

УДК 621.873.35

## ОБГРУНТУВАННЯ КЕРОВАНОГО РОЗГАЛЬМУВАННЯ МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ КРАНА ПРИ «СКИДАННІ» ВАНТАЖУ

КОЛІСНИК М. П.<sup>1\*</sup>, к.т.н., проф.,  
ШЕВЧЕНКО А. Ф.<sup>2</sup>, к.т.н., доц.,  
ЧЕРВОНОШТАН А. Л.<sup>3</sup>, інженер

<sup>1\*</sup> Кафедра експлуатації та ремонту машин, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-68, ORCID ID: 0000-0002-6228-0939

<sup>2</sup> Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 563-27-70, e-mail: Sevchenkoandrej600@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6926-3365

<sup>3</sup> Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій та систем, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-08, e-mail: Andrew.chervonoshtan@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-3458-0034

**Анотація.** *Постановка проблеми.* У процесі експлуатації стрілових (гусеничних, пневмоколісних, на спец шасі автомобільного типу, автомобільних, залізничних) кранів із вантажозахоплюючими органами, а саме: грейфером, кліщовим захватом, електромагнітом, «клин-бабою», а також при швидкій установці вантажу на опору має місце режим роботи механізму підйому при якому виникає миттєве, або майже миттєве звільнення піднятого вантажу, в результаті чого виникають коливання крана. В цих випадках кран зазнає у момент звільнення вантажу поштовх у бік противаги, при цьому виникають коливання та значні динамічні навантаження на елементи крана, що може привести до втрати стійкості крана. *Мета статті.* Запропонувати процес забезпечення зниження динамічних навантажень та амплітуд коливань при скиданні вантажу за рахунок керування процесом розгальмування гальма механізму підйому крана та регулювання термінів розгальмування. *Висновки.* Процес зміни положення крана при керованому «скиданні» вантажу може бути без виникнення динамічних навантажень та коливань при застосуванні відповідного пристрою для гасіння коливань вантажопідйомного крана. На основі методу віртуальних переміщень (рівності робіт сил утримуючих і перекидаючих) проілюстрована можливість регулювання терміну розгальмування механізму підйому крана при «скиданні» вантажу при різних значеннях маси крана і вантажів.

**Ключові слова:** вантаж; вантажопідйомний кран; гальмовий момент; динамічні навантаження; керування; коливання крана; скидання вантажу

## ОБОСНОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМОГО РАСТОРМОЖЕНИЯ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА КРАНА ПРИ «СБРОСЕ» ГРУЗА

КОЛЕСНИК Н. П.<sup>1\*</sup>, к.т.н., проф.,  
ШЕВЧЕНКО А. Ф.<sup>2</sup>, к.т.н., доц.,  
ЧЕРВОНОШТАН А. Л.<sup>3</sup>, инженер

<sup>1\*</sup> Кафедра эксплуатации и ремонта машин, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (056) 756-33-68, ORCID ID: 0000-0002-6228-0939

<sup>2</sup> Днепр, Украина, тел. +38 (067) 563-27-70, e-mail: Sevchenkoandrej600@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6926-3365

<sup>3</sup> Кафедра информационно-измерительных технологий и систем, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (056) 756-34-08, e-mail: Andrew.chervonoshtan@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-3458-0034

**Аннотация.** *Постановка проблемы.* В процессе эксплуатации стреловых (гусеничных, пневмоколёсных, на спец шасси автомобильного типа, автомобильных, железнодорожных) кранов с грузозахватных органами, а именно: грейфером, клещевым захватом, электромагнитом, «клин-бабой», а также при быстрой установке груза на опору имеет место режим работы механизма подъема при котором возникает мгновенное, или почти мгновенное освобождение поднятого груза, в результате чего возникают колебания крана. В этих случаях кран испытывает в момент освобождения груза толчок в сторону противовеса, при этом возникают колебания, и значительные динамические нагрузки на элементы крана, что может привести к потере устойчивости крана. *Цель статьи.* Предложить процесс обеспечения снижения динамических нагрузок и амплитуд колебаний при сбросе груза за счет управления процессом расторможенности тормоза механизма подъема крана и регулирования сроков расторможенности. *Выводы.* Процесс изменения положения крана при управляемом «сбросе» груза может быть без возникновения динамических нагрузок и колебаний при применении соответствующего устройства для гашения колебаний грузоподъемного крана. На основе метода виртуальных перемещений (равенства работ сил

удерживающих и опрокидывающих) проиллюстрирована возможность регулирования времени расторможенности механизма подъема крана при «сбросе» груза при различных значениях массы крана и грузов.

