



Получена: 31.12.2022 г.

Приета: 14.02.2023 г.

ВАЖНИ СЪОБРАЖЕНИЯ ПРИ ИЗБОР НА ТЕЖЪК САМОХОДЕН СТРЕЛОВИ КРАН ЗА СТРОИТЕЛНИ И МОНТАЖНИ РАБОТИ

К. Радлов¹, Г. Иванов²

Ключови думи: строителна механизация, тежки самоходни кранове, техническа характеристика, оптимален избор, товарна диаграма

РЕЗЮМЕ

Изследванията в настоящата разработка са съсредоточени върху част от важните инженерно-конструктивни въпроси, свързани с целесъобразността от използването на тежък самоходен стрелови кран за строителни и монтажни работи (включително: енергоразход на крана, устойчивост/стабилност на конструкцията на крана, степен на запас по безопасност и т.н.), които неминуемо възникват в случаите, когато се налага да се направи оптимален избор на кран, при наличие на няколко възможни варианта на „кранове кандидати“, всеки от които отговаря на основното условие за нужна товароподемност (т.е. крановете имат сходни товароподемни характеристики), но имат различно конструктивно устройство и конфигурация. На сравнителен анализ са подложени двата най-масово използвани видове тежки самоходни стрелови кранове, а именно: пневмоколесни самоходни кранове с пълностенна телескопична стрела с твърдо окачване и верижни самоходни кранове с фермова стрела с гъвкаво окачване.

1. Въведение

Самоходните стрелови кранове се характеризират с това, че разполагат със собствен задвижващ двигател с вътрешно горене, което ги прави независими от външни енергийни източници, както и в повечето случаи тези кранове могат сравнително бързо да

¹ Калин Радлов, доц. д-р инж., кат. „Технология и механизация на строителството“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: kradlov@abv.bg

² Георги Иванов, гл. ас. д-р инж., кат. „Технология и механизация на строителството“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: givanov_fce@uacg.bg

бъдат пренастройвани от транспортно в работно положение, и обратно. Големите самоходни кранове могат да достигат до много големи товароподемности, което ги прави предпочитана механизация за изпълнение на строителни и монтажни работи, които са свързани с манипулиране на тежки товарни единици над 20 t. Основна част от инцидентите със самоходни кранове са предизвикани от нарушаване на допустимия товаромомент на крана, вследствие на което се стига до загуба на устойчивост и преобръщане на крана [1]. Европейският стандарт, който регламентира изискванията за осигуряване на устойчивостта на конструкцията на самоходните кранове е БДС ISO 4305 [2], който е аналог на немския стандарт DIN 15019-2 [3]. Съгласно стандарт БДС ISO 4305, коефициентът на устойчивост на самоходен стрелови кран се изчислява по зависимостта:

$$k_y = \frac{\sum M_{\text{ЗАД}}}{\sum M_{\text{ОБР}}} \geq 1,0, \quad (1)$$

където $M_{\text{ЗАД}}$ е сумата на задържащите (стабилизиращите) крана моменти в N.m;

$M_{\text{ОБР}}$ – сумата на обръщащите (катурващите) крана моменти в N.m.

Стандарт БДС ISO 4305 изисква коефициентът на устойчивост (задържащи и обръщащи моменти) за самоходен стрелови кран, монтиран върху изнасящи се опори (или гъсенични вериги), да се пресмята и проверява за кран, позициониран върху предварително подготвена хоризонтална площадка с наклон, не по-голям от 1 %, при максимална скорост на вятъра, ограничена до 8,3 m/s (30 km/h), за следните три основни изчислителни комбинации:

а) комбинация 1 (първа товарна устойчивост) – изчислява се за кран в работно положение, стрела на максимален обсег, със спуснати опори и с окачен номинален товар, без вятър. Приема се стационарно (спряно) положение на всички механизми на крана, кранът е разположен върху площадка с твърда хоризонтална повърхност с максимално допустим наклон надолу ± 1 %. Задържащият момент се изчислява на базата на общото тегло на крана без товара, което включва също и теглото на стрелата и допълнителната стрела. Общото преобръщащо натоварване $F_{\text{ОБ}}$, в N, което трябва да бъде приложено към върха на стрелата за изчисляване на обръщащите моменти при комбинация 1, се изчислява по зависимостта:

$$F_{\text{ОБ}} = 1,25P + 0,1F, \quad (2)$$

където P е номиналната товароподемност на крана, определена от производителя. Тази номинална товароподемност, съгласно БДС ISO 4310 [4], включва не само теглото на полезния товар, но и теглото на куката с долния ролков блок и приспособленията за закрепване на товара (такелаж). Силата F в N, представлява теглото на основната стрела и допълнителната стрела, приведени към върха на стрелата по БДС ISO 4310.

