

УДК 621.867.2

Ткачук Катерина Володимирівна

кандидат технічних наук,

доцент кафедри підйомно-транспортних машин і деталей машин

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Ткачук Екатерина Владимировна

кандидат технических наук,

доцент кафедры подъемно-транспортных машин и деталей машин

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Tkachuk Kateryna

PhD in Engineering sciences, Associate Professor of the

Department of Lifting-transport Machines and Details of Machines

Pryazovskyi State Technical University

**ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖУВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ
СТВОРЕННІ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ
ПІДВИЩЕНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ
ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ
СОЗДАНИИ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОВЫШЕННОЙ
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ
APPLICATION OF ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN THE
CREATION OF RELOADING COMPLEXES OF THE INCREASED
OPERATIONAL RELIABILITY**

Анотація. Досліджено теоретичні питання енергозберезувальних технологій при обслуговуванні суден типу *Handymax, Suezmax, Panamax*, підвищення вимог до якості та продуктивності перевантажувальних комплексів. Розглядається задача зниження матеріалоемності і

енергоспоживання, підвищення надійності порталних кранів на стадії їх проектування або модернізації за рахунок раціонального визначення геометричних і вагових параметрів стрілової системи, мінімізації розгойдувань вантажу при його горизонтальному переміщенні, врахування динамічних навантажень від дії вітру та появи криги взимку, вдосконалення та вибір матеріалів для виготовлення елементів стрілової системи. Запропонована методика розрахунку динамічної складової вітрового навантаження при різних умовах дії тиску вітру з урахуванням технології перевантажувальних робіт, парусності вантажів та векторної природи вітрового навантаження. Представлені рекомендації щодо вибору матеріалу та захисного покриття металоконструкції порталних кранів в умовах агресивного середовища портів.

Ключові слова: перевантажувальні комплекси, порталні крани, проектування, динамічні навантаження, тиск вітру, крига, корозія.

Анотація. Исследованы теоретические вопросы энергосберегающих технологий при обслуживании судов типа *Handyтах, Suezтах, Rapатах*, повышение требований к качеству и производительности перегрузочных комплексов. Рассматривается задача снижения материалоемкости и энергопотребления, повышения надёжности порталных кранов на стадии их проектирования или модернизации за счёт рационального определения геометрических и весовых параметров стреловой системы, минимизации колебаний груза при его горизонтальном перемещении, учёта динамических нагрузок от действия ветра и появление льда зимой, усовершенствование и выбор материалов для изготовления элементов стреловой системы. Предложена методика расчёта динамической составляющей ветровой нагрузки при разных условиях действия силы ветра с учётом технологии перегрузочных работ, парусности грузов и векторной природы ветровых нагрузок. Представлены рекомендации по выбору материала и защитного

покрытия металлоконструкций порталных кранов в условиях агрессивной среды портов.

Ключевые слова: *перегрузочные комплексы, порталные краны, проектирование, динамические нагрузки, давление ветра, лёд, коррозия.*

Summary. *The theoretical issues of energy-saving technologies for servicing studios such as Handymax, Suezmax, Panamax, increasing the requirements for the quality and performance of transshipment complexes are investigated. The problem of reducing material consumption and energy consumption, increasing the reliability of gantry cranes at the stage of their design or modernization by rational determination of the geometrical and weight parameters of the boom system, minimizing the fluctuation of the load during its horizontal movement, taking into account dynamic loads from the action of wind and the appearance of ice in winter, improving and selection of materials for the manufacture of elements of the boom system. A method is proposed for calculating the dynamic component of the wind load under different conditions of action of the wind force, taking into account the technology of transshipment operations, windage of cargo and the vector nature of wind loads. Recommendations on the choice of material and protective coating for the metal structures of gantry cranes in an aggressive environment of ports are presented.*

Key words: *transshipment complexes, gantry cranes, design, dynamic loads, wind pressure, ice, corrosion.*

Вступ. *Розвиток транспортно-економічних відносин, обслуговування суден типу Handymax, Suezmax, Panamax, підвищення вимог до якості, продуктивності та надійності перевантажувальних комплексів потребує оновлення парку портових машин. В умовах ринкових відносин необхідно інтенсивно та завчасно впроваджувати технології модернізації та вдосконалювати продукцію. Підвищення надійності конструкцій*

перевантажувальних комплексів, зниження металоємності, покращення експлуатаційних показників, розширення функціональних можливостей є важливим напрямком роботи з удосконалення існуючих та проектування нових порталних кранів.