*Ключевые слова:* груз; грузоподъемный кран; тормозной момент; динамические нагрузки; управление; колебания крана; сброс груза

## THE SUBSTANCE OF GUIDED ENGAGEMENT OF THE MOVING CRANE MECHANISM AT THE «DUMPING» OF LOAD

KOLISNYK M. P.<sup>1\*</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Prof.*,  
SHEVCHENKO A. F.<sup>2</sup>, *Cand. Sc. (Tech.)*  
CHERVONOSHTAN A. L.<sup>3</sup>, *engineer*

<sup>1\*</sup> Department of the repair and maintenance of machinery, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, тел. +38 (056) 756-33-68, ORCID ID: 0000-0002-6228-0939

<sup>2</sup> Dnipro, Ukraine, тел. +38 (067) 563-27-70, e-mail: Sevchenkoandrej600@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6926-3365

<sup>3</sup> Department of information measuring technologies and systems, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, тел. +38 (056) 756-34-08, e-mail: Andrew.chervonoshtan@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-3458-0034

**Annotation. Formulation of the problem.** In the process of operation of jib (crawler, pneumatic, on special chassis of automobile type, automobile, railway) cranes with load gripping bodies, namely: grab, tong clamp, electromagnet, demolition ball, as well as fast installation of load on the support takes place the mode of operation of the lifting mechanism in which there is an instantaneous, or almost instantaneous release of the lifted load, as the result there are oscillations of the crane. In these cases, the crane has a push towards the counterweight at the moment of load release, the oscillations occur and significant dynamic loads on the crane elements can lead to the loss of crane stability. **Purpose of the article.** To propose a process of ensuring the reduction of dynamic loads and amplitudes of oscillations during load dumping by controlling the process of disinhibition of the crane lifting mechanism and regulating the time of disinhibition. **Conclusions.** The process of changing crane position with a controlled «dumping» of the load can be without the occurrence of dynamic loads and vibrations with the use of an appropriate device for damping the vibrations of a lifting crane. On the basis of the virtual method movements (equality of work of the forces holding and tilting), the possibility of regulating the time of disinhibition of the crane lifting mechanism during the «dumping» of the load at various values of the crane mass and load is illustrated.

*Key words:* load; lifting crane; brake torque; dynamic loads; management; crane vibrations; load dumping

**Постановка задачі.** При роботі вантажопідйомного крана із вантажозахватними органами, а саме: грейфером, кліщовим захватом, електромагнітом, «клин бабою» та інш. має місце режим роботи механізму підйому при якому виникає кероване розвантаження крана шляхом часткового або повного раптового «скидання» вантажу (розвантаження крана), що може призвести до перекидання крана назад. Воно відбувається за рахунок вивільнення (відповідно повністю або частково) потенціальної енергії, яка накопичена в пружних елементах крана (металевої конструкції, канатах та ін.) за рахунок їх деформації при підйомі вантажу [2, 3, 4, 5, 13]. Швидко вивільняючись, ця енергія виконує деяку роботу щодо повороту крана назад. Якщо рух назад завершається, не досягнувши положення нестійкої рівноваги, то кран здійснює декілька циклів затухаючих коливань і зупиняється в положенні стійкої рівноваги (виникають коливання крана, рис. 1, із переходом із положення I у положення II і III).

На стійкість крана істотний вплив має режим миттєвого часткового розвантаження піднятого

вантаж (від повної ваги вантажу  $Q$  до ваги вантажозахватного органа) характерного для електромагнітних кранів і певною мірою сюди можна віднести режим спорожнювання грейфера, бадді, що автоматично розвантажуються, а також дуже швидко установку вантажу на опору.

Випадок раптового обриву вантажу відноситься до аварійної ситуації коли відбувається повне зняття навантаження з гака крана, що спричиняє поштовх убік противаги з можливою втратою стійкості особливо при супутніх цьому обставин (тиску вітру і ухилу основи убік перекидання).

З явищем раптового обриву вантажу в стрілових самохідних кранів можна зрівняти також роботу універсальних екскаваторів будівельної групи із гнучким підвісом стріли з такими робочими органами як, наприклад, «клин-молот» для первісної розробки мерзлих або щільних ґрунтів, а також «шар-молот» для ущільнення ґрунту під основи будівельного об'єкту коли машина створює надмірні динамічні навантаження які також поширюються на її оператора, що наносять шкоду його здоров'ю.