б) комбинация 2 (втора товарна устойчивост) – изчислява се за кран в работно положение, стрела на максимален обсег, със спуснати опори и с окачен номинален товар, като се отчита и натоварване от вятър W в N със скорост 8,3 m/s (30 km/h). Приема се също, че механизмите на крана работят, което изисква да бъдат отчитани също и инерционни (динамични) сили от пускане и спиране на механизмите на крана (вдигане/спускане на товар, наклоняване на стрелата, въртене и телескопиране на стрелата и др.). Приема се, че кранът е разположен върху площадка с твърда хоризонтална повърхност с максимално допустим наклон надолу ± 1 %. Задържащият момент се изчислява на базата на общото тегло на крана без товара, което включва също и теглото

на стрелата и допълнителната стрела. Общото преобръщащо натоварване $F_{\text{ОБ}}$ в N , което трябва да бъде приложено към върха на стрелата за изчисляване на обръщащите моменти при комбинация 2, се изчислява по зависимостта:

$$F_{\text{ОБ}} = 1,1P + W + D, \quad (3)$$

където D е натоварването от инерционни сили от пускане/спиране на механизмите на крана, при които се отчитат и частни коефициенти на сигурност γ_P по БДС EN 13001[5].

в) комбинация 3 (собствена устойчивост, обратна устойчивост) – изчислява се за кран без окачен товар на куката. Приема се, че кранът е разположен върху площадка с твърда хоризонтална повърхност с максимално допустим обратен наклон $\pm 1\%$ (наклон нагоре); кранът е оборудван с възможно най-късата стрела и положение на стрелата на най-малък обсег (т.е. издигната нагоре стрела); отчита се натоварване от вятър W в N , по посока най-неблагоприятното направление спрямо устойчивостта на крана; куката и ролковият блок се приема, че лежат неподвижно долу върху терена.

В строителната практика е известно, че по време на експлоатация на самоходния кран на строителния обект стриктно трябва да бъде спазвана неговата товарна диаграма, задаваща номиналния му товаромомент, с което до голяма степен се гарантира и запазване на устойчивостта на крана, осигуряване на коефициента на устойчивост $k_V > 1$, а оттам и обезпечаване на безопасната експлоатация на крана. Съществуват множество разработки, които са посветени на изследвания върху безопасността на самоходните стрелови кранове, техният подбор и дори предложения за използване на софтуерни/компютърни алгоритми за направа на оптимален избор на технически параметри на самоходен кран, като например: [6 – 11] и др. Нито една от разработките не разглежда важните инженерно-конструктивни въпроси относно избора на крана, които са свързани със запаса на устойчивост/стабилност на конструкцията на крана, степента на запас по безопасност и консумацията на гориво (енергоразхода) при използването на един или друг вид кран за конкретната строителна работа. Подобни въпроси имат съществена значимост в наши дни и неминуемо възникват в случаите, когато е нужно да се направи оптимален избор на тежък самоходен стрелови кран.

С нарастването на енергийния дефицит в световен мащаб нараства и важноста на инженерните въпроси относно енергоразхода (консумацията на гориво), ефективното и безопасно използване на тежката строителна механизация. Все по-актуални стават темите, които са свързани с оптималния избор на големи (тежки) самоходни стрелови кранове за извършване на конкретна строителна и монтажна работа. Изследванията в настоящата разработка са съсредоточени върху част от важните инженерно-конструктивни въпроси, свързани с енергоразхода (консумацията на гориво) и нивото на запас по безопасност при използването на тежък самоходен стрелови кран за конкретна строителна и монтажна работа. Тези въпроси неминуемо възникват при случаите, когато се налага да се направи оптимален избор между няколко възможни „крана кандидати“, всеки от които отговаря на основното условие за нужната товароподемност (т.е. крановете имат сходни товароподемни характеристики), но са от различни видове и имат различно конструктивно устройство. На изследване и сравнителен анализ в настоящата разработка са подложени основните експлоатационни технически характеристики на тежките самоходни кранове (включително: енергоразход, товарни диаграми, товаромомент, запас на устойчивост/стабилност и т.н.).

