УДК621.874

ОСНОВНІ ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ І НАДІЙНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СТРІЛОВИХ КРАНІВ

С.О. Єрмакова, асист., В.Г. Крупко, доц., к.т.н.,
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ

Анотація. *Розглянуто питання підвищення безпеки і надійності при експлуатації стріловидних кранів у надзвичайних ситуаціях. Проаналізовано чинники, що впливають на стійкість кранів у процесі їх експлуатації.*

Ключові слова: *стріловидні крани, безпека, надійність, опорний контур, опорна поверхня.*

ОСНОВНЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРЕЛОВЫХ КРАНОВ

С.А. Ермакова, ассист., В.Г. Крупко, доц., к.т.н.,
Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск

Аннотация. *Рассмотрен вопрос повышения безопасности и надежности при эксплуатации стреловых кранов в чрезвычайных ситуациях. Проанализированы факторы, влияющие на устойчивость кранов в процессе их эксплуатации.*

Ключевые слова: *стреловые краны, безопасность, надежность, опорный контур, опорная поверхность.*

BASIC WAYS TO INCREASE OPERATING SAFETY AND RELIABILITY OF JIB CRANES

S. Yermakova, Teaching Assistant, V. Krupko, Assoc. Prof., Cand., Eng. Sc.,
Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk

Abstract. *A way to increase the safety and reliability of jib cranes in emergencies has been considered. Factors influencing the crane stability during their operation have been analyzed.*

Key words: *jib crane, safety, reliability, support contour, bearing surface.*

Вступ

На сьогодні важко уявити роботу промислових підприємств, будівельних майданчиків та суднобудування без стрілових кранів. Основні переваги таких кранів полягають у високій мобільності, маневреності й у виконанні широкого спектра робіт. Стрілові крани виконують вантажно-розвантажувальні, будівельні та ремонтно-відновлювальні роботи в усіх галузях господарського комплексу України [1]. У зв'язку з їх широким застосуванням забезпечення безпечної та надійної роботи є одним з головних завдань при проектуванні, модернізації та експлуатації кранів. Безпечна експлуатація таких кранів залежить від багатьох чинників, тому однією з найважливіших умов роботи є забезпечення стійкості. Аналіз показує, що втрата стійкості призводить, як правило, до руйнування самої машини без можливості її подальшого відновлення, а також можливих вторинних руйнуваннь і людських жертв. Особливо це важливо, коли машина працює у надзвичайних умовах, немає підготовленого майданчика для встановлення опор, з тих або інших причин вантажопідйомна машина у процесі експлуатації зазнає на собі ненормованих зовнішніх дій,

деформації ґрунту під виносними опорами, вітрових навантажень, наслідків помилок оператора-кранівника. Тому дуже важливим і актуальним завданням є створення оптимальних умов експлуатації і раціональних параметрів опорного устаткування з урахуванням різних умов роботи. Розвиток і подальше удосконалення стрілових кранів не можливі без ретельного дослідження: умов експлуатації кранів, конструкцій виносних опор, навантажень на кран та кожну з опор за різних умов роботи та у надзвичайних ситуаціях.

Аналіз публікацій

У літературі, присвяченій проектуванню та експлуатації стрілових кранів для забезпечення стійкості крана при роботі, значну увагу приділено уточненню зовнішніх навантажень від ваги вантажу, вітру і зміни положення вантажу, а також всі навантаження приведені до площини опору опор на ґрунт [2, 3], але існує багато інших факторів, які впливають на стійкість крана за різних умов роботи.

Мета і постановка задачі

Метою даної роботи є аналіз факторів, які впливають на безпечну і надійну експлуатацію стрілових кранів, а також аналіз умов роботи цих кранів, особливо за надзвичайних ситуацій.

Завдання досліджень полягають у проведенні аналізу умов експлуатації стрілових кранів, конструкцій опорних контурів та їх складових елементів, методик визначення стійкості; а також у проведенні аналізу досліджень з напряму підвищення стійкості стрілових кранів та визначити основні напрями підвищення стійкості за різних умов роботи.