Розрахунки стійкості вантажопідйомних кранів повинні проводитися згідно з вимогами НД

«Правилами будови...» [9] за умови дії випробувального навантаження, дії вантажу (вантажна стійкість), відсутності вантажу (власна стійкість) і раптового зняття навантаження.

У зв'язку з вище зазначеною проблемою виникло завдання створення основ теорії по дослідженню

вищевказаних режимів роботи зі зниження динамічних навантажень діючих на стріловий кран зі створенням умов і технічних засобів, що забезпечують захист конструкції як машини так і її оператора від надмірних пікових навантажень та коливань зі збереженням стійкості крана.

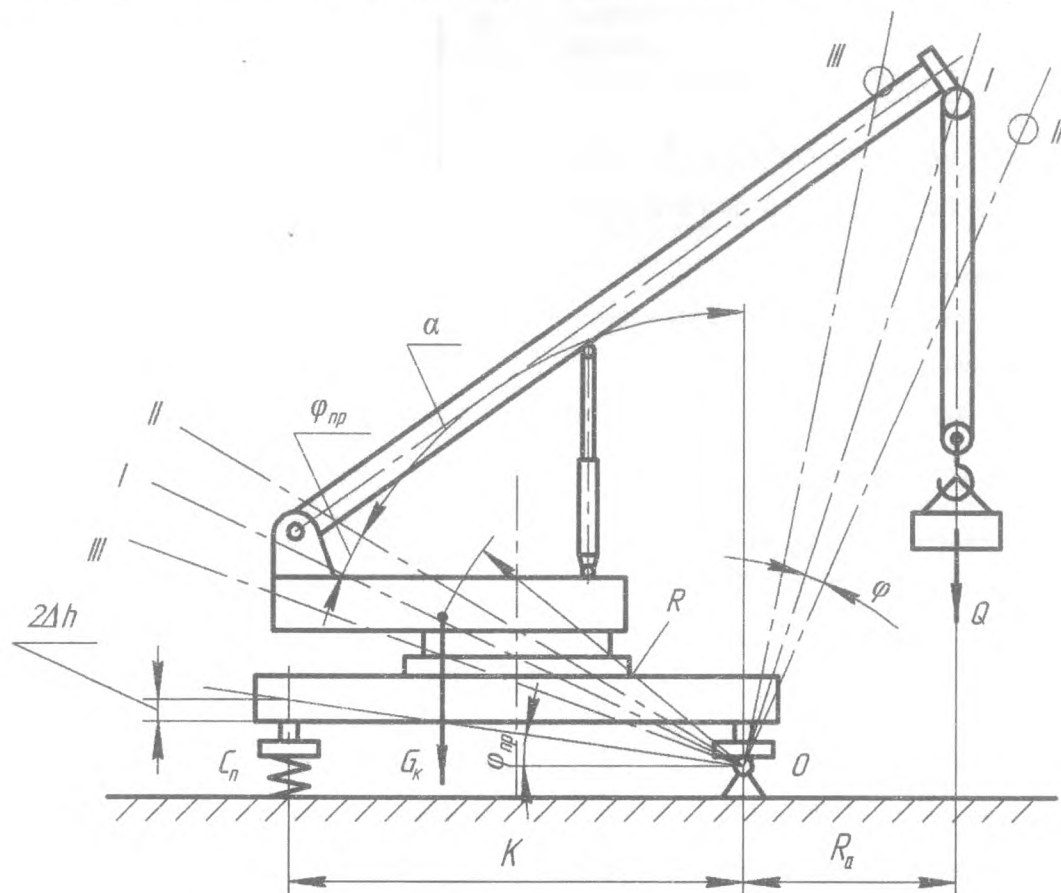


Рис. 1. Розрахункова схема і динамічна модель крана при коливаннях

Fig. 1. Scheme and dynamic model of the crane with vibrations

### Теоретична частина.

Даний режим роботи характеризується тим, що виникають коливання та значні динамічні навантаження на елементи крана: стрілу, опорно-поворотний пристрій, поворотну платформу, ходову частину крана або виносні опори та інш.

Основною характеристикою стійкості вільно стоячого крана при раптовому «скиданні» вантажу є потенціальна енергія, яка накопичена в пружній системі крана при підйомі вантажу. Її дію можна зменшити, знижуючи центр мас крана [13].

У роботі [1, 8] наведені результати теоретичних і експериментальних досліджень по виявленню можливості використання кабельних кранів на укладанні бетону.

У результаті випробувань були отримані дані, які дозволили оцінити ступінь придатності тієї або іншої системи крана для бетонних робіт і могли бути покладені в основу практичних розрахунків, пов'язаних з коливаннями канатів при розвантаженні.

