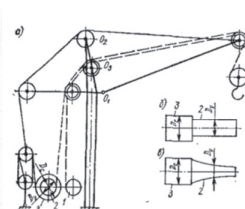
Фиг.7
(табл.2 т.4.1.)



Фиг.8
(табл.2 т.4.2.)

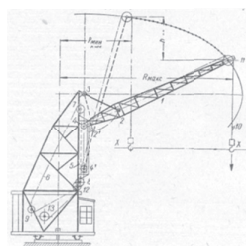


Фиг.9
(табл.2 т.4.3.)

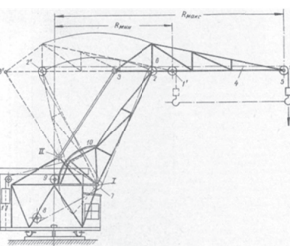


Фиг.10 Стрела с изравнителен барабан

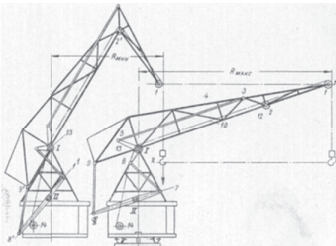
Налагайки се при определени условия в производство и експлоатация правите стрели имат съществени предимства: 1) По-лека и по-проста конструкция от крановете с шарнирно-съчленена стрелова система; 2) Не изпитват деформации на усукване при работа на механизма за въртене на крана. Но имат и следните недостатъци: 1) Правите стрели налагат ограничение на габарита на товара под стрелата на малък обсег; 2) Имат увеличена дължина на окачването на товара, това води до по-лесно разлюляване и по-трудно успокояване, което е важно при безопасна работа. В случая на табл. 2 т. 3 приблизително хоризонталната траектория се постига чрез изравнителен полиспаст, от който товарното въже излиза навън при прибиране на стрелата и така осигурява нужната траектория. В повечето случаи неподвижните ролки на полиспаста се монтират на върха на колоната, а подвижните: 1) На върха на стрелата или разместени от него; 2) По дължината на стрелата или 3) На конзолата на подвижната противотежест.



Фиг.11 Мор и Федерхаф



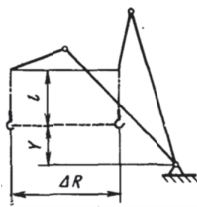
Фиг.12 Кран Бамаг-Мегуин с елипсограф



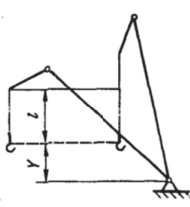
Фиг.13 Стрела със сгъващ хобот

Разполагането на изравнителния полиспаст в положение близко до вертикалното както във 2) и 3) случай е продиктувано от необходимостта за бързо затихване на вертикалните колебания и люлеене на товарното въже при товароподемната кука. Като се има предвид тежестта на стоманеното въже и голямото разстояние между точките му на окачване, както в първия случай, скоростта на движението му през

полиспаста предизвиква люлеения на въжето и товароподемната кука. То се пренася във вертикалната част умножено на отношението на кратностите на полиспастите. Това е съществен недостатък на схемата т. 3.1, който частично е отстранен със схемите т.3.2 и т.3.3. на табл.2. Недостатък на тази схема са и положителните стойности на товарния неуравновесен момент на голям обсег, което прави работата на СС неустойчива и опасна при тръгване и спиране на механизма в този диапазон.



Фиг.14



Фиг.15



Фиг.16 КПП 7,5-30

Поради това тези стрели при тежки режими на работа се използват предимно за товароподемности до 10 t, а при леките режими товароподемностите им достигат калибъра на плаващите кранове, при малки скорости.

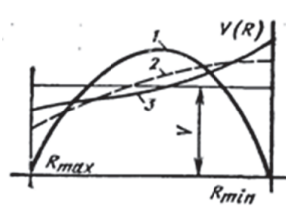
В правите стрели с изравнителен ролков блок (табл.2 т.4) приблизително хоризонталната траектория се постига чрез промяна на дължината на трасето на подемото въже, което преминава през променящ положението си в пространството при изменение на обсега на стрелата ролков блок. И ако в първите две схеми 4.1. и 4.2. се постига само приближено хоризонтална траектория, то в третия случай 4.3 при използването на криволинеен сектор е реална напълно хоризонталната траектория.