Дослідження факторів, що впливають на стійкість стрілових кранів

Забезпечити необхідну площу опору та опорний контур машини і врахувати всі діючі навантаження на кран та опори в робочому та неробочому стані – одна з найважливіших задач при проектування кранів. Згідно з [4] опорний контур – це контур, який утворюється проекціями прямих ліній, що сполучають вертикальні осі опорних елементів крану. У зв'язку з тим, що стрілові крани, як правило, забезпечені виносними опорами різної конструкції [5], то й опорні контури є різними.

На рис. 1 наведено конструкції виносних опор стрілових кранів.

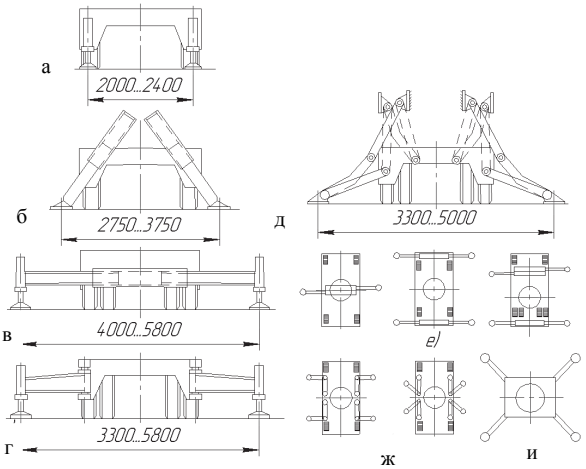

Рис. 1. Виносні опори стрілових кранів: а – вертикальна опора; б – похила опора; в – горизонтальна висувна опора; г – горизонтальна поворотна опора; д – вертикальна поворотна опора; е – схема розміщення горизонтальних висувних опор на рамі шасі; ж – схема розміщення горизонтальних поворотних опор на рамі шасі; и – знімні опори

Виходячи з конструкцій виносних опор, опорні поверхні мають різноманітну конфігурацію (рис. 2).

Особливістю самохідних стрілоподібних кранів є те, що їх вантажопідйомність змінюється в широких межах: так, великим вильотам відповідають менші значення вантажопідйомності, але постійним береться вантажний момент за номінальної вантажопідйомності на максимальному вильоті, таким, що відповідає цій вантажопідйомності.

Тому у стрілоподібних поворотних кранів навантаження на основі є змінним і залежить не лише від ваги вантажу, але і від положення поворотної частини відносно неповоротної й від ваги стріли, тобто від положення рівнодійної усіх сил, що діють на поворотну і неповоротну частини у вертикальній площині. При цьому навантаження передається в основному через чотири або іншу кількість спеціальних виносних опор, якими кран спирається на ґрунт, що служить для розвантаження ходових коліс крана.

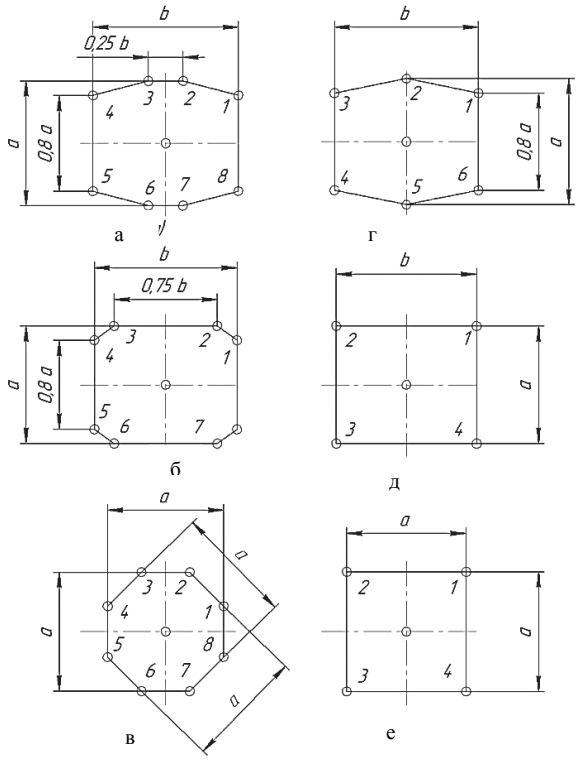

Рис. 2. Опорні поверхні різної конфігурації самохідних кранів

Для визначення навантажень на опорні елементи самохідних стріловидних кранів на кафедрі підйомно-транспортних машин Донбаської державної машинобудівної академії розроблено методику [6], що дозволяє врахувати конструкцію опорної частини, взаємодію її із зовнішнім середовищем, стан ґрунтів та їх фізико-механічні характеристики й їх вплив на стійкість крана.