З експериментів підтверджених теоретичними розрахунками з миттєвим розвантаженням кабельного крана показано, що коливання несучого канату, а відповідно і опор, можна значно знизити уповільненим розвантаженням.

Представлено формулу для визначення загального ходу несучого канату при вповільненому розвантаженні який складається з різниці статичних прогинів амплітуди коливань.

Показано, що при часі розвантаження бадді в межах 15...20 с. вона майже без коливань перейде з одного рівноважного положення в інше.

У нашому випадку зниження динамічних навантажень та амплітуд коливань пропонується проводити гасінням коливань за рахунок керування процесом розгальмування гальма механізму підйому крана.

В основі цього процесу має місце розгальмування гальма [11, 12] на протязі часу переходу крана із положення II у положення I без подальшого

переміщення у положення III та подальших затухаючих коливань (рис. 1).

Це досягається тим, що робота або енергія сили ваги вантажу, яка накопичена краном при підйомі, гаситься гальмом за півперіод коливань крана.

При цьому робота сил ваги вантажу визначається як [14, 6]

$$A_a = \int_0^{\varphi_k} Q \cdot R_a \cos(\alpha + \varphi_{np} - \varphi) d\varphi = Q \cdot R_a [\sin(\alpha + \varphi_{np} - \varphi) - \sin(\alpha + \varphi_{np})], \quad (1)$$

де  $\varphi_k$  – кут переміщення крана із положення I у положення II;

$Q$  – вага вантажу що скидається;

$R_a$  – виліт вантажу від ребра перекидання крана;

$\varphi_{np}$  – кут пружного нахилу крана;

$\alpha$  – кут між кутом пружності і вертикальною площиною, що проходить

через ребро перекидання;

$\varphi$  – текучий кут повороту.

Аналогічно, в той же час, сила ваги крана згідно принципу можливих переміщень виконує роботу

$$A_k = \int_0^{\varphi_k} G_k \cdot R \cdot \sin(\alpha + \varphi_{np} - \varphi) d\varphi = G_k \cdot R \cdot [\cos(\alpha + \varphi_{np} - \varphi) - \cos(\alpha + \varphi_{np})], \quad (2)$$

де  $G_k$  – вага крана;

$R$  – радіус переміщення центра ваги крана відносно ребра нахилу крана.

Для гасіння коливань крана або погашення енергії коливань крана необхідно гальму за час терміну скидання всього вантажу виконати роботу  $A_T = A_k$ , яка дорівнює роботі сили ваги крана (рис. 2).

$$A_T = \frac{M_T \cdot t_T}{2}; \quad (3)$$

де  $M_T$  – гальмівний момент гальма механізму підйому вантажу, який розрахований на повне навантаження від вантажу;

$t_T$  – час гальмування за який гальмовий момент змінюється від розрахункового до нуля.

Тоді час гальмування необхідний для гасіння енергії коливань крана

$$t_i = \frac{A_k}{\frac{M_T + M_{T,i}}{2}}. \quad (4)$$

Якщо

$$M_T \cdot t_T = G_k \cdot R \cdot [\cos(\alpha + \varphi_{np} - \varphi) - \cos(\alpha + \varphi_{np})]; \quad (5)$$

$$t_T = \frac{G_k \cdot R \cdot [\cos(\alpha + \varphi_{np} - \varphi) - \cos(\alpha + \varphi_{np})]}{M_T}, \quad (6)$$

де кути  $\alpha$ ,  $\varphi_{np}$ ,  $\varphi$  – визначаються наступними залежностями.

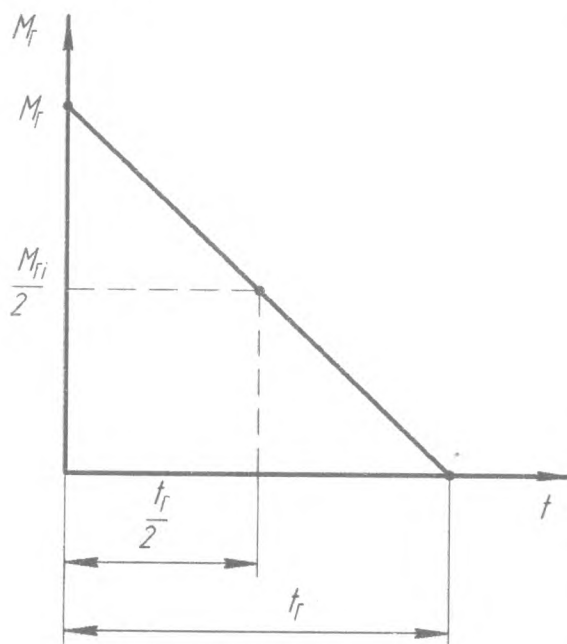


Рис. 2. Залежність часу розгальмування від моменту гальма

Fig. 2. Dependence of disinhibition time from brake torque

Кут  $\alpha$  визначається геометрично виходячи із координат центра ваги крана звичайним методом;

