

О.С. Скрипник, В.Е. Абракітов, А.В. Степаненко

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

РИЗИК-АНАЛІЗ ДІАГНОСТУВАННЯ ДЕФЕКТІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ САМОХІДНИХ ВАНТАЖОПІДЙМАЛЬНИХ КРАНІВ СТІЛОВОГО ТИПУ

Представлені результати статистичного аналізу виявлених при діагностуванні дефектів самохідних вантажопідіймальних кранів стрілового типу, які відпрацювали нормативний термін експлуатації. Встановлено що найбільше число дефектів пов'язане з руйнуванням і зносом елементів конструкцій, виникненням втомних тріщин і порушенням умов експлуатації обладнання. Виявлено найбільше число дефектів зустрічається в гідравлічній системі кранів, елементах канатно-блокової системи, рідше - в металоконструкції.

Ключові слова: безпека, самохідний стріловий кран, дефект, експертна оцінка, аналіз ризику, діагностування.

Постановка проблеми

Проблема підтримки технологічного обладнання в технічно справному стані, обумовлена як економічними, так і соціальними чинниками. Вантажопідіймні машини є вузловою ланкою в ланцюзі транспортних технологій сучасних промислових підприємств, від їх технічного стану залежить нормальне функціонування технологічних процесів. На території України знаходяться в експлуатації близько 200 тисяч реєстрованих вантажопідіймних машин, з яких майже 85% відпрацювали нормативний термін служби. Швидкої заміни обладнання очікувати не доводиться. Звідси виникає проблема ранжирування і вибракування застарілого обладнання по його технічному стану.

Як правило, аварії відбуваються на об'єктах з граничними термінами експлуатації, для яких, відповідно до нормативних документів, необхідна оцінка їх технічного стану, ризику і залишкового ресурсу [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для вантажопідіймальних машин накопичено великий емпіричний матеріал про стан металоконструкцій, деталей, вузлів, електрообладнання, гідростаткування, приладів і пристроїв безпеки в процесі експлуатації. Однак, при вирішенні завдань управління безпечною експлуатацією виникає необхідність розробки різних моделей поточного стану металоконструкцій, деталей і вузлів на різних етапах їх життєвого циклу. Такі моделі в ряді випадків взагалі відсутні, або, в кращому випадку, фіксують «застиглий» результат, що відображає стан машини в момент контролю.

Всі процеси освіти і розвитку дефектів носять імовірнісний характер. Дефекти в конструкціях вантажопідіймних машин часто успадковуються при виготовленні металоконструкції або з'являються на стадії складання і монтажу. При експлуатації - це наслідок порушень паспортних режимів і некваліфікований ремонт несучих елементів. Строго кажучи, бездефектних металоконструкцій взагалі не буває, а наявність дефектів далеко не завжди призводить до аварії. Незважаючи на те, що за статистикою аварії найчастіше трапляються з причин прояви людського фактора, все ж найбільш важкі випадки аварій пов'язані з втомним руйнуванням металоконструкцій. Однією з головних причин перешкоджають запобіганню технічних аварій і нещасних випадків на вантажопідіймальних машинах є недостатній рівень розвитку існуючих методів оцінки, прогнозування та управління їхньою безпекою [2,3].

Метою даної роботи є виконання ризик-аналізу при проведенні робіт з експертного діагностування технічного стану вантажопідіймальних кранів, що вичерпали нормативний термін експлуатації, з урахуванням кількості та найменування виявлених дефектів

Виклад основного матеріалу

В даний час самохідні вантажопідіймні крани стрілового типу різного конструктивного виконання вітчизняного і зарубіжного виробництва знайшли найширше застосування при виконанні великої номенклатури вантажно-розвантажувальних, перевантажувальних, транспортних, монтажних-складальних і складських робіт. Це пов'язано з тим, що стріляв самохідні крани є універсальними вантажопідіймними машинами і мають

автономністю приводу, великою вантажопідйомністю (до 250 т), здатністю пересуватися разом з транспортуються вантажем, високими маневреністю і мобільністю, широким діапазоном технічних характеристик, легкістю перебазування з одного об'єкта на інший, можливістю роботи з різними типами змінного робочого обладнання [4].

