

## МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ ЗАХВАТНОГО ПРИСТРОЮ РІЧСТАКЕРА

**Лисак Сергій Іванович,**

магістр, викладач,

ВСП Миколаївський будівельний фаховий коледж КНУБА,

м. Миколаїв, Україна

rotterdam85as@gmail.com,

ORCID: 0009-0009-8695-8925

**Балака Максим Миколайович,**

кандидат технічних наук, доцент, доцент,

Київський національний університет будівництва і архітектури,

м. Київ, Україна

balaka.mm@knuba.edu.ua,

ORCID:0000-0003-4142-9703

**Мачишин Григорій Миколайович,**

кандидат технічних наук, доцент, викладач

Київський механіко-технологічний фаховий коледж,

м. Київ, Україна

ma4ichin@gmail.com,

ORCID: 0000-0002-8230-0060

**Анотація.** Річстакери на сьогодні є ефективною й маневреною технікою для контейнерних перевезень у вантажних терміналах і портах. Очевидним є те, що проектування такої техніки зумовлює практичний інтерес спеціалістів машинобудівної галузі, однак відсутність у відкритих джерелах інформації конструктивних або кінематичних схем механізмів керування обладнанням та рекомендацій щодо до їх розрахунку не дозволяє здійснити ефективний підхід до створення та модернізації річстакерів. У результаті проведених досліджень розроблено методику розрахунку механізму повороту захватного пристрою

річстакера, яка враховує кінематичні та силові параметри роботи контейнерного спредера і може бути використана як на стадіях проектування чи конструювання механізмів, так і у режимах реальної експлуатації річстакера.

**Ключові слова:** річстакер, спредер, механізм повороту, момент опору, навантаження, контейнер.

**Вступ.** Вантажні термінали та порти і донині використовують для роботи з контейнерами козлові та порталні крани, а також вилкові навантажувачі великої вантажопідйомності. Однак їх поступово витісняють більш маневрені річстакери, які забезпечують зростаючий рівень контейнерних перевезень.

Річстакер є особливим видом навантажувачів, що має деякі зовнішні ознаки гідравлічного автокрану завдяки наявності телескопічної стріли, на кінці якої закріплено пристрій для захоплення контейнерів (спредер). Головними параметрами річстакера є вантажопідйомність, кількість ярусів контейнерів, у які вони штабелюються, колісна база трактора й робоча маса. Додатковими характеристиками є можливість роботи з різними видами спредерів, потужність двигуна, тип трансмісії та особливості ходового обладнання [1–4].

Зауважимо, що будова річстакера різних фірм-виробників є однотипною (рис. 1), але у деяких моделей є певні конструктивні особливості, які полягають у зміні взаємного розміщення кабіни та стріли, форми стріли. Це дозволяє застосовувати їх для завантаження контейнерів у трюми плавзасобів, роботи з контейнерами на залізничних платформах або спеціальних автопричепах.



Рис. 1. Річстакери при виконанні контейнерних перевезень

Значна кількість функціональних та економічних переваг річстакерів у порівнянні з існуючою технікою для роботи з контейнерами зумовлює практичну необхідність розроблення методики проєктування механізмів системи керування робочим обладнанням, зокрема розрахунку механізму повороту захватного пристрою, який призначений для полегшення процесу захоплення контейнера та його точного встановлення при формуванні ярусів або при встановленні контейнерів на залізничні платформи чи спеціальні автопричепи.

**Виклад основного матеріалу та результатів дослідження.** Проєктування річстакера представляє практичний інтерес для фахівців транспортних систем, але в доступних довідкових і літературних джерелах відсутні конструктивні або кінематичні схеми механізмів керування обладнанням та рекомендації щодо їх розрахунку. Зважаючи на це, механізм повороту захватного пристрою річстакера будемо розраховувати за

кінематичною схемою (рис. 2) із врахуванням маси захопленого контейнера з вантажем для проєктованого обладнання машини.

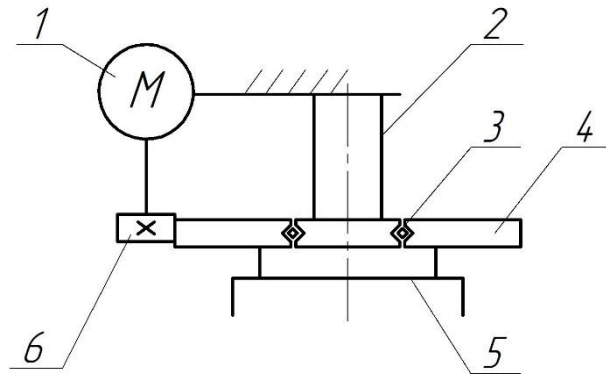


Рис. 2. Кінематична схема механізму повороту спредера: 1 – мотор; 2 – рама перехідна; 3 – вузол опорний підшипниковий; 4 – вінець зубчастий; 5 – рама верхня (поворотна частина спредера); 6 – шестірня

Момент опору повороту спредера під час пуску (при роботі з контейнером максимального розміру для проєктованого річстакера) визначаємо за виразом

$$M = M_1 + M_2, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (1)$$

де  $M_1$  – момент опору повороту спредера, який створюється силами тертя в механізмі, Н·м;  $M_2$  – момент опору повороту спредера, який створюється силами інерції (динамічний момент), Н·м.