2. Преглед на различните видове тежки самоходни кранове и техните експлоатационно-технически характеристики

Въз основа на съществуващата номенклатура, разновидности и класификация на самоходните кранове в действащите европейски стандарти [12 и 13], както и предвид основните модели, конфигурации и видове самоходни кранове, които се предлагат на свободния европейски пазар, е установено, че особен интерес за строителната практика представляват случаите, при които трябва да се извърши оптимален избор на самоходен строителен кран за голяма товароподемност (от порядъка на 100 тона и повече, наричани за краткост в разработката „тежки кранове“), тъй като тези кранове имат големи габаритни размери (т.е. има риск от възникване на тежки инциденти) и големи мощности на двигателите (голям енергоразход). При тежките кранове в повечето случаи обикновено съществуват две възможни опции за избор, а именно: пневмоколесни самоходни кранове с пълностенна телескопична стрела с твърдо окачване (наричани за краткост „пневмоколесни кранове“) и верижни самоходни кранове с фермова стрела с гъвкаво окачване (наричани за краткост „верижни кранове“) – фиг. 1. При този избор трябва да се отчитат не само минимално необходимите основни технически характеристики на крана (минимално необходима дължина на стрелата, необходим работен обсег, минимално необходима товароподемност при максимален работен обсег, необходима височина на вдигане), но също така и целесъобразността от използването на един или друг вид кран за конкретната строителна работа (вкл.: енергоразход на крана и степен на запас по безопасност/стабилност на крана).



Фиг. 1. Основни възможни варианти за избор на тежък самоходен кран за строителни и монтажни работи
a) пневмоколесен; b) верижен

В настоящата разработка на анализ е подложен именно този често срещан случай, когато се налага да се направи оптимален избор на тежък самоходен кран измежду два възможни „крана-кандидати“, а именно: верижен кран и пневмоколесен кран, които имат сходни товароподемни характеристики. За целите на настоящата разработка се разглеждат два примерни случая/казуса за избор на самоходен кран:

* Случай 1: Необходимост от избор на тежък самоходен кран, чрез който да могат да бъдат манипулирани 25 t строителни елементи при максимален обсег на стрелата 11 m и височина на куката 5 m (възможност за завъртане на 360 градуса);

* Случай 2: Необходимост от избор на тежък самоходен кран, с който да могат да бъдат манипулирани 120 t строителни елементи при максимален обсег на стрелата 12 m и височина на куката 5 m (възможност за завъртане на 360 градуса).

Извършен е предварителен преглед на различните видове предлагани към момента на свободния пазар тежки верижни и пневмоколесни самоходни кранове от основните световни производители, които предлагат на европейския пазар (като например: Liebherr, Sany, Zoomlion, Demag, Manitowoc, Terex, Link Belt, Tadano, Kato, Kobelco, Faun, XCMG, и др.). За анализите в настоящата разработка е прието да бъдат разглеждани крановете от европейската марка Liebherr. Изрично тук се прави уточнението, че целта на настоящата разработка не е да бъдат сравнявани помежду си еднакви (или подобни) типоразмери самоходни кранове, които са произведени от различни световни производители. Основната цел е на принципно ниво да бъдат разгледани важните инженерно-конструктивни въпроси, свързани с нивото на техническа безопасност (устойчивост/стабилност на конструкцията на крана и степента на запас по безопасност) и ефективността (енергоразход) при използването на един или друг стрелови кран за конкретна строителна работа.

В долната табл. 1 е представено кратко описание и анализ на основните експлоатационно-технически характеристики на самоходни кранове от избраната марка Liebherr, които отговарят на по-горе зададените условия.