У той же час, стріляв самохідні крани є об'єктами підвищеної виробничої небезпеки і їх експлуатація пов'язана з можливістю виникнення аварійних ситуацій як з негативними техніко-економічними, так і соціальними наслідками. Тому в нормативно-розпорядчій документації містяться вимоги про необхідність виконання ризик-аналізу при проведенні робіт з експертного діагностування технічного стану вантажопідіймальних кранів, що вичерпали нормативний термін експлуатації, з урахуванням кількості та найменування виявлених дефектів. Вирішенню цього завдання присвячено ряд досліджень [5-11], виконаних переважно протягом декількох останніх років, проте слід визнати, що дана робота знаходиться в початковій стадії і потрібно як цілеспрямоване накопичення експлуатаційної інформації про особливості

формування і розвитку дефектів в несучих металоконструкціях, механізмах і системах кранів, так і розробка адекватних методів проведення ризик-аналізу кранів, які враховують індивідуальні особливості їх конструктивного виконання, режимів і умов експлуатації, тяжкості наслідків можливих аварійних ситуацій. В рамках представленого в даній статті дослідження були розглянуті самохідні стрілові крани декількох конструктивних типів виробництва України, Білорусі та НДР з вантажопідйомністю в межах 10 ... 25 т:

- на колісному шасі з вантажопідіймною стрілою гратчастого типу (КС-3562Б, КС-4561А);
- на колісному шасі з вантажопідіймною стрілою коробчатого типу (КС-3574, КС-3575, КС-3577, КС-4572, КС-35715-1, СКАТ-25);
- на гусеничному шасі (РДК-25-1).

Розподілу числа досліджених кранів за моделями і за номінальною вантажопідіймністю наведено на рис. 1. Найбільша частка (35% - приблизно одна третина від загального числа) доводиться на крани вантажопідіймністю 10 т, майже одна чверть (23%) - на крани вантажопідіймністю 16 т, інші моделі кранів мають вантажопідіймність 12,5; 14; 15 і 25 т.

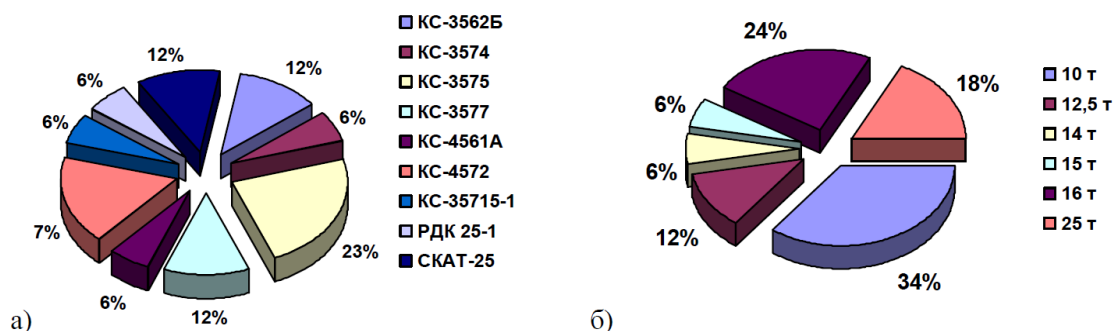


Рис. 1. Розподіл обстежених стрілових самохідних кранів: а - за моделями; б - за номінальною вантажопідіймністю

На рис. 2 приведені розподілу числа досліджених кранів по паспортної та фактичної групам експлуатації. Основна частка кранів (71%, тобто понад дві третини від загального числа) відносяться до паспортної групі А3 і лише 23% (одна чверть) - до паспортної групі А1 (рис. 2, а). Однак розподіл числа кранів за фактичними групам

(рис. 2, б) помітно відрізняється від розглянутого розподілу: трохи більше половини досліджених кранів (53%) характеризуються фактичною групою А1, а решта (47%) - групою А2. Тому можна зробити висновок, що досліджені крани експлуатувалися в досить щадному режимі.

