

УДК 621.875.56

В. Пустовой

Професор., докт. техн. наук,
Національний морський університет,
м. Одеса

І. Реценко

Аспірант,
Національний
політехнічний університет,
м. Одеса

ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ І МЕТОДИ РЕМОНТУ ОПОРНИХ ТА ШАРНІРНИХ ВУЗЛІВ ТРИВАЛО ЕКСПЛУАТОВАНИХ ПОРТАЛЬНИХ КРАНІВ

Проаналізовано випадки аварійних ситуацій на порталних кранах, пов'язаних з виходом з ладу опорних та шарнірних вузлів. Руйнування опорних вузлів зумовлене конструктивними недоліками кранів і вимагає використання неруйнівних методів контролю для упередження неконтрольованого руйнування опорно-радіального підшипника. Руйнування шарнірних вузлів (кореневі шарніри, з'єднання «колона - жорстка відтяжка», «тяга коромисла - коромисло» та «тяга коромисла - стріла») зумовлене тривалою, часто понаднормативною, експлуатацією, а для їх ремонту запропоновано використовувати метод локального розвантаження певної частини конструкції крана. Наведено основи розрахунків компенсаційних зусиль та технологічних особливостей ремонту.

портальний кран, опорний та шарнірний вузли, тріщиноутворення, руйнування, метод ремонту

Парк порталних кранів морських портів України складається, в основному, з імпортних моделей. Разом з тим, останнім часом розвивається стратегія оновлення парку за рахунок нової вітчизняної продукції, якій, проте, властиві деякі конструктивні недоліки.

Внаслідок тривалої, десятками років, дії експлуатаційних циклічних навантажень у металі порталних кранів протікають процеси деформаційного старіння, які спричиняють тріщиноутворення [1]. Воно інтенсифікується агресивним впливом морського корозійного середовища, що різко підвищує ризик подальшої експлуатації таких конструкцій і актуалізує проблему продовження їхнього залишкового ресурсу [2].

Особливо вразливими до експлуатаційної деградації сталей порталних кранів є високонавантажені опорні та

шарнірні вузли, руйнування яких може спричинити важкі наслідки через перекидування всієї або основної частини конструкції. В цій статті узагальнено аналіз технічного стану таких вузлів з огляду на їхні силові умови експлуатації та конструктивні особливості.

Експертиза руйнування опорного вузла порталного крана заводу «Азовмаш». Конструкція крана заводу «Азовмаш» дещо відрізняється від зарубіжних, зокрема, кранів типу «Сокіл», «Кондор» і «Альбатрос» фірми Кранбау-Еберсвальде (Німеччина). Так, в опорному вузлі колони передбачено тільки упорно-радіальний підшипник на відміну від двох окремих підшипників на імпортних кранах: упорно-радіального і роликового радіального сферичного дворядного, який сприймає радіальну складову на опорний вузол колони.

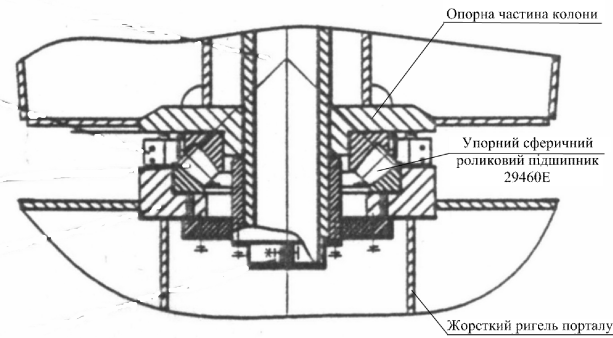


Рис. 1. Опорний вузол колони порталного крана КПП 16-36-10,5 заводу «Азовмаш»

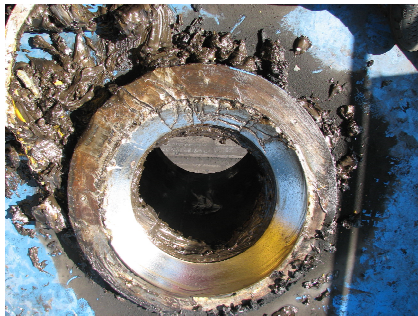


Рис. 2. Втомне викришування типу «пінтинг» деталі підшипника

Практика експлуатації кранів заводу «Азовмаш» показала можливість руйнування опорного вузла колони внаслідок виходу з ладу єдиного упорно-радіального підшипника (рис. 1), який сприймає як вертикальну, так і радіальну складові навантаження на опорний вузол колони. Це призводить до аварійної ситуації з серйозними матеріальними, фінансовими і, що головне, екологічними негативними наслідками. Аналіз базується, з одного боку, на розрахунку радіальної і вертикальної складових навантаження на опорний вузол колони, виходячи з вагових характеристик окремих елементів конструкції та вантажопідйомності крана 16 т. З іншого боку враховано, що динамічна вантажопідйомність встановленого на крані підшипника складає 437 т.