Стан досліджень. Стаття базується на роботах вітчизняних та закордонних вчених, присвячених створенню раціональної конструкції стрілової системи порталних кранів з урахуванням усіх можливих навантажень. В статті Коваленка [1, с. 20] розподіл навантаження на кранові механізми виконується графо-аналітичними та аналітичними методами розрахунку, але ця методика не дозволяє автоматизувати процес розрахунку, синтезу і оптимізації шарнірно-зчленованих стрілових систем. В роботі Ловейкіна [2, с. 40-43] досліджено рушійні сили, діючі на механізм зміни вильоту стріли та запропоновані оптимальні закони руху стрілової систем. Але ця методика не дає можливості коригувати та поліпшувати параметри стрілових систем на реальних, введених в експлуатацію порталних кранів. Сербськими вченими [3, с. 347-349] запропонована динамічна модель вітрових навантажень на металоконструкцію порталного крана в залежності від кута дії вітрового потоку та при певних положеннях стрілової системи. Але відсутність аналітичних залежностей вітрових навантажень від загальних координат руху кранових механізмів не дозволяє виконувати дослідження впливу на показники ефективності та працездатності кранів. В зазначених роботах не враховується при розрахунках механізму зміни вильоту стріли та механізму обертання крану складова вітрового навантаження, що викликається швидкістю обертання поворотної частини крана та збільшує на 30-40% навантаження від дії вітру. Не розглянуті залежності швидкості вітру від типу крана, технології перевантажувальних робіт та парусності вантажів, вплив криги на поверхню крана. Турецькими вченими [4, с. 758-759] розроблено частотний пристрій «анти-розгойдування», але практика експлуатації кранів, обладнаних цією

автоматизованою системою показали, що вона характеризується довгою затримкою подальшого руху, уповільненою реакцією крана на прискорення.

Таким чином, до цього часу не вирішена проблема синтезу стрілових систем за критеріями металоємності і енергоспоживання з урахуванням розгойдування вантажу при додаткових вітрових навантаженнях.

Метою досліджень є підвищення ефективності перевантажувальних комплексів, зменшення матеріалоємності і енергоспоживання порталних кранів шляхом вдосконалення методів проектування і синтезу врівноваженої стрілової системи за умовами оптимальних законів руху вантажу при дії вітру різної швидкості.

Для досягнення зазначеної мети у роботі передбачено вирішення таких наукових завдань:

- скласти розрахункову схему дії вітрових навантажень з урахуванням впливу швидкостей руху кранових механізмів та зміни швидкості вітру за висотою крана;
- підвищити надійність та рівень функціональних властивостей металоконструкції стрілової системи в умовах агресивного середовища портів завдяки раціональному вибору захисного покриття;
- зменшити коливання вантажу за рахунок оптимізації режиму руху стрілової системи;
- вдосконалити управління логістичними процесами перевантажувальних комплексів за допомогою теорії нечіткої логіки.

У роботі встановлено сутність впливу сили від тиску вітру на механізм зміни вильоту стріли та визначимо шляхи зменшення сумарної сили в зубчастій рейці для зменшення потужності привода. Для цього побудуємо розрахункову схему дії вітрового зусилля (рис. 1).

Автором запропонована методика визнаення динамічної складової вітрового навантаження, яка зроблена на платформі MS Excel [5, с. 85-86], що дає змогу визначити навантаження від тиску вітру, що діє на рейку механізму

зміни вильоту при різних вильотах стріли та різних напрямках вітру і при різних комбінаціях навантаження рейки.

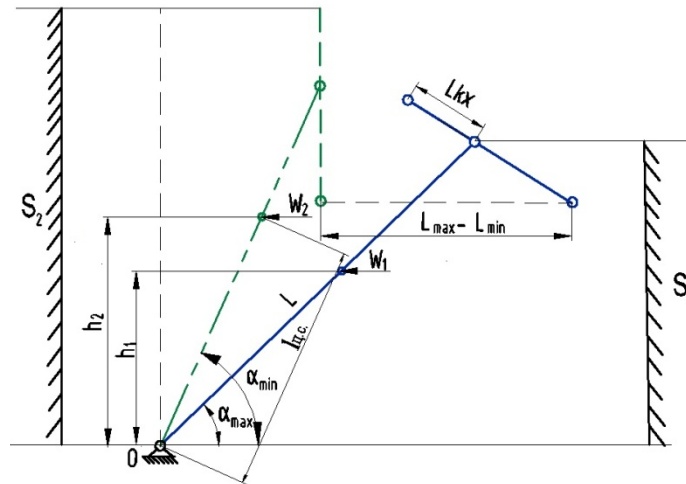


Рис. 1. Схема визначення вітрового зусилля на стрілову систему порталного крана

Джерело: розробка автора: на основі [5, с. 84]