кут  $\varphi_{np}$  визначається згідно схеми, рис. 1, як

$$\frac{2\Delta h}{K} = \text{tg } \varphi_{np}, \text{ або } \varphi_{np} = \text{arctg } \frac{2\Delta h}{K},$$

де  $K$  – колія крана або відстань між виносними опорами крана;

$\Delta h$  – пружна просадка опори крана при умові, що кран опирається на 2 пружні опори зліва і справа.

Кут текучого нахилу крана при його навантаженні вантажем,  $\varphi$ , визначається із використанням динамічної моделі методом рівноваги, рис. 1, на яку діють момент  $M_{npk}$  – момент сили ваги вантажу,

$M_{ym}$  – момент утримуючий від сили ваги крана,

момент сил пружності як перекидаючий  $M_{np}$  та

момент інерційний –  $M_{in}$  маси крана. Згідно методу

рівноваги  $\sum M = 0$ , маємо диференційне рівняння коливань крана

$$M_{in} + M_{np} = M_{ym} - M_{npk}, \quad (7)$$

або

$$J_{np} \frac{d^2\varphi}{dt^2} + C_n \cdot \varphi = M_{ym} - M_{nрк}. \quad (8)$$

Рішення даного диференційного рівняння відомо у вигляді

$$\varphi = A \cos pt + B \sin pt + \frac{q}{p^2}, \quad (9)$$

де  $A$  і  $B$  – постійні коефіцієнти, із яких  $A$  знаходиться із початкових умов:  $t = 0, \varphi = 0, \cos pt = \cos p0 = 1, \sin pt = \sin p0 = 0$ .

Тоді

$$A = -\frac{q}{p^2}. \quad (10)$$

Продиференціював рішення і підставивши початкові умови, отримали  $B = 0$ ; і якщо в рішенні

$$q = \frac{M_{ym} - M_{nрк}}{J_{np}}, \quad (11)$$

де  $J_{np}$  – момент інерції крана, а  $p^2 = \frac{C_n}{J_n}$  – квадрат частоти коливань, то отримали значення

$$\varphi = \frac{M_{ym} - M_{nрк}}{C_n}. \quad (12)$$

Враховуючи розрахункову схему із однією опорою пружною, а друга шарнірна, та те, що початкові умови – фактично крана має нахилу на величину пружного кута, то залежність кута нахилу має вид

$$\varphi = \varphi_{np} - \frac{M_{ym} - M_{nрк}}{C_n}. \quad (13)$$

Залишається вмонтувати можливий пристрій [10], який дозволить отримати одержане значення часу гальмування механізму підйому вантажу при його включенні на опускання.

Конструкція такого гальма запропонована авторами [11, 12] і відрізняється від стандартного тим, що додатково оснащується відповідним пристроєм (рис. 3).

Слід відзначити, що величина моменту  $M_r$  може мати різні значення в залежності від того, чи вантаж скидається повністю, то тоді розрахунковий момент  $M_r$  зменшується до нуля.