Таблица 1. Описание и анализ на основни експлоатационни технически характеристики на разглежданите тежки самоходни кранове

No:	Експлоатационна техническа характеристика	Разглеждан случай 1: Възможни кранове кандидати за манипулиране/повдигане на 25 t елементи на 11 m обсег		Разглеждан случай 2: Възможни кранове кандидати за манипулиране/повдигане на 120 t елементи на 12 m обсег	
		Пневмоколесен кран Liebherr LTM1150-6.1 (максимална товароподемност 150 t)	Верижен кран Liebherr LR1100 (максимална товароподемност 100 t)	Пневмоколесен кран Liebherr LTM1500-8.1 (максимална товароподемност 500 t)	Верижен кран Liebherr LR1350 (максимална товароподемност 350 t)
1.	Нетна (чиста) мощност на двигателя при номинални обороти [kW]	Кранът работи с 2 двигателя – 400kW (двигател D9508 за шасито) и 129kW (двигател D934 за горната въртяща кранова част) – общо 529kW	Кранът работи с 1 двигател, при два възможни варианта – 240kW (при използване на двигател D926) и 270kW (при използване на двигател D936)	Кранът работи с 2 двигателя – 500kW (двигател D9608 за шасито) и 240kW (двигател D936L за горната/въртящата част) – общо 740kW	Кранът работи с 1 двигател, при два възможни варианта – 270kW (при използване на двигател D926TI-E-A4) и 370kW (при използване на двигател D846A7)
2.	Собствена маса на крана и противотежестта [t]	72t базова конструкция +30,8t противотежест = общо 102,8t	77,5t базова конструкция +32,3t противотежест = общо 109,8t	96t базова конструкция +135t противотежест = общо 231t	115t базова конструкция +125t противотежест = общо 240t
3.	Вид и размери на шаси (ходова част) и начин за транспорт от един обект на друг	Шасито е 6-осно. Дължината на шасито – 13,485m; Ширина на шасито – 2,85m. Височина на шасито – 4,0m. Възможност за транспорт на крана на самоход (като едно цяло) със скорост 80 km/h.	Дължината на веригите е 6,46m, а ширината е 0,9m. Разстояние между веригите е 4,15m. Базовата част на крана е дълга 11,8m; висока 3,5m и широка 3,5m. Нужни са общо около 6 камиона/влекача за транспорт на крана на друг обект.	Шасито е 8-осно. Дължината на шасито – 21,39m. Ширина – 3,23m. Височина – 4,0m. Шасито се транспортира на самоход със скорост 80km/h, но е нужен още един допълнителен влекач/камион, чрез който да се транспортира стрелата.	Дължината на веригите е 9,7m, а ширината е по 1,2m. Разстоянието между веригите е 7,2m. Базовата част на крана е дълга 12,75 m; висока 3,5 m и широка 8,4 m. Необходими са общо около 14 камиона/влекача за транспорт на целия кран от един обект на друг.