Момент опору повороту спредера [1], який створюється силами тертя в механізмі, визначаємо за формулою

$$M_1 = 0,5 \cdot \mu \cdot D \cdot \frac{\sum N}{\cos \beta}, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (2)$$

де  $\mu$  – приведений коефіцієнт тертя в підшипниках кочення опорного підшипникового вузла;  $D$  – діаметр доріжки кочення опорного підшипникового вузла, м;  $\beta$  – кут нахилу поперечної осі роликів до вертикалі, град;  $\sum N$  – сумарне навантаження на ролики, Н.

Сумарне навантаження на ролики визначаємо за формулою

$$\sum N = \frac{G_p}{\cos \beta} \cdot \left( 1 - \frac{2\varphi}{\pi} + 8 \cdot \frac{e \cdot \sin \varphi}{\pi \cdot D} \right), \text{ Н}, \quad (3)$$

де  $G_p$  – рівнодіюча зовнішніх навантажень [5]

$$G_p = (m_{p.осн} + m_{в.с} + m_{пр.спр} + m_{конт}) \cdot g, \text{ Н}, \quad (4)$$

де  $m_{p.осн}$  – маса основної рами спредера, кг;  $m_{в.с}$  – маса висувних секцій спредера, кг;  $m_{пр.спр}$  – маса елементів приводу, кг;  $m_{конт}$  – маса контейнера із вантажем за номінальною вантажопідйомністю проектованого річстакера, кг;  $e$  – відстань від осі обертання до рівнодіючої зовнішніх навантажень

$$e = \frac{M_{кр}}{G_p}, \text{ м}, \quad (5)$$

де  $M_{кр}$  – крутний момент

$$M_{кр} = m_{конт} \cdot l_1 \cdot g, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (6)$$

де  $l_1$  – відстань від осі обертання до точки максимального зміщення центру ваги вантажу в контейнері, орієнтовно можна прийняти  $l_1 = \frac{l_{конт}^{max}}{4}$ , м, де  $l_{конт}^{max}$  – максимальна довжина контейнера відповідного типу, м.

Визначення параметру  $\varphi$  здійснюємо за виразом  $\varphi = \arccos\left(\frac{D}{4e}\right)$ , рад [1].

Момент опору повороту спредера із контейнером, який створюється силами інерції (динамічний момент), визначаємо за формулою

$$M_2 = I \cdot E, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (7)$$

де  $E$  – кутове прискорення

$$E = \frac{2a}{l_{конт}^{max}}, \text{ рад/с}, \quad (8)$$

де  $a$  – мінімальне кутове прискорення спредера, м/с<sup>2</sup>;  $I$  – момент інерції обертальних мас спредера [3]

$$I = \gamma \cdot \beta \cdot \left( m_{конт} \cdot \frac{l_{конт}^{max}}{4} + m_{в.с} \cdot \frac{l_{спр}^{max}}{4} \right), \text{ кг/м}^2, \quad (9)$$

де  $l_{\text{спр}}^{\text{max}}$  – ширина спредера при максимально висунутих секціях, м; значення  $\frac{l_{\text{конт}}^{\text{max}}}{4}$  і  $\frac{l_{\text{спр}}^{\text{max}}}{4}$  встановлюють відстань від осі обертання спредера до центрів мас відповідних елементів;  $\gamma$  – коефіцієнт, який враховує інерційність поворотної частини;  $\beta$  – коефіцієнт, який враховує інерційність механізму повороту.

Максимальний момент, приведений до осі обертання спредера

$$M' = (0,85 \dots 0,92) \cdot M, \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (10)$$

Гальмівний момент повороту спредера [1]

$$M_{\text{T}} = \omega^2 \cdot \frac{1+r}{2 \cdot r \cdot \beta'} \cdot I \cdot g, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (11)$$

де  $r$  – коефіцієнт усереднення моментів розгону і гальмування;  $\beta'$  – кут повороту спредера, рад.

Потужність гідромотора приводу механізму повороту спредера визначаємо за формулою

$$N_{\text{ГМ.пов}} = \frac{M' \cdot \omega}{10^3 \eta_{\text{пов}}}, \text{ кВт}, \quad (12)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість поворотної частини спредера, рад/с;  $\eta_{\text{пов}}$  – коефіцієнт корисної дії механізму повороту визначається в залежності від конструктивного виконання вузла.

Після розрахунку потужності  $N_{\text{ГМ.пов}}$  приймається гідромотор-редуктор з потрібними технічними характеристиками.