У статті обґрунтовано використання матеріалу металоконструкцій порталних кранів в умовах агресивного середовища. При тривалій експлуатації порталних кранів під впливом циклічних навантажень виникає деградація матеріалу, яка передбачає зниження фізико-хімічних властивостей матеріалу, а саме пластичність та ударна в'язкість. Це призводить до зниження опору крихкого руйнування [6, с. 79; 7, с. 37]. Рекомендовано для виготовлення елементів стрілової системи використовувати листову сталь СтЗсп товщиною 6-8 мм, класу міцності 250-325 з допустимими напругами 180-190-200 МПа з додатковим застосуванням захисного покриття значної товщини (не менш 100 мкм) із високою об'ємною часткою високотвердих фаз (карбідів та карборидів елементів IV-VI груп), яке покращує механічні характеристики матеріалу, підвищує рівень зносостійкості, теплостійкості та стійкості до високотемпературного окислення. Нанесення таких покриттів забезпечить підвищення довговічності деталей в умовах зношування та дії агресивних середовищ не

менше, ніж на 25 %.

Автором запропоновано управління коливанням вантажу за рахунок оптимізації режиму руху стрілової системи [8, с. 8-9]. Завдяки комплексному автоматизованому синтезу стрілової системи, зменшена залежність між кутом повороту стріли й горизонтальним переміщенням кінцевої точки хобота, тобто при рівномірному обертанні стріли навколо шарніра, кінцева точка хобота (точка підвісу) рухається більш рівномірно.

Висновки. Результати роботи становитимуть практичний інтерес для підприємств машинобудівної галузі з метою вирішення проблеми оновлення парку порталних кранів. Проект спрямований на підвищення продуктивності та надійності перевантажувальних комплексів шляхом застосування енергозберезувальних технологій при проектуванні, синтезі та оптимізації стрілових систем порталних кранів. Передбачається проведення маркетингових досліджень щодо впровадження результатів у виробництво та трансферу отриманих результатів на ринок України та інших країн.

Література

1. Коваленко, В. А. Пути повышения надёжности работы механизма изменения вылета порталных кранов / В. А. Коваленко, Д. О. Берников, А. Ф. Моисеенко // *Машинобудування: Зб. наукових праць*. Харків: УПА, 2015. №15. С. 18-27.
2. Ловейкін, В. С. Исследование движущих сил в механизме изменения вылета стреловой системы крана / В. С. Ловейкин, Д. А. Паламарчук // *Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини: Зб. наук. праць*. Київ: КНУБА, 2014. № 84. С. 39–45.
3. Radoicic Goran. Dynamic response of heavy-lifting shipyard machines to resonant environmental load conditions / Goran Radoicic, Mimir Jovanovic // *Facta Universitatis. Series: Working and Living Protection*, 2015. №3. Vol. 12. PP. 341-358.

4. Azeloglu, C. Oktay. Natural frequency analysis of lattice boom crane theoretically and experimentally / C. Oktay Azeloglu, Seyhan Ozen, Ayse Edincliler // International Journal of Steel Structures. New York: Springer, 2017. PP. 757-762.
5. Ткачук К. В. Визначення вітрових навантажень, діючих на механізм зміни вильоту стріли / Ткачук К. В., Суглобов В. В. // Підйомно-транспортна техніка: Науково-технічний та виробничий журнал. Одеса: Одеський національний університет, Підйомно-транспортна академія наук України, 2019. Вип. №1 (60). С. 81-90.
6. Немчук О. О. Експлуатаційна пошкодженість та її вплив на опір крихкому руйнуванню сталей портових кранів / О. О. Немчук, П. О. Семенов, О. А. Нестеров // Праці VI Міжнародної науково-технічної конференції "Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування", 24-27 вересня 2019 р. Т. : ТНТУ, 2019. С. 76-79. (Діагностування пошкоджень).
7. Реценко І., Фуртатов. Ю. Деградація розрахункових металоконструкцій порталних кранів в умовах тривалої наднормативної експлуатації / І. Реценко, Ю. Фуртатов // Машинознавство: Збірник наукових праць. Харків: УПА, 2011. №9-10. С. 36-40.
8. Ткачук, К. В. Обґрунтування раціональних конструктивних параметрів шарнірно-зчленованих стрілових систем порталних кранів : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.05 / Ткачук Катерина Володимирівна // Українська інженерно-педагогічна академія. Харків, 2017. 23 с.