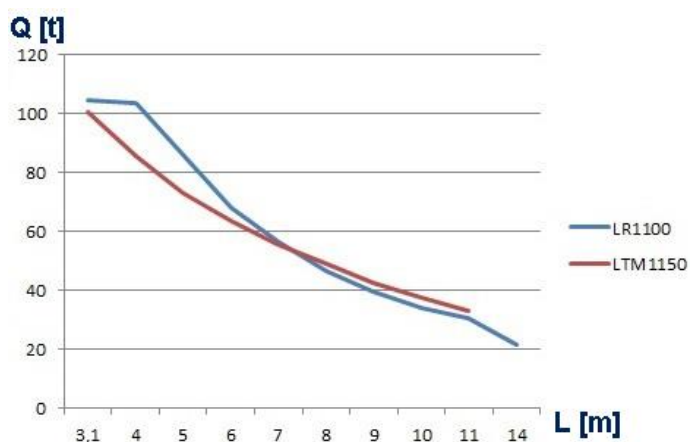
4.	Размери на опорния контур на крана и минимални необходими размери на работната площадка за разполагане на крана	Дължината на шасито – 13,485 m. Има четири опори/лапи с размери 600x600 mm всяка. Размери на опорния контур (опорна база) на крана – 9,28x8,32m. Необходима минимална работна площ за разполагане на крана е приблизително – $14 \times 10 = 140 \text{m}^2$.	Базата на веригите е 5,36m. Ширината на всяка верига е по 0,9m. Разстоянието между двете вериги е 4,15 m. Размери на опорния контур (опорна база) на крана – 5,36x4,15m. Радиус на въртене на противотежестта – 4,7m. Необходима минимална работна площ за разполагане на крана – $11 \times 11 = 121 \text{m}^2$.	Дължината на шасито е 21,39m. Четири опори/лапи с размери 700x700mm всяка. Размери на опорния контур (опорна база) на крана – 10x9,6 m. Необходима минимална работна площ за разполагане на крана е приблизително – $22 \times 11 = 242 \text{m}^2$.	Базата на веригите е 8,68m. Ширината на всяка верига е по 1,2m. Разстоянието между двете вериги е 7,2m. Възможност за спускане на 4 допълнителни хидравлични опори от страни. Размери на опорния контур (опорна база) на крана – 11x8,68m. Радиус на въртене на противотежест – 7,1m. Необходима минимална площ за разполагане на крана – $15 \times 15 = 225 \text{m}^2$.
5.	Изисквания за предварителна подготовка на площадката под крана	Нужна е достатъчно твърда основа под четирите опори/лапи на крана (скалиста почва, асфалтобетон, бетонна настилка или специално подготвена опорна повърхност и подложки), съгласно указанията на производителя в техническата документация.	Нужна е стабилна свързана почва под веригите на крана и/или специално подготвен насип от пясък и чакъл, съгласно указанията на производителя в техническата документация на крана.	Нужна е достатъчно твърда основа под четирите опори/лапи на крана (скалиста почва, асфалтобетон, бетонна настилка или специално подготвена опорна повърхност и подложки), съгласно указанията на производителя в техническата документация.	Нужна е стабилна земна основа под веригите и четирите опори/лапи на крана, съгласно указанията на производителя в техническата документация на крана.

От горната таблица 1 могат да бъдат направени следните по-важни изводи:

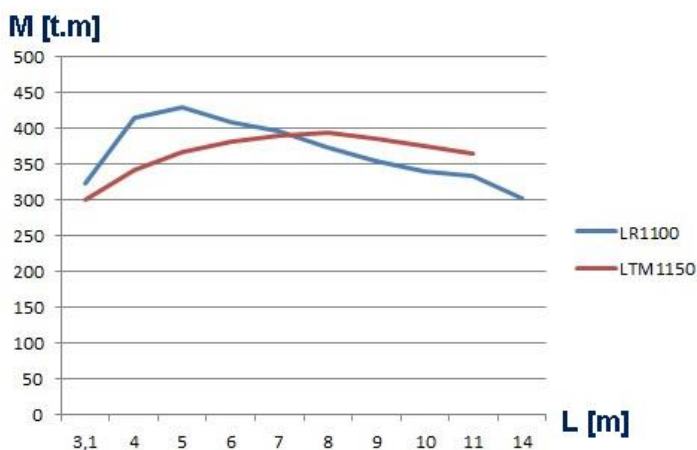
- по време на изпълнение на товароподемни операции с товарни единици 25 t (разглеждан случай 1) – пневмоколесен кран LTM1150 работи с двигател с мощност 129 kW, докато верижен кран LR1100 работи с двигател с приблизително двойно по-голяма мощност (минимум 240 kW). Мощността на двигателя на строителната машина обикновено бива задавана в техническата документация съобразно изискванията на международните стандарти, като например: ISO 9249 [14], ISO 15550 [15] и/или SAE J1349 [16]. Опорният контур/база на пневмоколесния кран LTM1150 е значително по-голяма (9,28x8,32 m) в сравнение с опорния контур/база на верижния кран LR1100 (5,36x4,15 m) при приблизително еднакво собствено тегло на двата крана, което предполага по-добър запас на устойчивост/стабилност на пневмоколесния кран;
- по време на изпълнение на товароподемни операции с товарни единици 120 t (разглеждан случай 2) – пневмоколесен кран LTM1500 работи с двигател с мощност 240 kW, както и верижен кран LR1350 работи с двигател със съизмерима/подобна мощност 270 kW (при използване на двигател D926T1-E-A4). Опорните контури на двата крана са приблизително еднакви – 10x9,6 m (за LTM1500) към 11x8,68 m (за LR1350).

