

Підйомно транспортні машини

УДК.629.114

I.I. Заліско, інж., ВАТ Дрогобичский автокрановий завод С.А. Коваленко, інж., ВАТ Дрогобичский автокрановий завод

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ АВТОМОБІЛЬНИХ КРАНІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Актуальність проблеми. Сучасний розвиток будівництва в Україні висуває нові вимоги до машини обладнання, які б забезпечили високу надійність, продуктивність та цілу низку економічних і ергономічних вимог. В значній мірі це стосується автомобільних кранів, потреба в яких зростає з кожним роком. Тому пошук рішень у напрямку вдосконалення конструкцій, виявлення потенційних можливостей існуючих конструкцій, розробки систем діагностування, підвищення продуктивності і ефективності є задачею актуальною.

Аналіз конструкцій. За структурною схемою (рис. 1) автомобільний кран має дві основні складові частини – неповоротну та поворотну.



Рис. 1. Структурна схема автокрана

Класифікаційними ознаками автокранів є: вантажопідйомність, вид ходового пристрою, тип приводу, конструкція стріли, застосуванням у відповідних кліматичних умовах (рис. 2).



Рис. 2. Класифікація автокранів

Виходячи із структурної схеми та класифікаційних ознак автокранів, можна сформулювати основні напрямки вдосконалення конструкцій автокранів, підвищення їх надійності та ефективності використання:

- вдосконалення методів розрахунку основних параметрів робочого процесу;
- прогнозування ресурсу металевих конструкцій;
- методи підвищення довговічності опорно-поворотних пристроїв;

- застосування ефективних і надійних матеріалів для виготовлення конструкцій;
- підвищення несучої здатності обладнання телескопічних стріл;
- вдосконалення методів і засобів діагностування робочих параметрів;
- вдосконалення конструктивних елементів;
- надійність гідроприводів, вдосконалення деталей їх конструкцій та гідросистем в цілому;
- випробування деталей на діагностичних стендах.

Розглянемо ці напрямки, їх стан і перспективи розвитку у порядку, що сформульовані вище.

З моменту створення кранів, методам їх розрахунку приділялася значна увага [1-10]. Передумовою розрахунків конструктивних і технологічних кранів являються режими роботи і розрахункові умови навантаження [5,7]. Основні структурні елементи послідовності розрахунку кранів можна представити відповідною схемою (рис. 3).



Рис. 3. Структурна схема послідовності розрахунку автокранів

Режим роботи крана визначається двома показникамиб клас використання в залежності від часу роботи механізму T і класом навантаження в залежності від коефіцієнта навантаження K Загальний час роботи механізму (розгін, сталий рух, гальмування) являється його машинним часом $T_{\text{маш}}$:

$$T_{\text{маш}} = t_c n_{\text{дн}} t_p, \quad (1)$$

де t_c – середнедобовий час роботи механізму (його робоча дія);

$n_{\text{дн}}$ – число робочих днів на протязі року;

t_p – термін роботи механізму в роках до відповідного ремонту або до списання.

Коефіцієнт навантаження визначається за формулою [7]:



$$K = \sum \left(\frac{F_i}{F_{\max}} \right)^3 \frac{t_i}{\sum t_i}, \quad (2)$$

де F_i – навантаження (сила, момент), що діє на механізм за період часу t_i ;

F_{\max} – максимальне навантаження, що діє на механізм за період його роботи;

$\sum t_i$ – сумарний час дії навантаження на механізм.

Навантаження F_i, F_{\max} визначають для кінцевого кільця кінематичного ланцюга механізму (канатний барабан, ходове колесо, відоме зубчасте колесо механізму повороту) з урахуванням всіх чинників, в тому числі і процеси несталого руху.

В механізмах підйому вантажу в якості навантаження F_{\max} враховуються вага вантажів, яка має бути менше номінальної вантажопідйомності і ваги вантажозахватних органів; в механізмах зміни вильоту стріли – навантаження від ваги стріли і елементів, що переміщуються разом з нею, сили опору від тертя в опорних елементах, вітрове навантаження, що визначаються за різними вильотами стріли; в механізмах повороту – моменти, що створюються двигунами в періоду розгону і гальмування, моменти опору обертанню в опорно-поворотних кругах від сил тертя, у виносних опорних – вагу від дії всіх навантажень.

У якості F_{\max} приймаються максимальні сумарні навантаження в найбільш складних умовах роботи механізму.

Коефіцієнт навантаження визначається розрахунковим шляхом і як слідує із класифікаційних ознак різних видів навантаження для різних механізмів його величина в значній мірі залежить від прийнятого підходу до уяви фізичних аспектів навантаження та моделі розрахунку (див. рис. 3). Необхідно відмітити, що коефіцієнт K коливається в доволі широких межах (0,125 – 1,000) [7], величина якого визначається класом навантаження за держстандартом. Коефіцієнт навантаження K_n також може визначатися розрахунковим шляхом за формулою, що має структурну формулу подібну до (2):

$$K_n = \sum \left[\left(\frac{Q_i}{Q_{\text{ном}}} \right)^3 \frac{C_i}{\sum C_i} \right], \quad (3)$$

де Q_i – вага вантажу, що переміщується краном з числом циклів C_i ; $Q_{\text{ном}}$ – номінальна вантажопідйомність крана; $\sum C_i$ – загальне

число циклів роботи автокрана за термін його роботи.