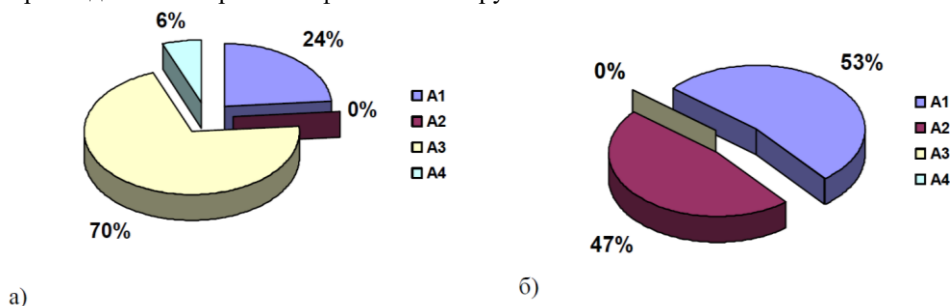


Рис. 2. Розподіл обстежених стрілових самохідних кранів по групах експлуатації: а - паспортної; б - фактичної

На рис. 3 представлено розподіл кранів по роках випуску. На момент проведення дослідження вони пропрацювали від 18 до 35 років, причому дві третини з них (63%) - не менше 25 років. Аналіз актів діагностичного обстеження та дефектні

відомості досліджених кранів дозволив сформулювати загальний перелік дефектів і класифікувати їх за двома ознаками: - причини виникнення; - місцем виникнення (металоконструкції, механізму або системі).

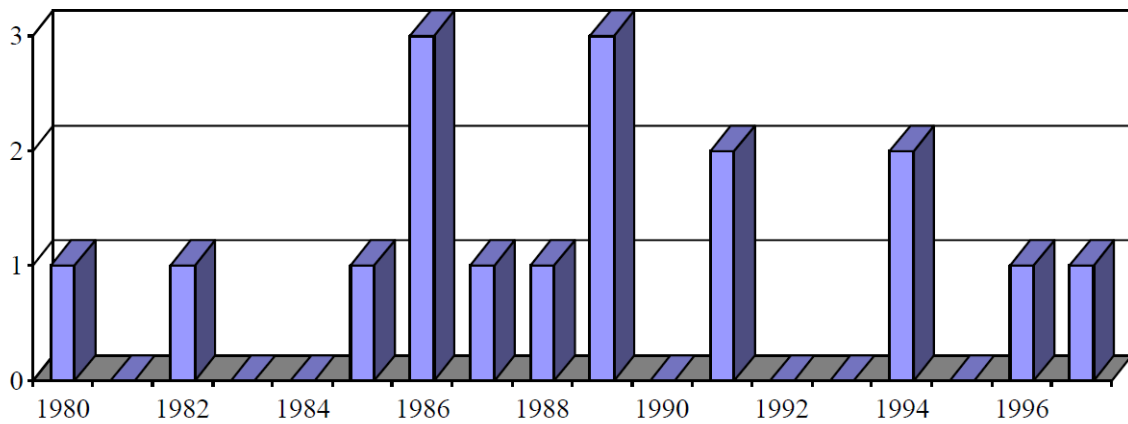


Рис. 3. Розподіл кількості обстежених стрілових самохідних кранів по роках випуску

Розподіл виявлених дефектів за вказаними ознаками наведено на рис. 4. Аналіз діаграм показує, що найбільш небезпечні дефекти, обумовлені руйнуванням конструктивних елементів або наявністю в них втомних тріщин (руйнування і тріщини в зварних швах вантажопідіймних стріл, опорно-поворотних пристроїв і вушок кріплення аутригерів, розрив дротів канатів і гідроліній і ін.), складають лише 10% їх числа. Істотна частка припадає на дефекти, обумовлені зношуванням конструктивних елементів (знос каната, опорних роликів, підшипникових вузлів, елементів канатно-блокової системи, гальм і ін.) - 24% (тобто приблизно чверть від усього числа дефектів). Трохи менше припадає на дефекти, обумовлені

порушенням вимог експлуатації кранів (руйнування лакофарбового покриття, негерметичність гідравлічних з'єднань, недолік змащення, порушення вузлів кріплення каната, відсутність огорожі та захисних кожухів, непрацездатність пристроїв безпеки та ін.) - 22%, і на дефекти, обумовлені проявом пластичної деформації елементів металоконструкції (надмірна деформація елементів і секцій стріли, контактна деформація опорних роликів і гаків і ін.) - 17%. Найбільша частка (27%) припадає на малонебезпечні дефекти, пов'язані з розгерметизацією ущільнюючих поверхонь - витокami робочої рідини з гідроциліндрів або гідромоторів, течєю в місцях з'єднання трубопроводів або рукавів.