Розрахункові схеми (рис. 3) показують взаємодію жорсткого опорного контуру машини із ґрунтом, що деформується, і має певний коефіцієнт жорсткості. На схемах (рис. 3, а і б) наведено такі допущення і спрощення:

– візьмемо опорний контур жорстким, таким, що являє собою статично невизначену систему;
– зв’язок між тиском *i*-ї опори і деформацією ґрунту є лінійним;
– навантаження на опори визначаються залежно від положення рівнодійної, величина якої є відомою.

Для визначення навантажень, а відповідно і деформації ґрунту, використовуються три будь-які опорні точки (три опори аутригерів), що не лежать на одній прямій, та визначають одну площину.

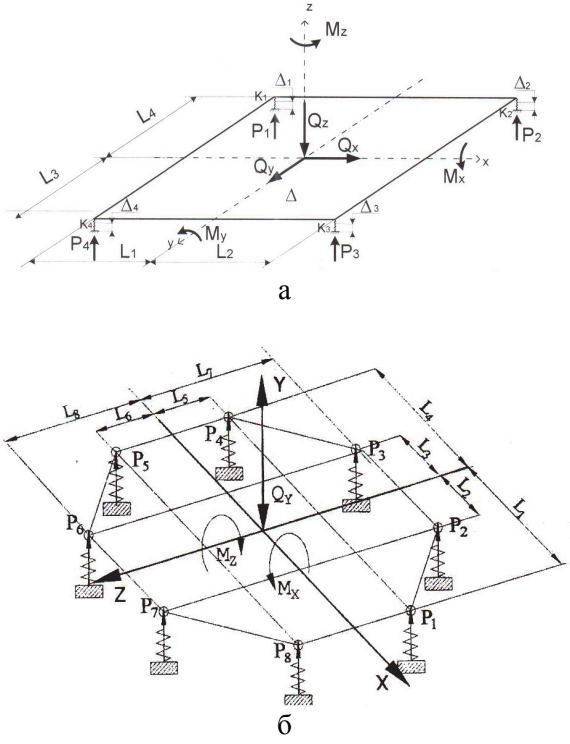

Рис. 3. Розрахункові схеми за різних конфігурацій опорної поверхні

Величина деформації ґрунту під *i*-ю опорою h_i має вигляд такої функціональної залежності

$$h_i = f(k_i, P_i, F_i), \qquad (1)$$

де P_i і F_i – навантаження та опорна площа *i*-ї опори; k_i – коефіцієнт податливості ґрунту.

Використовуючи залежність між деформацією ґрунту і положенням опор, а також враховуючи взаємний вплив опор при роботі крана, отримаємо для схеми рис. 3, б параметричне рівняння [6]

$$h_1 \cdot u_1 + h_2 \cdot u_1 + \ldots + h_i \cdot u_i = 0, \qquad (2)$$

де u_i – коефіцієнти, що враховують взаємодію опор залежно від їх положення.

Використовуючи розрахункові схеми та методику визначення навантажень з урахуванням взаємодії опор із ґрунтом, що має однакову податливість під всіма опорами, отримано такі результати досліджень.

На рис. 4 наведено графік зміни та розподілу навантажень між опорами стрілового крана при повороті стріли крана. Досліджувались навантаження для стрілового крана КС-6371.