3. Построяване, сравнение и анализ на товарните диаграми и диаграмите на товаромомента на разглежданите стрелови кранове за повдигане/манипулиране на товари 25 t на 11 m обсег, при работа с къса стрела

Построени са товарните диаграми, както и диаграмите на товаромомента за разглежданите два вида самоходни кранове за манипулиране на товари 25 t на 11 m обсег (верижен LR1100 и пневмоколесен LTM1150), при работа с къса основна стрела.



Фиг. 2. Товарни диаграми при къси основни стрели на кран LR1100 (14 m) и кран LTM1150 (13,7 m)



Фиг. 3. Диаграми на товаромомента при къси основни стрели на кран LR1100 (14 m) и кран LTM1150 (13,7 m)

От показаните диаграми на горните фиг. 2 и фиг. 3 могат да бъдат направени следните по-важни изводи:

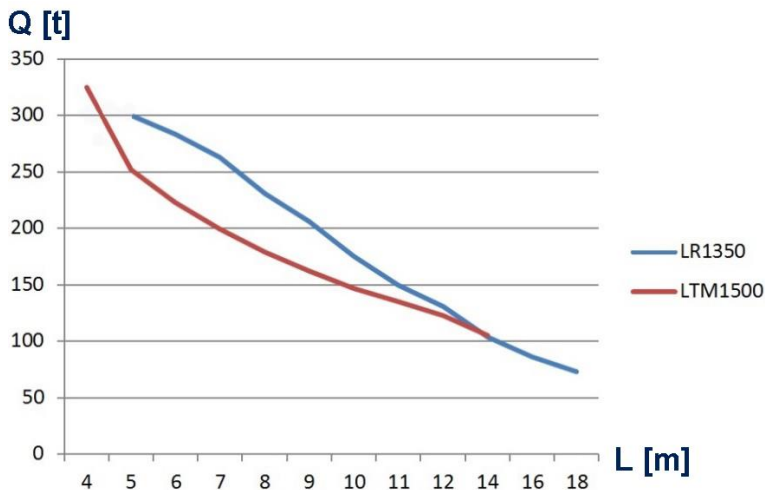
* верижният кран LR1100 предлага по-добри товароподемни възможности от пневмоколесния кран LTM1150 и по-висока степен на запас по безопасност при работа на

малък обсег на стрелата (издигната нагоре стрела, наклон на стрелата, по-голям от 45 градуса) – лявата част на графиката. Това се дължи на специфичната му конструкция и по-благоприятното (по-малкото) натоварване на стрелата на верижния кран спрямо пневмоколесния кран – стрелата на верижния кран е натоварена само със сили на натиск, а стрелата на пневмоколесния кран е натоварена със сили на натиск и огъване.

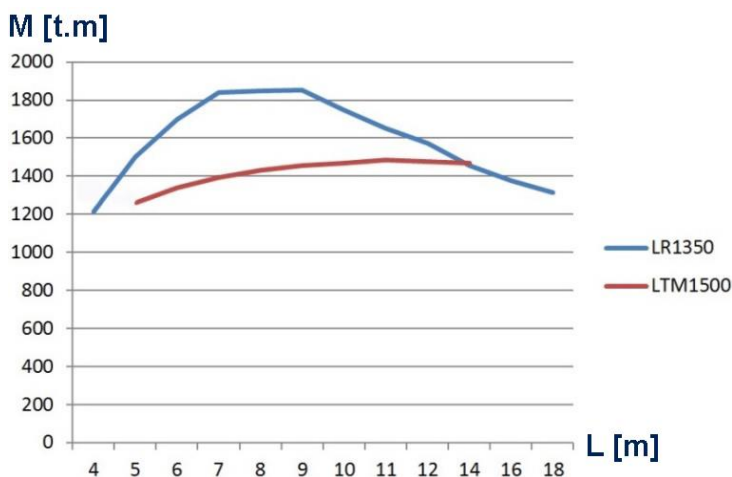
* пневмоколесният кран LTM1150 предлага малко по-добри товароподемни възможности и по-високо ниво на запас по безопасност от верижния кран LR1100 при работа на голям обсег на стрелата (спусната напред стрела, наклон на стрелата, по-малък от 45 градуса) – дясната част на графиката. Това се дължи на значително по-големия запас на устойчивост/стабилност на конструкцията на пневмоколесния кран LTM1150, който се изчислява по зависимостта: $\Delta M_{\text{ЗАПАС}} = \sum M_{\text{ЗАД}} - \sum M_{\text{ОБР}}$ (при празен кран т.е. без отитане на окачен товар). По-големият запас на устойчивост/стабилност на конструкцията на пневмоколесния кран LTM1150 се дължи най-вече на значително по-голямата площ на опорния контур на пневмоколесния кран LTM1150 (9,28×8,32 m) спрямо верижния кран LR1100 (5,36×4,15 m), при съвсем малко по-ниска (около 6 %) собствена маса на пневмоколесния кран LTM1150 спрямо верижния кран LR1100.