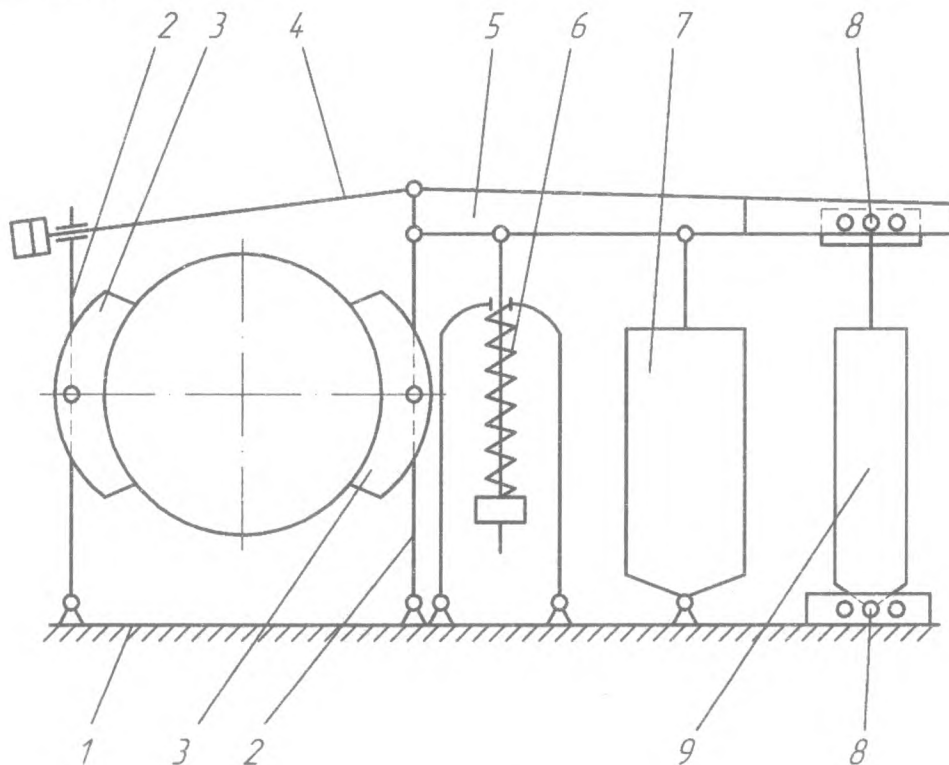


Рис. 3. Схема пристрою для гасіння коливань крана  
 Fig. 3. Driving device for damping the vibrations of the crane

Якщо скидання вантажу не повне, то тоді розрахунковий гальмовий момент буде визначатись як піврізниця моменту, що має значення на початку скидання або номінальний гальмовий та момент в кінці скидання.

Відповідно і кран може переміщатись (повертатись) на кут з попереднього навантаженого положення II до проміжного в положення I.

Запропонований пристрій складається з відомого гальма та встановлений гідравлічний демпфер, який може переміщатись на різних відстанях від правої

стійки за рахунок конструкції важеля і основи в яких виконані напрямні для переміщення повзунів або шарніри для кріплення гідравлічного демпфера, та рис. 4, де зображений загальний вид гідравлічного демпфера у розрізі.

Пристрій містить основу 1, на якій розташовані стійки 2 із шарнірно закріпленими колодками 3, тягу 4, важіль 5, пружину 6, електрогідроштовхач 7 і приєднаних фіксаторів 8 гідравлічного демпфера 9. Притому у конструкції важеля 5 і основи 1 виконані напрямні для переміщення фіксаторів 8 або шарніри для кріплення гідравлічного демпфера 9 на різних відстанях від правої стійки, що дозволяє регулювати величину моменту гідравлічного демпфера 9.

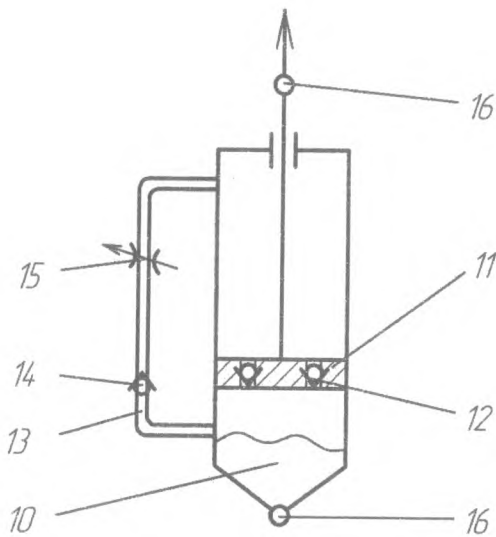


Рис. 4. Загальний вид гідравлічного демпфера

Fig. 4. General view of hydraulic damper

Гідравлічний демпфер 9 рис. 4, складається з полого корпусу 10, заповненого рідиною в якому переміщується поршень 11, який має радіально

розташовані по колу зворотні клапани 12, які призначені для з'єднання порожнин корпусу 10, порожнини гідравлічного демпфера 9 з'єднуються між собою магістраллю 13, яка обладнана зворотним клапаном 14 і дроселем 15.

Гідравлічний демпфер 9 кріпиться шарнірами 16 до фіксаторів 8.

Площа перетину пропускних клапанів 12 при русі поршня 11 гідравлічного демпфера 9 вниз приймається залежно від необхідного зусилля, швидкості руху поршня 11 та властивостей рідини.

Гідравлічний демпфер 9 може бути закріплений в різних положеннях, в пазах 8 для налаштування його місця встановлення при різних технічних параметрах електрогідроштовхувача 7.

Пристрій гасіння коливань забезпечує розсіювання енергії накопиченої в крані при підйомі вантажу гальмом механізму підйому після скидання вантажу на вантажному канаті.