Виходячи із формули (3), клас навантаження залежить від розподілу вантажів, що переміщується краном відносно номінальної вантажопідйомності за термін його роботи. Стає очевидним, що подальший розрахунок інших параметрів (див. рис. 3) визначеннями сили навантажень, що обумовлюється прийнятими умовами роботи та моделюванням реальних навантажень. Існує низка робіт [2,3,6,7,8,10] для розрахунку металокопункцій, стрілового обладнання та гідроприводу кранів.

Металеві конструкції автокранів, як правило, працюють в режимі випадкового навантаження і здатні до накопичення втомлювальних пошкоджень в процесі експлуатації. Із загального числа руйнувань, що виникають в процесі експлуатації (крихких, в'язких, втрати місцевої або загальної стійкості, корозії і ін.) частка втомлювальних складає більше 70% [8].

Основним видом втомлювального пошкодження являється утворення і розвиток тріщин. Довговічність при втомлювальному руйнуванні визначається додатком циклічних довготривалостей на стадії накопичення втомлювальних пошкоджень, в результаті яких утворюється видима тріщина, і стадії розвитку тріщини до критичного розміру, при досягненні якого відбувається крихке руйнування. На стадії утворення втомлювальної тріщини виникають дві можливі області накопичення ушкоджень: область багатоциклової і малоциклової втомлювальності.

Руйнування в області багатоциклової втомлювальності супроводжується накопиченням мікроскопічних деформацій, розвитком мікро тріщин до видимих мікро тріщин. Дослідження [8] показують, що число циклів навантаження до появи видимої тріщини (2 – 3 мм) сягає $10^4 - 10^5$, а напруження змінюються в межах круглих деформацій.

Для області багатоциклової втомлювальності характерно накопичення втомлювальних пошкоджень і пластичних деформацій. Це область розташовується $10^3 < N < (10^4 - 10^5)$ циклів навантажень [8]. Руйнування здійснюється при умові повторного пружно-пластичного навантаження. Тому актуальним є дослідження щодо оцінки довговічності в області малоциклової втомлювальності металокопункцій (неповоротної та поворотної частин) кранів пов'язана в основному із створенням конструкцій малої питомої металоемності і збільшенням відносного їхнього навантаження. В запропонованому методі [8] пропонується в знаходженні функції розподілу приведених до симетричного циклу амплітуд навантаження і встановленні вірогідності появи екстремумів вище визначеного рівня, що може



являти собою суперпозицію нормального і експоненціального законів розподілення. Перша крива закону розподілення максимальних амплітуд відображає розподілення максимальних амплітуд робочих циклів крану, а друга – коливання динамічної системи «привід – робочий орган – вантаж».

Таким чином послідовність досліджень у прогнозуванні ресурсу металевих конструкцій полягає в наступному:

- встановлення якісної картини функціонального зв'язку щільності розподілення амплітуд приведених напружень з процесом роботи автокрана;

- отримання рівнянь, що зв'язують параметри щільності розподілу амплітуд для проектуємих автокранів або тих, що знаходяться в експлуатації із кінематичними і динамічними характеристиками;

- в залежності від щільності розподілу приведених амплітуд напружень базового крану здійснюється знаходження щільності розподілу амплітуд проектуємого, модернізуємого або експлуатуємого крану при зміні конструктивних, кінематичних, силових, швидкісних і динамічних параметрів, що виключає необхідність виконання дорогартісних, довготривалих експериментальних досліджень в умовах експлуатації;

- за встановленими характеристиками розподілу амплітуд напружень встановлюється зміна числа пошкоджуючи амплітуд напружень, що відкриває шлях перейти від циклічної довговічності до ресурсу.

Вирішення вище приведених задач стає передумовою для більш чіткого вирішення, щодо наявності тріщини і її впливу на роботоспроможність конструкції, оскільки існуюча система в розрахунках впливу тріщини на міцність і довговічність не розглядає. Більше того, подібні знання вкрай є важливими для прогнозування розвитку тріщини для тої чи іншої конструкції, де є з'єднання у вигляді зварних і розробка методу прогнозування дає можливість визначити дефекти в двох стадіях: стадії утворення тріщини від втомлювальної поведінки зварної конструкції і стадії її розвитку до критичного значення.

Очевидно, що пошук рішення проблеми надійності металоконструкцій автокранів залежить також від застосування високоякісних сталей [10], що дає змогу крім цього і зменшити масу металоконструкції автокрана.