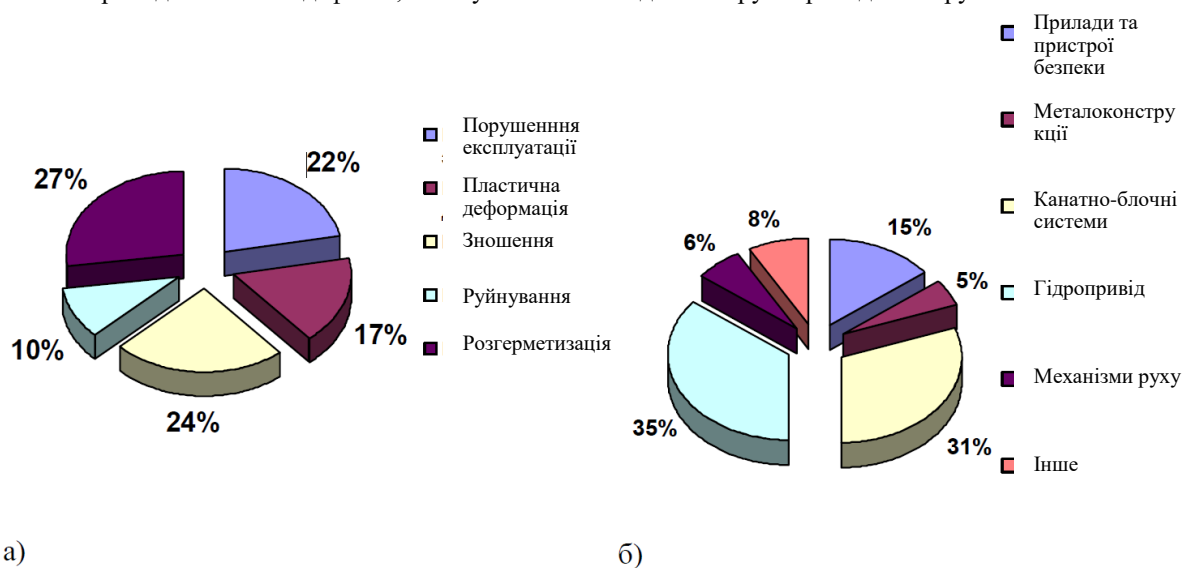


Рис. 4. Розподіл числа виявлених дефектів: а - за причиною виникнення; б - за місцем виникнення

За локалізацією найбільше дефектів пов'язані з гідросистемою (35% від загального числа - трохи більше однієї третини) і канатноблочной системою, включаючи крюкову підвіску (31% - трохи менше однієї третини всіх дефектів). Крім того, помітне число дефектів пов'язане з приладами і системами безпеки кранів (15%). На дефекти несучої металлоконструкції і механізмів руху припадає по 5 ... 6%.

Наведені статистичні результати аналізу дослідженої групи стрілових самохідних кранів, природно, не можуть претендувати на можливість їх узагальнення на більш широку сучасну номенклатуру зазначеного типу кранів внаслідок обмеженості і не репрезентативності вихідної інформації за типами кранів, термінів їх експлуатації, режимам і особливостям умов роботи, якості технічного обслуговування і ремонту і т.д. Відомі в даний час аналогічні статистичні дані, наприклад, представлені в [12, 13], також можуть бути використані лише для обмеженого кола вантажопідіймних машин. Тому поки не можна говорити про можливість проведення повноцінного і адекватного ризик-аналізу конкретних кранів в конкретних умовах експлуатації, в тому числі, стрілових кранів на основі загально визначених розрахункових аналітичних методик.

Висновки

1. Найбільша частка обстежених кранів (35% - приблизно одна третина від загального числа) доводиться на крани вантажопідіймністю 10 т.