Час повороту спредера з контейнером [2] на кут  $\beta'$

$$t_{\text{пов}} = \frac{g \cdot I \cdot \omega^2}{248 \cdot N_{\text{ГМ}} \cdot \eta_{\text{пов}}} \cdot (1,37 + \eta_{\text{пов}}^2) + \frac{\beta'}{\omega}, \text{ с}, \quad (13)$$

де  $N_{\text{ГМ}}$  – потужність прийнятого гідромотор-редуктора механізму повороту спредера, кВт.

Передаточне число ступені «зубчатий вінець – шестірня гідромотора»

$$U_{\text{P}} = \frac{n_{\text{ГМ}}}{n_{\text{спр}}}, \quad (14)$$

де  $n_{\text{ГМ}}$  – частота обертання валу гідромотор-редуктора,  $\text{хв}^{-1}$ ;  $n_{\text{спр}}$  – частота обертання поворотної частини спредера,  $\text{хв}^{-1}$ .

Надалі за допомогою кінематичних розрахунків визначаються кількість зубів зубчастого вінця та шестірні гідромотора, інші геометричні параметри [6], крутні моменти, що діють у механізмі повороту захватного пристрою.

**Висновки.** В результаті проведених досліджень кінематичних й силових параметрів роботи спредера для переміщення та штабелювання габаритних контейнерів представлено методику розрахунку механізму повороту захватного пристрою річстакера, яка може використовуватися на стадіях проєктування або конструювання механізмів, а також у режимах реальної експлуатації вантажопідіймальної техніки на технологічних об'єктах вантажних терміналів і портів.

При цьому враховуються вагові характеристики захопленого контейнера з вантажем та елементів конструкції проєктованого річстакера, що, в свою чергу, дозволяє виконати ефективний підхід до створення або модернізації техніки.

### List of References

1. Livinskyi, O. M., Kurok, O. I., Pelevin, L. Ye., Malich, V. O., Kovalenko, V. M., Babychenko, V. Ya., Rusan, I. V., Volianiuk, V. O., Mischuk, D. O., Machyshyn, H. M. (2016). Pidiomno-transportni ta vantazhno-rozvantazhuvalni mashyny [Lifting transport and cargo-handling machines]. Kyiv. UAN, MP Lesia. 677 [in Ukrainian].
2. Izteleuova, M. S., Hrytsuk, I. V., Arimbekova, P. M., Tarandushka, L. A. (2021). Orhanizatsiia ta lohistyka perevezen [Organization and logistics of transportation]. Kherson. Oldi plus. 264 [in Ukrainian].
3. Mischuk, D. O., Mischuk, Ye. O., Balaka M. M. (2021). Otsinka mozhlyvostei nakopychennia enerhii pryvodom avtonavantazhuvacha [Evaluating the energy storage capabilities of fork-lift actuator]. *Bulletin of Kharkiv National Automobile and Highway*, (95), 171–177. <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2021.95.0.171> [in Ukrainian].

4. Cherikov, I. M., Lysak, S. I., Levchuk, K. O., Balaka, M. M. (2023). Mekhanizm bichnoho zmischennia konteinernoho spredera [Lateral displacement mechanism of container spreader]. *Prodovolcha ta ekolohichna bezpeka v umovakh viiny ta povoiennoi vidbudovy: vyklyky dlia Ukrainy ta svitu: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, sektsiia 5: Inzheneriia, enerhetyka ta informatsiini tekhnolohii v umovakh viiny ta pisliavoiennii vidbudovi krainy (25 travnia 2023 r., m. Kyiv)* [Food and environmental security in the conditions of war and postwar reconstruction: challenges for Ukraine and the world: materials of the International Scientific and Practical Conference, Section 5: Engineering, energy and information technologies in the conditions of war and postwar reconstruction of the country (May 25, 2023, Kyiv)], 267–270 [in Ukrainian].

5. Lysak, S. I., Cherikov, I. M., Fedorchuk, M. O. (2023). Proiektuvalni rozrakhunky masovykh ta heometrychnykh parametriv richstakera [Design calculations of mass and geometric parameters for reach stacker]. *Advanced discoveries of modern science: Experience, Approaches and Innovations: proceedings of the III International Scientific and Theoretical Conference, (January 20, 2023, Amsterdam)*, 142–144 [in Ukrainian].

6. Palamarchuk, D. A. (2019). Detali mashyn. Kursove proektuvannia [Machine details. Course design]. Kyiv. Komprynt. 220 [in Ukrainian].

## **ANALYSIS OF THE RELIABILITY OF THE NAVIGATION COMPLEX AND ITS INFLUENCE ON THE FUNCTIONING OF THE MARITIME LOGISTICS SYSTEM**

**Abramov Gennadiy Serafimovich**

Associate Professor of the Department of Navigation, Candidate of Physical and

Mathematical Sciences

Kherson State Maritime Academy

Kherson, Ukraine

[gennadabra@gmail.com](mailto:gennadabra@gmail.com)