Фиг.17 Шарнирно балансирана СС



Фиг.18 Гредова стрела



Фиг.19 Изменение на скоростта по обсега: 1-коляно- мотовилков, 2-секторен, 3-рейков механизъм

В табл. 2 т.5 са представени още два начина на изпълнение на нужната траектория с права стрела, чрез използване на елипсограф и изравнителен барабан. Докато с помощта на елипсографа [4] е реализируема практически хоризонтална траектория на товара, то при използване на изравнителния барабан това е възможно отчасти при цилиндричен барабан. Идеално хоризонтална траектория дава параболичния барабан фиг.10, но изработката му е по-сложна. Счита се, че приблизително хоризонталната траектория, която дава цилиндричния барабан е напълно достатъчна за работата на порталните и други кранове. Той се използва масово в кула-крановете.

Правите стрели от табл.2 т. 6 се появяват с идеята да се намали участието в работния цикъл на механизма за въртене на порталния кран и да стеснят периметъра на работа на крана на кея или работната площадка. Те извършват люлеещо движение във вертикална т.6.1. или наклонена равнина т.6.2. с приблизително хоризонтална траектория на товара между разтоварвания съд и склада. Това се реализира за сметка на несиметрично натоварване на елементите на стрелата и основанието и възможността товара да виси само на едно въже, което ограничава работата с грайфер.

В групите т.7 и т.8 от табл. 2 са представени шарнирно съчленените стрелови системи с гъвкава и твърда обтяжка. Тези системи имат съществени предимства пред появилите се преди тях прави стрели: 1) В товарното пространство под стрелата на малък обсег вместват голям габарит; 2) Притежават по-малка височина на окачване на товара в сравнение с правите стрели, а от там и по-малко разлюляване на товара. Към техните недостатъци се отнасят: 1) Увеличената маса метал използван за изработката им, имат повече съставни части хобот и обтяжка към стрелата и от там по-високата цена; 2) При работа на механизма за въртене на крана стрелата изпитва деформации на усукване. Това се проявява особено в горната част на стрелата, но не е съществен проблем за плътностенното кутиеобразно сечение.



Фиг.20 Кран портален



Фиг.21 Кран Каяр 5т.
монтажен



Фиг.22 Кампнагел 12т.40м.
с елипсограф

Съществуват различни възможности за преминаване на подемните въжета по СС, както и за използване на гъвкава или твърда обтяжка. Така например при използване на произволно преминаване на подемните въжета т.7-8.1 е необходимо при синтеза на СС да се заложи в крайно прибраното положение на стрелата върхът на хобота да е по-високо от крайно отворено положение, за да се компенсира изтърканването на въжето. Профилирания хобот т.7. 3, който изисква гъвкава обтяжка може да осигури напълно хоризонтална траектория на преместване на товара по обсега, но практически не се използва вече като технологично неприемлив в изработка. СС от т.8.2, т.8.4, и т.8.5. са представени на фиг.12, 13, 22. СС показана на фиг.22 т.8.4 има огромно преимущество пред останалите, не се нуждае от УУ. Но недостатъкът е, че основата на стрелата, която трябва да възприема освен натисковите и усукващите натоварвания е на всичкото отгоре и подвижна. Това създава допълнителни трудности, технологични при изработката и експлоатационни при работа. Някои от СС и днес намират приложение, а други вероятно изчакват усъвършенстване на технологиите. На складови площадки и различни строителни обекти при неинтензивна работа намират широко приложение портални кранове със СС показани в табл.2 т. 9. При хоризонтално разположените гредови стрели механизма за изменение на обсега в повечето случаи е осъществен с тяга от стоманено въже. Това са кранове с лек и среден режим на работа.

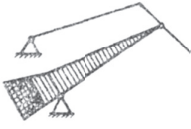
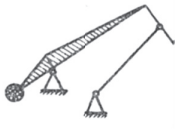
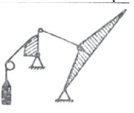
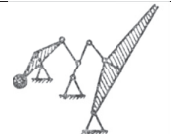
Шарнирно балансираните СС представени в табл. 2 т. 10 са взаимствани от роботостроенето. При използването им в порталните кранове се постига бързодействие, обусловено от твърдото окачване на товарозахватния орган към стрелата и на практика отсъстващия механизъм за вдигане на товара в класически вид с подемни лебедки. При това се осъществява точно позициониране и липса на излишно люле-

ене на товара. Недостатък отново е невъзможността за спускане на работния орган на голяма дълбочина под нивото на работната площадка [2].

В табл.3 са представени различни уравновесяващи устройства. Практически всички видове се използват и в наши дни, като уточним, че тези с възетата работят предимно на портални кранове с лек и среден режим. Предимство производителите дават на технологичния четиризвенник пред шестзвенника, независимо от по-добрата характеристика на уравновесяване.

