

Технічні науки

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 подъёмно-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

**ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ВАГИ ЕЛЕМЕНТІВ СТІЛОВОЇ
СИСТЕМИ ПОРТАЛЬНИХ КРАНІВ
СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССЫ ЭЛЕМЕНТОВ СТРЕЛОВОЙ
СИСТЕМЫ ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ
METHODS FOR DETERMINING THE MASS OF ELEMENTS OF THE
BOOM SYSTEM OF GANTRY CRANES**

Анотація. Досліджено теоретичні питання технологій проектування порталних кранів за допомогою сучасних засобів визначення вагових характеристик кожного елемента стрілової системи. Розглядається задача комплексного синтезу стрілової системи порталного крана та надається пропозиція щодо формування вихідних вагових даних для запуску програми розрахунку цієї системи. Запропонована методика розрахунку ваги елементів стрілової системи.

Виконана апробація запропонованого методу визначення вихідних вагових даних стосовно до експлуатованих порталних кранів.

Ключові слова: порталні крани, проектування, стрілова система, вага, апроксимація, коефіцієнт кореляції, коефіцієнт детермінованості.

Аннотація. Исследованы теоретические вопросы технологий проектирования порталных кранов с помощью современных способов определения весовых характеристик каждого элемента стреловой системы. Рассматривается задача комплексного синтеза стреловой системы порталного крана и представляются предложения по формированию входных весовых данных для запуска программы расчёта этой системы. Предложена методика расчёта веса элементов стреловой системы. Выполнена апробация предложенного метода определения весовых данных, исходя из данных порталных кранов, находящихся в эксплуатации.

Ключевые слова: порталные краны, проектирование, стреловая система, апроксимация, коэффициент корреляции, коэффициент детерминации.

Summary. The theoretical issues of technologies for designing portal cranes using modern methods of determining the weight characteristics of each element of the boom system are investigated. The problem of complex synthesis of the gantry crane boom system is considered and proposals for the formation of input weight data for starting the program for calculating this system are presented. A method for calculating the weight of the boom system elements is proposed. The proposed method for determining the weight data was tested on the basis of the data of portal cranes in operation.

Key words: gantry cranes, design, boom system, approximation, correlation coefficient, determination coefficient.

Вступ. Морські та річні порти – важлива частина транспортно-виробничої інфраструктури України. Від рівня їх технологічності і технічного оснащення залежить конкурентноспроможність українського транспортного комплексу на світовому ринку. Одним з основних засобів механізації, що забезпечують виробничий процес в портах, починаючи з розвантаження сировини або напівфабрикатів і закінчуючи відвантаженням готової продукції, є перевантажувальні порталні крани.

Основні технічні характеристики та експлуатаційні властивості порталні крани надаються, головним чином, на стадії проектування. Тому, дослідження, спрямовані на вдосконалення процесу проектування стрілової системи, розробку автоматизованого розрахунку і синтезу з метою підвищення продуктивності кранів при одночасному зниженні їх енергоємності та металоємності, завжди будуть актуальні і затребувані.

В роботі представлені матеріали з питання автоматизованого проектування стрілової системи, пов'язані з використанням програмного забезпечення для визначення вагових даних.

Стан досліджень. На стадії проектування порталних кранів вирішується завдання загального компоновання крана, розробки кінематичних схем основних систем, визначення розмірів і ваги їх ланок. Для вирішення цього завдання вітчизняними та закордонними вченими пропонуються різні підходи, з яких найбільш перспективним і раціональним є автоматизований синтез [1, с. 82; 2, с. 35; 3, с. 758]. До складу вихідних даних, необхідних для запуску програми автоматизованого синтезу стрілової системи крана, входять геометричні параметри ланок і їх вагові характеристики [4, с. 266].

Питання визначення вагових параметрів сталевих конструкцій коробчатого перетину показано в ряді робіт [5, с. 161; 6, с. 91]. Однак в цих роботах цільовими функціями є або мінімально необхідна площа поперечного перерізу, або висота перетину, для визначення яких потрібно

попередньо виконати силовий розрахунок всієї конструкції крана. У наукових працях [4; 5] даються рекомендації щодо визначення мінімально необхідної площі перерізу балки і висоти її перетину.

Таким чином, запропоновані методи не дозволяють визначати вагу ланок стрілової системи в залежності від їх геометричних довжин і номінальної вантажопідйомності крана.

В роботі розглядається задача визначення вагових параметрів стріли, хобота і відтяжки за геометричними даними, отриманих при автоматизованому синтезі стрілової системи, щоб ввести їх в програму розрахунку та проектування порталного крана.

Метою досліджень є розробка методики визначення вхідних вагових даних, що дозволяє забезпечити безперервність процесу автоматизованого проектування.

Автором цього дослідження вперше була поставлена задача комплексного синтезу стрілової системи порталного крана в роботах [5; 6] та надано пропозиції щодо формування вихідних геометричних і вагових даних для запуску програми розрахунку цієї системи [7; 8, с. 41].

У представлений роботі виконано аналіз чинників, що впливають на вагу стрілової системи; проведена оцінка факторів для визначення прогнозованої ваги; зібрано та систематизовано матеріал про геометричні розміри і вагу ланок стрілової системи 52 кранів 8 типів, а саме: Альбатрос, Марк – 25, Сокіл, Азовець, Кондор, Марк – 36, Марк – 40, Марк – 45.

Встановлено, що головним визначальним чинником прогнозування ваги є номінальна вантажопідйомність, отримана з технічного завдання на проектування порталного крана. Виявлено, що головні технічні параметри всіх кранів однакової вантажопідйомності знаходяться у вузькому діапазоні. Вузький діапазон технічних параметрів, однотипність конструкції і геометричної форми елементів стрілової системи,

властивостей матеріалів, характеру навантаження кранів дозволяють зробити припущення, що у кранів однакової вантажопідйомності усереднена вага одного погонного метра стріли, хобота, відтяжки будуть близькі.