За розрахунковою схемою крана та з врахуванням моментів від різних вузлів конструкції [3] можна підрахувати, що максимальне вертикальне навантаження на підшипник складає 160 т. Звідси у самих жорстких силових, проте допустимих, умовах експлуатації невикористане осьове навантаження складає 277 т, 15 % якого (максимум 42 т) може бути використано для сприйняття радіальної складової навантаження впродовж розрахункового терміну роботи підшипника в 1 млн. обертів [4].

З іншого боку, розрахунки показують, що, виходячи з моментів перекидування рухомих частин крана [5] та віддалі по висоті між опорними роликами і упорно-радіальним підшипником (5,87 м), радіальне навантаження складає ~140 т, тобто в 3,5 рази перевищує допустиме.

Така велика невідповідність між допустимим та реальним навантаженнями на підшипник і спричинило його руйнування у вигляді пінтингу (рис. 2), що вказує на

втомне викришування (втомне зношування) елемента підшипника. Зауважимо, що руйнування почалося з викришування металу в результаті високих контактних навантажень, що в подальшому тільки прискорило руйнування в результаті абразивно-ерозійного зношування поверхонь, що терлися. Оскільки цей процес проходить тривалий час, то для упередження аварійних ситуацій такого типу на конструкції крана можна використовувати методи неруйнівного контролю стану підшипника, наприклад, методи вібраційного діагностування [6] або акустичної емісії [7]. Це б компенсувало конструктивні недоліки порталного крана заводу «Азовмаш», упереджуючи аварійні ситуації, зумовлені виходом з ладу упорно-радіального підшипника упорного вузла крана.

Основи методу локального розвантаження стрілових систем порталних кранів при ремонті шарнірних з'єднань. Ремонтні роботи шарнірних з'єднань стрілових систем характеризуються високими трудомісткістю, тривалістю і вартістю, оскільки передбачають за традиційними методами ремонту повний демонтаж стрілової системи і виконання робіт на нульовій відмітці. Крім цього, потрібна вільна площадка поблизу стаціонарного розміщення крана, за відсутності якої його перевозять в тил, що супроводжується додатковими затратами.

Зазначені проблеми можна усунути за локального розвантаження шарнірних з'єднань. Для реалізації методу потрібно визначити рівень компенсаційного навантаження P_{κ} , який забезпечить розвантаження певної частини конструкції. Розглянемо особливості використання методу стосовно деяких шарнірних з'єднань порталних кранів: кореневих шарнірів, з'єднань «колона-жорстка відтяжка», «тяга коромисла-коромисло» та «тяга коромисла-стріла». Розрахунок навантажень проведено графоаналітичним методом при знаходженні стрілової системи в змашувальному положенні.

Кореневі шарніри. Згідно зі схемою (рис. 3) результуюча сила проходить через осі шарнірів і спрямована вгору під кутом φ до вертикалі. Зумовлено це перетягуван-

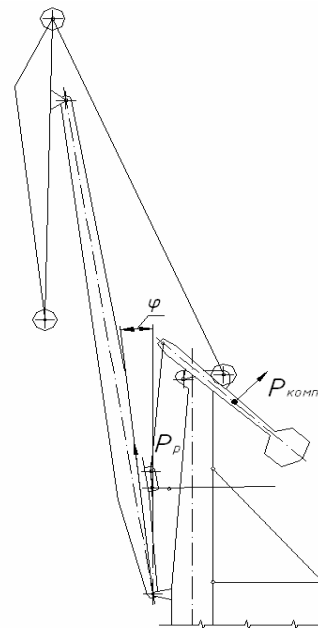


Рис. 3. Схема навантажень на осі кореневих шарнірів

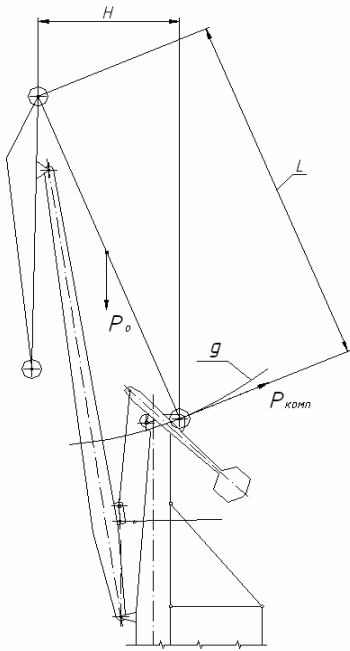


Рис. 4. Схема навантажень на шарнір «колона-жорстка відтяжка»

ням рухомою противагою шарнірно з'єднаної стріли (укосини) з жорсткою відтяжкою, при цьому при корені стріли виникає зворотній зазор.