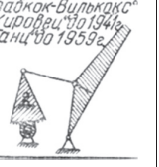
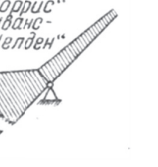
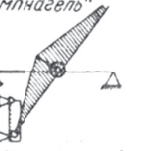
Видове уравновесяващи устройства (УУ)

Таблица 3.

1.Противотежестта е монтирана конзолно	2.Противотежестта е подвижна		3.Противотежестта е монтирана на люлееща се кобилица	
1.1.На стрелата (фиг.1)	2.1.Вертикално	2.2.Наклонено	3.1.Над въртящата платформа (Фиг.20,21)	3.2.Под въртящата платформа
	2.1.1.Свързана със стрелата чрез лостова система		3.1.1.-3.2.1. С шарнирен четиризвенник.	
	2.1.2.Свързана със стрелата чрез лостова система и криволинен сектор		3.1.2.С шарнирен шестзвенник.	
				

Видове механизми за изменение на обсега на стрелата (МИОС)

Таблица 4.

1.Полиспастен	2.Коляномотовилков	3.Секторно-лостов	4.Секторен	
				
5.Щангови механизми				
5.1.Винтов	5.2.Рейков		5.3.Хидравличен	
5.1.1.Въртящ се винт.	5.1.2.Въртяща се гайка.	5.2.1.Подвижна рейка.	5.2.2.Неподвижна рейка.	
				

В табл.4 са систематизирани механизмите за задвижване на СС и УУ. На фиг.19 са показани графиките за изменение на линейната скорост на товара при изменение на обсега на стрелата за някои механизми. При използване на коляномотовилков механизъм се вижда, че скоростта в крайните положения е близка до

нулата. Това прави стрелата не чувствителна за управление на тези места, добавя й излишно голяма динамика и не влияе добре при експлоатация. Необходими са редуктори с голямо предавателно число. Освен това зъбните колела в редуктора на стрелата ще се износват неравномерно по секторите си, ако не се вземат допълнителни мерки. Поради това в наши дни той е рядко използван. Най-добри характеристики имат щанговия и секторно-лостовия механизми.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От показаните и анализирани видове елементи на СИОС се вижда, че използването им зависи от различни обстоятелства, с които следва да се съобразим. Представеното многообразие в повечето случаи предполага аналитично-творчески подход при осъществяването на избора за съчетаването на тези възли и детайли в цялостната машина. Условието на оптимизация [6] също динамично се променят. Естествено е при съвременните тенденции погледите на изследователя и проектанта да попадат повече върху технологичните, икономически ефективните, ергономичните и удачните в експлоатация подемни машини. Разработването и появата на бял свят на конкурентноспособни конструкции на портални кранове са съпроводени със задълбочени изследвания, модерно проектиране и водещи организационни принципи при изработката. Но не трябва да се забравя и историята, защото ако условията някога не са благоприятствали определена тенденция, днес при съвременното ниво на технологиите е напълно възможно реализирането на добри идеи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. 6-ое изд. М. Высш. шк., 1985, 520с.
- [2] Баргазов Е.И., Узунов Т.И., Алипиев О.Л. Портални кранове - развитие и перспективи. сп. Механика на машините, 2015, статия (под печат)
- [3] Дивизиев Вл.И. Основи на товароподемните машини. С., Техника, 1986, 488с.
- [4] Ерофеев Н.И. Портальные краны. М., Морской транспорт, 1962, 564с.
- [5] Ланг А.Г., Мазовер И.С., Майзель В.С. Портальные краны. М.-Л., Машгиз, 1962, 284с. с илл.
- [6] Петухов П.З., Ксюнин Г.П., Серлин Л.Г. Специальные краны: Учебное пособие. М., Машиностроение, 1985, 248 с.
- [7] Справочник по кранам. В 2 т. т. 1. Под общ. ред. М. М. Гохберга. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988, 536 с.
- [8] Справочник по кранам: В 2 т. т. 2. Под общ. ред. М. М. Гохберга. Л., Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1988, 559 с.

За контакти:

Инж. Емил Баргазов, Катедра "Ремонт Надеждност Механизми Машини Логистични и Химични Технологии", Русенски университет "Ангел Кънчев", e-mail: ebargazov@uni-ruse.bg
 Доц. д-р Тони Узунов, Катедра "Ремонт Надеждност Механизми Машини Логистични и Химични Технологии", Русенски университет "Ангел Кънчев", e-mail: tuzunov@uni-ruse.bg
 Проф. д-р Огнян Алипиев, Катедра "Ремонт Надеждност Механизми Машини Логистични и Химични Технологии", Русенски университет "Ангел Кънчев", e-mail: oalipiev@uni-ruse.

Докладът е рецензиран.