На основі опрацьованих статистичних даних досліджених отримані значення ваги одного погонного метра ланок стрілової системи і розглянуто їх взаємозв'язок з номінальною вантажопідйомністю крана.

Визначено, що значення усередненої ваги одного погонного метра кожного елемента стрілової системи в залежності від вантажопідйомності, можуть бути описані різними аналітичними функціями. Щоб визначити функцію, яка найкраще описує залежність між параметрами, для кожної апроксимації обчислені коефіцієнти детермінації і коефіцієнт кореляції (табл. 1).

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів кореляції та детермінованості

Коефіцієнт кореляції	Стріла	Хобот	Відтяжка
		0,739	0,918
Коефіцієнт детермінованості для лінійної апроксимації	0,547	0,842	0,778
Коефіцієнт детермінованості для квадратичної апроксимації	-23878	0,845	0,818
Коефіцієнт детермінованості для експоненційної апроксимації	0,471	0,776	0,749
Коефіцієнт детермінованості для логарифмічної апроксимації	1,09	1,148	1,361

Джерело: розробка автора

Згідно з рекомендаціями, що містяться в роботах [5, с. 162; 6, с. 93], емпірична формула найточніше відображає експериментальні дані, якщо коефіцієнт детермінованості практично дорівнює коефіцієнту кореляції і знаходиться в інтервалі (0-1). З урахуванням цього, можна стверджувати, що залежність для стріли найкращим чином описується лінійною функцією, для хобота і відтяжки – квадратичними функціями.

Визначити усереднену вагу одного погонного стріли, хобота і

відтяжки можна при використанні графіків залежностей від вантажопідйомності, що допоможе розрахувати вагу кожної ланки стрілової системи.

Запропонований метод формування значень вагових параметрів в якості вхідних даних для програм синтезу стрілової системи перевірено шляхом порівняльного аналізу з ваговими параметрами порталних кранів, які використовуються в морських торговельних портах України (табл. 2).

Таблиця 2

Порівняльний аналіз отриманих результатів з ваговими характеристиками стрілової системи [5, с. 163]

Результати розрахунку запропонованим методом для $Q = 40 \text{ т}$	Типи порталних кранів		Відхилення від розрахунку, %
	Марк-45	Марк-40	
$G_c = 21415 \text{ кг}$ $G_x = 11557 \text{ кг}$ $G_g = 4303 \text{ кг}$	$G_c = 26985 \text{ кг}$ $G_x = 19190 \text{ кг}$ $G_g = 5910 \text{ кг}$	$G_c = 20000 \text{ кг}$ $G_x = 14425 \text{ кг}$ $G_g = 4340 \text{ кг}$	7% 20% 1%

Джерело: розробка автора

Порівняльний аналіз підтверджує правильність прийнятого методу визначення основних вагових параметрів для комплексного синтезу стрілової системи і показує, що вага ланок існуючих кранів завищена.

Висновки. Автором вирішена задача визначення вхідних вагових даних в залежності від номінальної вантажопідйомності крана і геометричних характеристик елементів стрілової системи, що дозволяє зробити процес автоматизованого проектування безперервним.

Виконана апробація запропонованого методу визначення вихідних вагових даних стосовно до експлуатованих порталних кранів.

Результати роботи є розвитком існуючих програм оптимізації та основою для комплексного автоматизованого синтезу та оптимізації стрілових систем порталних кранів.

Література

1. Андрианов Е. Н. Актуальные вопросы конструирования и расчёта механизма изменения вылета стрелы порталных кранов / Е. Н. Андрианов, А. Н. Иванов // Журнал университета водных коммуникаций. СПб, 2010. Вып.2. С. 81-92.
2. Ловейкін В. С. Метод мінімізації коливань вантажу в шарнірно-зчленованій стріловій системі крана під час зміни вильоту / В. С. Ловейкін, Д. А. Паламарчук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. 2010. № 76. С. 35–40.
3. 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. P.757-762.
4. Суглобов В. В. Метод расчёта входных данных для автоматизированного проектирования шарнирно–сочленённой системы порталного крана / В. В. Суглобов, В. А. Михеев, Е. В. Ткачук // Вестник ХНАДУ: Сб. науч. трудов. Харьков: ХНАДУ, 2012. Вып. №.57 С. 264-269.
5. Суглобов В. В. Определение конструктивных параметров шарнирно-сочленённых стреловых систем порталных кранов / В. В. Суглобов, Е. В. Ткачук // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2017. №1 (67). С. 156-166. doi: 10.15802/stp2017/92618
6. Суглобов В. В. Определение варьируемых конструктивных параметров уравновешивающих устройств. / В. В. Суглобов, С. В. Ракша, Е. В. Ткачук // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2018. № 4 (76). С. 89-100. doi: 10.15802/stp2018/140555

7. Ткачук К. В. Застосування енергозберезувальних технологій при створенні перевантажувальних комплексів підвищеної експлуатаційної надійності // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». Київ: Видавництво «Інтернаука», 2020. Вип. № 5 (85). Том 1. С. 51-55.
8. Ткачук К. В. Сучасне автоматизоване проектування порталних кранів / К. В. Ткачук // Застосування сучасних систем автоматизованого проектування в конструкторській та дослідницькій практиці: Наукові праці Всеукраїнської наук.–прак. конф., м. Харків, 30 квітня 2019 р. Харків: ХНАДУ., 2019. С. 39-42.