Для прикладу виконано розрахунок компенсаційного зусилля $P_{комп}$ для портального крана «Сокіл» [8]. Так, результуюча сила P_p складає ~ 84 т, а кут $\varphi = 4,3^\circ$. Технологічно розвантаження можна реалізувати підйомом противаги іншим краном або за допомогою домкратів, які зручно встановити на кронштейнах задньої стінки колони. В останньому випадку P_k складе ~ 35 т, тому можна використати два гідродомкрати вантажністю 20 т кожний.

Шарнірне з'єднання «колона – жорстка відтяжка». При встановленні стрілової системи в змашувальне положення і фіксації колони та стріли на шарнір діє тільки зусилля P_0 від власної ваги відтяжки (рис. 4).

Визначають умову рівноваги залежно від місця прикладання компенсаційного зусилля P_k . Трасекторія руху нижньої точки жорсткої відтяжки проходить по дузі g з центром у верхньому шарнірі жорсткої відтяжки, а зусилля $P_{комп}$ спрямоване по дотичній до дуги (рис. 4). Його рівень обчислюється з рівняння моментів відносно верхньої точки відтяжки і за даними [9] для портального крана «Альбатрос» складає $\sim 0,5$ т. Для розвантаження і виводу жорсткої відтяжки рекомендується використати два розвантажувальні гвинти.

Зазначимо, що запропонований метод дає можливість виконати ремонтні роботи на кранах типу «Альбатрос», «Кондор» і «Сокіл» старих модифікацій, тобто тривало експлуатованих, для яких актуальність заміни шарнірних з'єднань особливо важлива. Конструкціям цих модифікацій властиві широкі оголовки колони та коромисла, в зв'язку з чим внутрішній розмір між балками коромисла дозволяє демонтувати вісь у змашувальному положенні. Для кранів нового покоління неможливо демонтувати вісь у змашувальному положенні, проте ремонт можна



Рис. 5. Вихід тяги шарнірного з'єднання з коромислом через руйнування втулки корпусу тяги коромисла внаслідок зношування шарніру «тяга коромисла-коромисло»

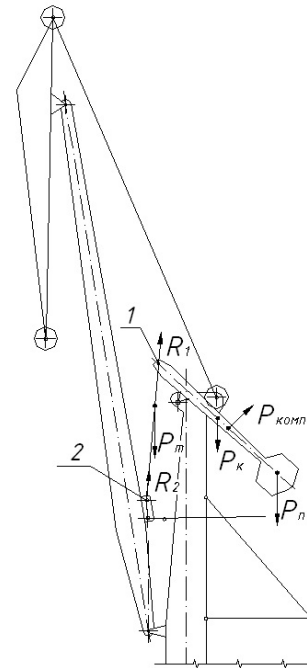


Рис. 6. Схема навантажень на шарніри «тяга коромисла-коромисло» та «тяга коромисла-стріла»

виконати на вильоті 16 м, за якого урівноважується вся стрілова система. Тоді балки коромисла знаходяться над шарніром, що підлягає ремонту, тому не заважають демонтажу осі. В цьому випадку необхідно додатково використати два талрепи (наприклад, вантажністю 5 т кожний) для утримування жорсткої відтяжки при її виводі.

Шарнірні з'єднання «тяга коромисла - коромисло» та «тяга коромисла - стріла». Шарніри цього типу найменш доступні для діагностування їх стану, оскільки незалежно від положення стрілової системи вони завжди під навантаженням від рухомої противаги. Це часто стає причиною виникнення аварійних ситуацій (рис. 5).

Для стріли у змашувальному положенні і фіксації колони і стріли у шарнірах, що аналізуються, виникають реакції R_1 і R_2 від моментів, які спричинені вагою коромисла $P_{кор}$ і противаги P_n (рис. 6).

Розрахунок компенсаційного зусилля $P_{комп}$ проведено для крана «Сокіл» [10], яке практично урівноважує реакції R_1 і R_2 , оскільки власною вагою тяги коромисла можна

знехтувати у порівнянні зі складовими коромисла і противаги.