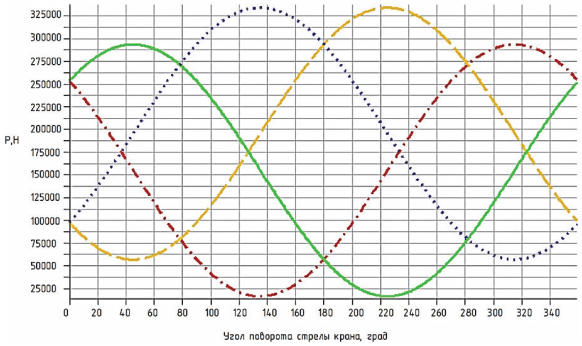

Рис. 4. Графік зміни і розподілу навантажень між опорами крана при повороті стріли крана (на прикладі крана КС-6371)

Аналіз графіків на рис. 4 дозволяє зробити такі висновки: навантаження опорних елементів у процесі роботи крана носять коливальний характер; навантаження, що виникають в опорах крана, змінюються в широких межах залежно від положення елементів крана. При повороті стріли крана найбільші навантаження спостерігаються під опорами 1 і 4 і становлять P = 325 кН, а найменші – під опорами 2 та 3 і становлять 10 кН; при куті повороту стріли крана β=135° друга опора є практично розвантаженою, а при повороті стріли крана на кут β=225° третя опора майже виключається з роботи.

З рис. 5 видно, що при повороті стріли крана на кут від 100° до 170° спостерігається відрив однієї з опор і перерозподіл навантажень між трьома опорними елементами, що залишилися в роботі; навантаження від цієї опори в основному сприймає 4-а опора, видимий стрибок вантаження цієї опорної точки на графіку.

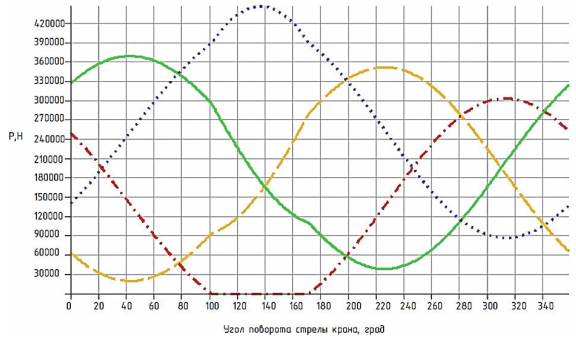

Рис. 5. Графік розподілу навантажень на похилому майданчику (при повороті стріли: α = 70°, γ = 0°, θ = 4°)

Задача досліджень стійкості за різної податливості ґрунту під опорами значно ускладнюється, що є предметом подальших досліджень безпечної роботи стрілових кранів.

Висновки

Таким чином, аналіз отриманих результатів дозволяє оцінити вплив окремих чинників на навантаженість опорних елементів кранів та їх стійкість при роботі кранів у різних умовах. Встановлено, що на деякі опорні точки діють як позитивне, так і негативне навантаження при повороті крана на кут 360°. Коливання навантажень в опорних точках можуть змінюватися в 1,2–1,5 рази від номінальних.

Література

1. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины: учебник для вузов по специальности «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» / А.А. Вайнсон. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 536 с.
2. Шеффлер М.Н. Основы расчета и конструирования подъемно-транспортных машин / М.Н. Шеффлер. – М.: Машиностроение, 1980. – 254 с.
3. Вайнсон А.А. Строительные краны / А.А. Вайнсон. – М.: Машиностроение, 1969. – 488 с.
4. ГОСТ 27555-87 (ИСО 4306/1-85). Краны грузоподъемные. Термины и определения. – Введ. 01.01.89. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 40 с.
5. Невзоров Л.А. Краны башенные и автомобильные / Л.А. Невзоров, М.Д. Полосин. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2007. – 416 с.
6. Крупко В.Г. Методика визначення стійкості залізничного крана 7Ж72 з урахуванням умов обпирання аутригерів на ґрунт / В.Г. Крупко, В.О. Койнаш, С.О. Козюлькіна // Зб. наук. пр. УкрДАЗД. – 2004. – Вип. 58. – С. 30–35.

Рецензент: Є.С. Венцель, професор, д.т.н.,. ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 11 квітня 2014 р.