2. Аналіз пошкоджень стрілових кранів показує, що найбільш небезпечні дефекти, обумовлені руйнуванням конструктивних елементів або наявністю в них втомних тріщин (руйнування і тріщини в зварних швах вантажопідіймних стріл, опорно-поворотних пристроїв і вушок кріплення аутригерів, розрив дротів канатів і гідроліній і ін.), складають лише 10% їх числа. Істотна частка припадає на дефекти, обумовлені зношуванням конструктивних елементів (знос каната, опорних роликів, підшипникових вузлів, елементів канатно-блокової системи, гальм і ін.) - 24%

3. За локалізацією найбільше дефектів пов'язані з гідросистемою (35% від загального числа - трохи більше однієї третини) і канатноблочной системою, включаючи крюкову підвіску (31% - трохи менше однієї третини всіх дефектів).

Література

1. Вайнсон, А.А. Подъемно-транспортные машины [Текст] / А.А. Вайнсон. – М.: Машиностроение, 1989. – 536 с.
2. Белецкий, Б.Ф. Технология и механизация строительного производства [Текст] / Б.Ф. Белецкий. – Ростов н/Д.: Феникс, 2004. – 752 с.

3. Лагерева, И.А. Моделирование рабочих процессов манипуляционных систем мобильных многоцелевых транспортно-технологических машин и комплексов [Текст] / И.А. Лагерева. – Брянск: РИО БГУ, 2016. – 371 с.
4. Александров, М.П. Грузоподъемные машины [Текст] / М.П. Александров. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана – Высшая школа, 2000. – 552 с.
5. . Котельников, В.С. Диагностика и риск-анализ металлических конструкций грузо-подъемных кранов [Текст] / В.С. Котельников, А.А. Короткий, А.Н. Павленко, И.И. Еремин. - Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2006. – 315 с.
6. Лагерева, А.В. Оптимальное управление техническим риском при проектировании гидропривода грузоподъемных машин [Текст] / А.В. Лагерева, Е.А. Лагерева // Известия МГТУ «МАМИ». - 2015. – Т.1. - № 3. – С. 60-66.
7. Кобзев, Р.А. Методы оптимального проектирования козловых кранов высокого класса ответственности [Текст] : дис. ... доктора техн. наук / Кобзев Роман Анатольевич. – Саратов, 2014. – 384 с.
8. Емельянова, Г.А. Методология повышения надежности грузоподъемного оборудования при обеспечении требуемых критериев риска [Текст] : дис. ... доктора техн. наук / Емельянова Галина Александровна. – Москва, 2017. – 384 с.
9. Горынин, А.Д. Методика анализа риска отказа металлоконструкции пролетного строения мостового крана на базе имитационного моделирования процесса эксплуатации [Текст] / А.Д. Горынин, В.Ю. Анцев, А.С. Толоконников // Механизация строительства. - 2015. - № 8 (854). - С. 9-10.
10. Лагерева, А.В. Вероятностная оценка надежности гидропривода кранов-манипуляторов путем имитационного моделирования потока отказов элементов [Текст] / А.В. Лагерева, Е.А. Лагерева, И.А. Лагерева // Приводы и компоненты машин. - 2012.- № 2-3.- С. 2-5.
11. Лагерева, А.В. Прогнозирование кинетики показателей надежности гидроприводов подъемно-транспортной техники на основе имитационного моделирования потока отказов элементов [Текст] / А.В. Лагерева, В.И. Аверченков, Е.А. Лагерева // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2012. - № 2. - С. 8-16.
12. Анцев, В.Ю. Дефекты и отказы автомобильных кранов [Текст] / В.Ю. Анцев, П.В. Вит-чук, К.Ю. Крылов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. -2016. - № 7-1. - С. 88-93.
13. Анцев, В.Ю. Классификация дефектов и отказов грузоподъемных машин [Текст] / В.Ю. Анцев, П.В. Витчук, К.Ю. Крылов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2015. - № 10. - С. 121-128.

References

1. Vaynson, A.A. (1989) Lifting-transport machines. Moscow, Mashinostroenie, 536.
2. Beletskiy, V.F. (2004) Technology and mechanization of construction production. Rostov-na-Donu, Feniks, 752.
3. Lagerev, I.A. (2016) Modeling of work processes in manipulation systems for mobile multi-purpose transport and