4. Построяване, сравнение и анализ на товарните диаграми и диаграмите на товаромомента на разглежданите стрелови кранове за повдигане/манипулиране на товари 120 t на 12 m обсег, при работа с къса стрела

Построени са товарните диаграми, както и диаграмите на товаромомента за разглежданите два вида самоходни кранове за манипулиране на товари 120 t на 12 m обсег (верижен кран LR1350 и пневмоколесен кран LTM1500), при работа с къса основна стрела. Диаграмите за двата крана са построени на една обща графика.



Фиг. 4. Товарни диаграми при къси основни стрели на кран LR1350 (18 m) и кран LTM1500 (16,1 m)



Фиг. 5. Диаграми на товаромомента при най-късите основни стрели на кран LR1350 (18 m) и кран LTM1500 (16,1 m)

От показаните диаграми на горните фиг. 4 и фиг. 5 може да бъде направен извод, че верижният кран LR1350 предлага по-добри товароподемни възможности и по-висока степен на запас по безопасност за целия диапазон на обсега на стрелата. По-ниските товароподемни възможности на пневмоколесния кран LTM1500 се дължат на по-големите натоварвания в конструкцията на стрелата на пневмоколесния кран LTM1500 (стрелата е натоварена не само на натиск, но и с големи огъващи моменти), което прави неговата стрела много по-тежка (пълностенна) конструкция при подобни големи товароподемности (120 t). Това неминуемо налага големи рестрикции в товарната диаграма на крана и значително ограничава неговата товароподемност – вж. фиг. 5.

5. Заключение

Въз основа на извършените изследвания, обобщения и анализи в настоящата разработка могат да бъдат направени следните по-важни изводи:

* При необходимост от избор на самоходен кран за манипулиране на товарни единици с маса 25 t (разглеждан случай 1) е препоръчително в общия случай да бъде избран вариантът „пневмоколесен кран LTM1150“, вместо „верижен кран LR1100“, при равни други условия. Причината е значително по-малкият енергоразход (консумация на гориво) на пневмоколесния кран LTM1150 при изпълнение на товароподемните операции (129 kW при LTM1150, спрямо минимум 240 kW при LR1100), както по-големият му запас на устойчивост/стабилност на конструкцията, а оттам и по-добрите товароподемни възможности и степен на запас по безопасност при работа на голям обсег на стрелата (спусната напред стрела, наклон на стрелата, по-малък от 45 градуса). Трябва все пак да се има предвид, че верижният кран LR1100 има едно съществено предимство пред пневмоколесния кран LTM1150 – предлага значително по-добри товароподемни възможности и степен на запас по безопасност от пневмоколесния кран LTM1150 при работа на малък обсег на стрелата (издигната нагоре стрела, наклон на стрелата, по-голям от 45 градуса), което се дължи на специфичната му конструкция и по-благоприятното (по-малко) натоварване на стрелата (стрелата на LR1100 е натоварена само на натиск).

* При необходимост от избор на самоходен кран за манипулиране на товарни единици с маса 120 t (разглеждан случай 2) е препоръчително да бъде избран верижен кран LR1350 пред пневмоколесен кран LTM1500, при равни други условия, тъй като той предлага по-добри товароподемни възможности и по-висока степен на запас по безопасност за целия диапазон на обсега. Това се дължи на специфичната конструкция и по-благоприятното натоварване на стрелата на верижен кран LR1350 (натоварена основно със сили на натиск), спрямо пневмоколесния кран LTM1500 (чиято стрела е натоварена не само на натиск, но също и с големи огъващи моменти). При това трябва да се имат предвид всички известни недостатъци на верижните кранове (по-труден и скъп транспорт до обекта, монтаж на обекта и т.н.).