Скидання вантажу проводиться наступним чином. При виключенні механізму підйому на опускання вантажу гальмо розгальмовується керовано, послідовно, протягом деякого часу, за який кран повертається із положення II (рис. 1) у положення I і в подальшому вантаж опускається вільно на ослабленому підйомному канаті, а кран, відповідно не переходить у положення III.

Приклад (рис. 1).

Вага крана,  $G_k = 300$  кН; радіус центра ваги,  $R = 3$  м; кути,  $\alpha = 70^\circ$ ,  $\varphi_{np} = 3^\circ$ ,  $\varphi = 0^\circ 30'$ ; вага вантажу,  $Q = 200$  кН; діаметр барабана  $D_b = 0,8$  м; ККД механізму  $\eta_3 = 0,85$ ; коефіцієнт запасу гальмування,  $\beta = 1,5$  передавальне число механізму  $u_3 = 20$ .

Термін розгальмування

$$t_{pr} = \frac{300 \cdot 3 \cdot [\cos(60^\circ + 3^\circ - 0^\circ 30') - \cos(60^\circ + 3^\circ)] \cdot 2 \cdot 20}{200 \cdot 0,4 \cdot 0,85 \cdot 1,5} = 2,75 \text{ с.}$$

Для інших можливих значень параметрів різних мас вантажів [7] та відповідних значень кута пружності при певній жорсткості опори крана можуть бути визначені величини необхідних термінів розгальмування гальма.

Таким чином, обґрунтовано умови керованого процесу та розгальмування механізму підйому крана при «скиданні» вантажу, конструкція пристрою для гасіння коливань вантажопідйомного крана при раптовому, частковому або повному скиданні вантажу.

### Висновки.

1. Процес зміни положення крана при керованому «скиданні» вантажу може бути без виникнення динамічних навантажень коливань при застосуванні відповідного пристрою для гасіння коливань вантажопідйомного крана.

2. Проілюстрована можливість регулювання терміну розгальмування механізму підйому крана при «скиданні» вантажу при різних значеннях маси крана і вантажів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ананьев А.А. Колебания несущих канатов кабельных кранов при разгрузке // Тез. докл. Ленинградской конференции по динамике подъемно-транспортных машин /М.: Машгиз, 1955. – С. 64 – 67.

2. Будівельні крани (конструкції, технічні характеристики, марки, вибір та експлуатація): Навчальний посібник. / Л.А. Хмара, М.П. Колісник, А.Ф. Шевченко, О.І. Голубченко, М.Г. Маліч. – Дніпропетровськ: ІМА-прес, 2015. – 356 с.
3. DSTU ISO 4310–94. Крани вантажопідіймальні. Правила і методи випробувань. – Київ.: Держстандарт України, 1994. – 22 с.
4. Испытания и исследования башенных и стреловых кранов. / Заключительный отчет. Тема №108. № гос. Регистрации 01870034991, Днепропетровск. – 1998. – 76 с.
5. Колісник М.П., Засць Г.В., Червоноштан А.Л. Гасіння коливань вантажопідіймального крана при скиданні вантажу. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції / друкується в авторській редакції; Дніпропетр. нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро: Дніпропетр. нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна., 2018. – С. 21-22.
6. Колісник М.П., Шевченко А.Ф. Проблеми стійкості вантажопідіймальних кранів. Журнал «Підіймно-транспортна техніка». 2002, №1-2. – С. 7– 11.
7. Крани будівельні. Технічні характеристики: Довідник / М.П. Колісник, А.Ф. Шевченко, В.В. Мелашич, С.В. Ракша. – Дніпропетровськ: Пороги, 2006. – 186 с.
8. Куйбида Г.Г. Кабельные краны. – М.: Машиностроение, – 1998. – 288 с.
9. НПА ОП 0.00-1.01-07 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. – Харьков: «Форт», 2007. – 256 с.
10. Патент України на корисну модель. Пристрій для гасіння коливань вантажопідіймних кранів / Колісник М.П., Шевченко А.Ф., Червоноштан А.Л.; заявники та власник ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», №130095, Бюл. №22, 2018 – 4с: іл.
11. Патент України на корисну модель. Колодкове гальмо / Колісник М.П., Шевченко А.Ф., Червоноштан А.Л.; заявники та власники власник ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», №102279, Бюл. №20, 2015 – 2с: іл.
12. Патент України на корисну модель. Колодкове гальмо / Колісник М.П., Шевченко А.Ф., Червоноштан А.Л.; заявники та власник ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», №106550, Бюл. №8, 2016 – 4с: іл.
13. РД 22-145-85. Краны стреловые самоходные. Нормы расчета устойчивости против опрокидывания. – М.: 1986. – 27 с.
14. Розрахунки будівельних стрілових кранів: Навчальний посібник. / М.П. Колісник, А.Ф. Шевченко, С.В. Ракша, В.В. Мелашич. – Дніпропетровськ: Пороги, 2015. – 816 с.