Важлива роль в забезпеченні надійності роботи автокрана належить достатньо коректному розрахунку опорно-поворотного пристрою у частині визначення його напружено-деформованого стану (НДС). Точне знання НДС відкриває можливість вдосконалення конструкцій, зменшення ваги, вибір

оптимального варіанту і т.п. Очевидно, що характер НДС визначається жорсткість конструкції, співвідношенням зовнішніх навантажень (вага вантажу і противаги). Існує декілька методів визначення НДС, серед яких найбільш застосовуваним є метод кінцевих елементів, що був опробований для розрахунку металоконструкцій поворотної рами крана [3]. Не зупиняючись на достовірності прийнятих передумов і допущень щодо методології навантаження та визначення розрахункової схеми необхідно відмітити, що даний метод заслуговує уваги. Так, в наведеній роботі результатом розрахунків встановлено, що в нижньому поясі поворотної рами існують перехідні зони, де зусилля змінюють свій знак, обумовлюючи таким чином велику вірогідність накопичення втомлювальних руйнувань, про що ішла мова в даній статті вище.

Одним із найбільш впливовим і визначальним чинником в роботі автокранів є обладнання телескопічних стріл, оцінка роботи гідроциліндрів та гідроприводу в цілому.

Розрахунок телескопічних стріл є важливим, оскільки вантажопідйомність і маса гідравлічних кранів в значній мірі визначається масою стріли. Вибір же конструкції стріли, як і визначення її маси виключно залежить від вирішення наступних задач: знаходження напружень в небезпечних перерізах, якими є дві сусідні секції, а також визначення місцевої стійкості стінок секцій стріли. Зазвичай при розрахунках загальних напружень телескопічну стрілу як тонкостінну балку із періодично змінною товщиною стінок. Така модель стріли потребує експериментального підтвердження і разом з тим відкривається можливість врахувати зазори між секціями, а також ексцентричне прикладання навантажень, які виникають від гідроциліндрів зміна вильотів або від положення блоків головок стріли. При прийнятих міркуваннях подальша проблема полягає у виборі методу розрахунку, яким як і передбачається в подальших дослідженнях метод кінцевих елементів.

Найбільше проблем виникає при дослідженнях поведінки гідроциліндрів і гідроприводів в цілому. Створена ціла низка методів від експериментальних досліджень в натурних умовах до створення спеціальних діагностичних приборів та випробувальних стендів. В класичній комплектації система діагностування гідроприводів складається із засобів контролю здатності гідроприводу, гідро тестер універсальний із електронним мікропроцесорним прибором, ультразвуковий рідинопошукувач і технології діагностування.

Блок-схема універсального стенда для діагностування автокранів приведена на рис. 4.



Рис. 4. Блок-схема універсального станда для діагностики кранів

Застосування подібних стандів безумовно дозволяє вирішувати ряд задач: встановлення характеристик гідроприводів, обробка результатів та розробка рекомендацій підвищення ефективності конструктивних та технологічних параметрів автокранів.

Висновки:

1. Виконаний аналіз стану автокранів дозволив сформулювати основні напрямки підвищення їх ефективності.

2. Визначені два напрямки досліджень:

– дослідження надійності опорно-поворотних пристроїв та металоконструкцій в цілому;

– дослідження конструктивних та технологічних параметрів гідроциліндрів і гідроприводів автокранів.

3. Розроблена теорія робочого процесу автокранів на основі застосування дискретних та континуальних моделей.

Література

1. *Абрамович И.И.* Новая режимная классификация кранов и крановых механизмов // *Механизация и автоматизация производства*, 1984, № 12. – с. 19-21
2. *Агароник М.Я. и др.* Исследование местной нагруженности секции телескопических стрел кранов // *Строительные и дорожные машины*, 1989, № 11. – с. 20-22
3. *Андрюченко Н.И. и др.* Расчетная оценка напряженно-деформированного состояния поворотной рамы большегрузного крана // *Строительные и дорожные машины*, 1994, № 6. – с. 17-19
4. *Волков Д.П., Николаев С.Н.* Надежность строительных машин и оборудования. М.: Высш. шк., 1979. – 400 с.
5. *Григорьев Н.И.* Нагрузки кранов. – Л.: Машиностроение. 1964. – 168 с.

6. *Малиновский Е.Ю. и др.* О расчете металлоконструкций строительных и дорожных машин методом конечных элементов // *Строительные и дорожные машины*, 1989, № 3. – с. 21-23
7. *Расчеты крановых механизмов и их деталей.* 3-е изд. ВНИИПТмаш. – М.: Машиностроение, 1971. – 495 с.
8. *Ряхин В.А.* Прогнозирование ресурса металлических конструкций строительных и дорожных машин // *Строительные и дорожные машины*, 1994, № 4. – с.24-27.
9. *Улитенко И.П., Тимин Ю.Ф., Фридман Б.И.* Статистические исследования эксплуатационных нагрузочных режимов автомобильных кранов // *Строительные и дорожные машины*, 1973, № 2. – с. 16-18
10. *Хасилев В.Л., Андриенко Н.Н.* Высококачественные стали, используемые в конструкциях самоходных стреловых кранов // *Строительные и дорожные машины*, 1991, № 12. – с. 13-14.