Для розвантаження і виведення тяги коромисла використовують спеціальну балку, конструкція якої залежить від модифікації крана, а також лебідку чи ланцюгову таль вантажністю 1 т.

Висновки. 1. Руйнування опорних вузлів зумовлене конструктивними недоліками кранів і вимагає використання неруйнівних методів контролю для упередження неконтрольованого руйнування опорно-радіального підшипника.

2. Руйнування шарнірних вузлів зумовлене тривалою, часто понаднормативною, експлуатацією, а для їх ремонту запропоновано використовувати метод локального розвантаження певної частини конструкції крану.

Література

1. Пустовой В.Н. Диагностирование металлоконструкций портовых перегрузочных машин. – М.: транспорт, 1987. – 176 с.

2. Крани порталні, крани-перевантажувачі. Експертне обстеження : ОМД 22460848.003-2009; Ред.кол.: В.М. Пустовой (гол.), та ін.-Одеса: ТЕС, 2009.- 248 с.

3. Нестеров Е.А., Андриенко А.О., Семенов П.А. Сравнительный анализ конструктивных особенностей опорных узлов колонн порталных кранов с шарнирно-сочлененной стреловой системой // Вісник Одеського національного морського університету: Збірник наукових праць. Випуск 21. – Одеса: ОНМУ, 2007. – 133-143 с.

4. ГОСТ 3395-75. Подшипники шариковые и роликовые. Типы и конструктивные разновидности. 31 с.

5. Нестеров Е.А., Андриенко А.О. Исследование причин аварийного разрушения опорного узла колонны порталного крана «Азовмаш» (КПП 16-36-10,5) в порту Южный // Проблеми техніки: Науково-виробничий журнал. – 2006. - № 4. – С. 90-98.

6. Методи і нові технічні засоби вібродіагностування підшипникових вузлів і зубчастих передач / Яворський

І.М., Драбич О.П., Драбич П.П. і ін. // В збірнику: Цільова комплексна програма НАН України «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин». – Інститут електрозварювання ім. Є.О Патона НАН України, - 2006. – Київ. – С. 52-56.

7. Назарчук З.Т., Скальський В.Р. Акустико-емісійне діагностування елементів конструкцій: Науково-технічний посібник: У 3 т. – Т. 3. Засоби та застосування методу акустичної емісії. – К.: Наук. думка, 2009. – 327 с.

8. Нестеров Е.А. Метод локальной разгрузки корневых шарниров стреловых систем порталных кранов // Проблеми техніки: Науково-виробничий журнал. – 2006. – №3. – С. 56–63.

9. Нестеров Е.А. Метод локальной разгрузки шарнирных соединений «Колонна-жесткая оттяжка» стреловых систем порталных кранов // Проблеми техніки: Науково-виробничий журнал. – 2006. – №2. – С. 86–92.

10. Нестеров Е.А. Метод локальной разгрузки шарнирных соединений «Тяга коромысла - коромысло» и «Тяга коромысла – стрела» стреловых систем порталных кранов // Вісник Одеського національного морського університету: Збірник наукових праць. – Випуск 20. – Одеса: ОНМУ, 2006. – 195 С.

Отримана 29.03.10

V. Pustovoj¹, I. Reshchenko²

Technical state evaluation and repair methods of bearing and articulate assemblies of long-term exploited portal cranes

¹National Maritime University, Odesa;

²National Polytechnical University, Odesa

The cases of emergency situations on portal cranes connected with a loss of workability of bearing and articulate assemblies are analysed. A fracture of bearing assemblies is caused by constructional weakness of cranes and demands a using of NDT methods of control for a prevention of uncontrolled fracture of radial thrust bearing. A fracture of articulate assemblies (root assemblies, joint "column - rigid stay", "rocker-rod-rocker" and "rocker-rod - gibbet" is caused by long-term, often over the plan, service, and the method of local unloading of the crane structure certain parts is proposed for their repair. The bases of calculations of compensating forces and the technological peculiarities of repair are presented.

Діагностика

12th European Mechanics of Materials Conference - ICMM2

31 August 2011 — 2 September 2011

Paris, France

Contact: Chairpersons:

Prof. Jacques BESSON

Centre des Matériaux Mines Paris, Paristech

CNRS UMR 7633

BP 87

F-91003 Evry Cedex, France

Tel: +33 1 60 76 30 37

Fax: +33 1 60 76 31 50

Email: jacques.besson@mines-paristech.fr