- technological machines and complexes. Bryansk, RIO BGU, 371.
4. Aleksandrov, M.P. (2000) Lifting-transport machines. Moscow, MGTU imeni N.E. Baumana, 552.
5. Kotelnikov, V.S., Korotkiy, A.A., Pavlenko, A.N., Eremin, I.I. (2006) Diagnosis and risk analysis of metal structures of cranes. Novochoerkassk: UPC «Nabla» YuRGU (NPI), 315.
6. Lagerev, A.V., Lagereva, E.A. (2015) Optimal management of technical risk the design of the hydraulic lifting machines drive. *Izvestiya MGTU "MAMI"*, 1, 3, 60-66.
7. Kobzev, R.A. (2014) Methods of optimal design gantry cranes with high-class responsibility. Doct. Diss. (Engineering). Saratov, 384.
8. Emelyanova, G.A. (2017) Methodology to enhance reliability of lifting equipment in ensuring the desired risk criteria. Doct. Diss. (Engineering). Moscow, 384. (In Russian)
9. Gorynin, A.D., Antsev, V.Yu., Tolokonnikov, A.S. (2015) The method of analysis of the risk of failure of steel structures of the superstructure of the bridge crane on the basis of imitating modeling of process of operation. *Mekhanizatsiya stroitelstva*, 8, 9-10.
10. Lagerev, A.V., Lagereva, E.A., Lagerev, I.A. (2012) Probabilistic estimation of reliability of the hydraulic drive of crane-manipulators simulation-based flow of element failures. *Pryvody i komponenty mashin*, 2-3, 2-5.
11. Lagerev, A.V., Acherchenkov, V.I., Lagereva, E.A. (2012) Prediction of kinetics of dependability indices hydraulic drive of load-haul-dump machines simulation-based flow of element failures. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2, 8-16.
12. Antsev, V.Yu., Vitchuk, P.V., Krylov, K.Yu. (2016) Defects and failures of truck cranes. *Izvestiya Tuskogo gosudarstvennogo universite ta. Tekhnicheskie nauki*, 7-1, 88-93.
13. Antsev, V.Yu., Vitchuk, P.V., Krylov, K.Yu. (2015) Classification of defects and failure of lifting machines. *Izvestiya Tuskogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 10, 121-128.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Ф. Харченко, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна

Автор: СКРИПНИК Олена Сергіївна
кандидат технічних наук, старший викладач
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – elenases2015@ gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5926-755X>

Автор: АБРАКІТОВ Володимир Едуардович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – abrakitov67@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0583-5122>

Автор: СТЕПАНЕНКО Андрій Вікторович
магістр
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – ustasandrey@mail.ru

RISK- ANALYSIS OF DIAGNOSTIC DIAGNOSIS DURING OPERATION OF SELF-PROPELLED LOADING CRANES OF THE ARROW TYPE

O. Skrypnyk, V. Abrakitov, A. Stepanenko

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv , Ukraine

The problem of managing the safe operation of hoisting machines with an expired service life is associated with solving extremely complex interrelated tasks through a set of organizational and technical measures aimed at establishing the actual risk and economic feasibility of further operation. The most important condition in this case is the conduct of an expert examination of industrial safety and technical diagnostics, the results of which make it possible to establish the real state of hoisting machines at the current time.

The safety of hoisting machines, including after the expiration of the standard service life (assigned resource), is associated with design features, workmanship, installation quality, their operation modes and a number of other factors. However, for heavily loaded hoisting machines, the main technical obstacle to safe operation is metal fatigue

The results of a statistical analysis of defects detected by expert diagnosis of self-propelled boom-type cranes that have fulfilled the standard operating period are presented. The largest number of defects is associated with the destruction and wear of structural elements, the occurrence of fatigue cracks and the violation of the operating conditions of the equipment. The greatest number of defects is found in the hydraulic system of cranes, elements of the cable-block system, less often in metal construction. To conduct a risk analysis of self-propelled jib cranes in conditions of insufficient information, a methodology for expert assessments is proposed. It allows you to evaluate the impact of potential defects of self-propelled jib cranes on the amount of economic damage to the crane itself and the transported load and on the magnitude of the traumatic impact on humans.

Defects and damage to the metal structures of the cranes discovered during the examinations are the result of the following combination of reasons: low quality of the metal (mild steel); unsatisfactory design; unsatisfactory quality of manufacture and installation of individual elements; environmental aggressiveness; operation of cranes in an unintended mode, poor maintenance and repair

Keywords: safety, propelled jib crane, defect, expert assessment, risk analysis, diagnosis.