## REFERENCES

1. Ananov A.A. Kolebaniya nesuschih kanatov kabelnykh kranov pri razgruzke // Tez. dokl. Leningradskoy konferentsii po dinamike pod'emno-transportnykh mashin /M.: Mashgiz, 1955. – S. 64 – 67.
2. Budivelni kran (konstruktsii, tekhnichni kharakterystyky, marky, vybir ta ekspluatatsiia): Navchalnyi posibnyk. / L.A. Khmara, M.P. Kolisnyk, A.F. Shevchenko, O.I. Holubchenko, M.H. Malich. – Dnipropetrovsk: IMA-pres, 2015. – 356 s.
3. DSTU ISO 4310. Kran y vantazhopidimialni. Pravyla i metody vyprobuvan. – Kyiv.: Derzhstandart Ukrainy, 1994. – 22 s.
4. Ispytaniya i issledovaniya bashennykh i strelovykh kranov. / Zaklyuchitelnyy otchet. Tema №108. № gos. Registratsii 01870034991, Dnepropetrovsk. – 1998. – 76 s.
5. Kolisnyk M.P., Zaiets H.V., Chervonoshtan A.L. Hasinnia kolyvan vantazhopidimnoho kрана pry skydanni vantazhu. Tezy dopovidei Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii / drukuietsia v avtorskii redaktsii; Dpiropetr. nats. un-t zalizn. transp. im. akad. V. Lazariana. – Dnipro: Dpipropetr. nats. un-t zalizn. transp. im. akad. V. Lazariana., 2018. – S. 21-22.9. RD 22-145-85. Kran yi strelovyie samohodnyie. Normyi rascheta ustoychivosti protiv oprokidyvaniya. – M.: 1986. – 27 s.
6. Kolisnyk M.P., Shevchenko A.F. Problemy stiikosti vantazhopidimialnykh kraniv. Zhurnal «Pidimno-transportna tekhnika». 2002, №1-2. – S. 7 – 11.
7. Kran y budivelni. Tekhnichni kharakterystyky: Dovidnyk / M.P. Kolisnyk, A.F. Shevchenko, V.V. Melashych, S.V. Raksha. – Dnipropetrovsk: Porohy, 2006. – 186 s.
8. Kuybida G.G. Kabelnyie kran yi. – M.: Mashinostroenie, – 1998. – 288 s.
9. NPAOP 0.00-1.01-07 Pravila ustroystva i bezopasnoy ekspluatatsii gruzopod'emnykh kranov. – Harkov: «Fort», 2007. – 256 s.
10. Patent Ukrainy na korysnu model. Prystrii dlia hasinnia kolyvan vantazhopidimnykh kraniv / Kolisnyk M.P., Shevchenko A.F., Chervonoshtan A.L.; zaiavnyky ta vlasnyk DVNZ «Prydniprovska derzhavna akademiia budivnytstva ta arkhitektury», №130095, Biul. №22, 2018 – 4s: il.
11. Patent Ukrainy na korysnu model. Kolodkove halmo / Kolisnyk M.P., Shevchenko A.F., Chervonoshtan A.L.; zaiavnyky ta vlasnyky vlasnyk DVNZ «Prydniprovska derzhavna akademiia budivnytstva ta arkhitektury», №102279, Biul. №20, 2015 – 2s: il.
12. Patent Ukrainy na korysnu model. Kolodkove halmo / Kolisnyk M.P., Shevchenko A.F., Chervonoshtan A.L.; zaiavnyky ta vlasnyk DVNZ «Prydniprovska derzhavna akademiia budivnytstva ta arkhitektury», №106550, Biul. №8, 2016 – 4s: il.
13. RD 22-145-85. Kran yi strelovyie samohodnyie. Normyi rascheta ustoychivosti protiv oprokidyvaniya. – M.: 1986. – 27 s.
14. Rozrakhunky budivelnnykh strilovykh kraniv: Navchalnyi posibnyk. / M.P. Kolisnyk, A.F. Shevchenko, S.V. Raksha, V.V. Melashych. – Dnipropetrovsk: Porohy, 2015. – 816 s.