* Окончателният избор на самоходен кран (верижен или пневмоколесен) ще зависи от съответната задача и конкретните обстоятелства във всеки отделен случай в практиката, при което трябва да бъдат отчетени не само гореописаните инженерно-конструктивни въпроси (свързани с ефективността/енергоразхода, запаса на устойчивост/стабилност на конструкцията, степента на запас по безопасност), но също и всички останали влияещи фактори за конкретния разглеждан случай – възможността за доставка на конкретен кран до обекта, цената на транспорта и т.н.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Krystanov, K. Ustojchivost i bezopasnost pri rabota s avtomobilni kranove. // Bylgarsko spisanie za injenerno proektirane, broj №14, avgust 2012.*
2. BDS ISO 4305: 2005, Samohodni kranove. Opredelqne na ustojchivost.
3. DIN 15019-2: 1979, Stability for non-rail mounted mobile cranes. Test loading and calculations.
4. BDS ISO 4310: 2010, Kranove. Pravila i metodi za izpitvane.
5. BDS EN 13001-2: 2021, Kranove Tovaropodemni. Obshto proektirane. Chast 2: Natovarvaniq.
6. *Roysson, S. Evaluating the lifting capacity in a mobile crane simulation. // A thesis for the Degree of Bachelor in Computer Science, Malardalen University School of Innovation, Design and Engineering, Vasteras, Sweden, 2020.*
7. *Wu, D., Lin, Y., Wang, X., Gao, S. Algorithm of crane selection for heavy lifts. // Shanghai Jiao Tong University, Article in Journal of Computing in Civil Engineering, January 2011.*
8. *Kim, S., Kang, C. Analysis of the Complex Causes of Death Accidents Due to Mobile Cranes Using a Modified MEPS Method: Focusing on South Korea. // Sustainability 2022 (<https://doi.org/10.3390/su14052948>).*
9. *Don Wiethorn, J. An analytical study of critical factors of lift planning to improve crane safety based on forensic case studies of crane accidents. // Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School of The University of Texas at Austin, 2018.*
10. *Al-Hussein, M., Alkass, S., Moselhi, O. Optimization Algorithm for Selection and on Site Location of Mobile Cranes. // Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, May 2005.*

11. Park, S. Comparison of Lift Path Planning Algorithms for Mobile Crane Operations in Heavy Industrial Projects. // A Thesis in the Department of Building, Civil and Environmental Engineerin, Concordia University, Montreal, Quebec, Canada, 2020.
12. BDS ISO 4301-2: 2021, Kranove. Klasifikacij. Chast 2: Samohodni kranove.
13. BDS ISO 4306-2: 2015, Kranove. Rechnik. Chast 2: Samohodni kranove.
14. ISO 9249: 2007, Earth-moving machinery-Engine test code – net power.
15. ISO 15550: 2016, Internal combustion engines – Determination and method for the measurement of engine power – General requirements.
16. SAE J1349: 2004, Engine Power Test Code – Spark Ignition and Compression Ignition.

IMPORTANT CONSIDERATIONS WHEN CHOOSING A HEAVY MOBILE BOOM CRANE FOR CONSTRUCTION AND ASSEMBLY WORKS

K. Radlov¹, G. Ivanov²

***Keywords:** construction mechanization, heavy mobile cranes, technical characteristics, optimal selection, load diagram*

ABSTRACT

For the optimal selection of heavy mobile cranes, it is necessary to consider not only the required technical characteristics of cranes (lifting height, working radius, etc.), but also the efficiency issues of crane usage (aspects of energy consumption, hoist capability, stability factor, etc.). The current paper deals with some of the important engineering issues affecting working efficiency, which are usually arising in the cases when an optimal variant of heavy mobile crane for specified construction work has to be selected, and there are several possible options for cranes-candidates which have similar hoist capacity and load chart data, but they are of different types, and they have different schemes of structure. A comparative analysis has been performed on the most used mobile cranes for heavy construction works – wheel-mounted mobile crane with rigid (hydraulic) boom suspension and crawler mobile crane with flexible (cableway) boom suspension.

¹ Kalin Radlov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Construction Technology and Mechanisation”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: kradlov@abv.bg

² Georgi Ivanov, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. “Construction Technology and Mechanisation”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: givanov_fce@uacg.bg