

ОТНОСНО ПРИЧИНИТЕ ЗА АВАРИИ С ТОВАРОПОДЕМНИ КРАНОВЕ

Красимир Кръстанов, Никола Коцев

kkrastanov@vtu.bg, nkotzev@tu-sofia.bg

*ВТУ “Тодор Каблешков”,
катедра “ПТСМС”, ул. “Гео Милев” 158, София 1574,
ТУ-София, 1000 София, катедра ИЛПТСТ,
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: *товароподемни кранове, безопасност, аварии и злополуки*

Резюме: *Анализирани са основните причини за аварии с мостови, козлови, автомобилни и кула кранове. Една от причините за аварии с товароподемни кранове е некачественото провеждане на обследването при експертна оценка на крана. Твърдението е илюстрирано с авария на магнитно-графферен мостов кран и експертна оценка за предаварийното му състояние.*

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Товароподемните кранове се отнасят към обектите с повишена опасност и степен на отговорност и при тях не са редки случаите на аварии със злополуки. Аварии с товароподемни кранове могат да се разделят на аварии без злополуки (без нараняване на хора) и аварии със злополуки (с нараняване на хора). Съгласно статистическите данни [4] в България повечето случаи на аварии с кранове свързани с нараняване на хора и смъртни случаи са причинени основно от грешка на персонала при работа и от технически неизправности в конструкцията.

Целта на настоящата работа е да се анализират основните причини за аварии с типове товароподемни кранове и набележат мерки за тяхното преодоляване.

2. ОСНОВНИ ПРИЧИНИ ЗА АВАРИИ НА ТОВАРОПОДЕМНИ КРАНОВЕ

2.1 Аварии на мостови кранове

По конструктивно изпълнение мостовите кранове са малко по-надеждни в експлоатация в сравнение с другите кранове [1]. Аварии с мостови кранове стават рядко. Основните причини за аварии на мостови кранове се явяват: скъсване на стоманени подемни въжета; разрушаване на товароподемни куки; неизправност на приборите за безопасност; неизправност на спирачките; неизправност на товароухващащите приспособления (сапани и др.); ниско качество на стоманата използвана при изработване на металната конструкция на крана; работа на крана в тежък режим; експлоатация на крана над нормативния срок; некачествено обследване на крана, отработил нормативния срок на експлоатация и др.

2.2 Аварии на козлови кранове

Козловите кранове за разлика от мостовите се експлоатират на открити товаро-разтоварни площадки, складови и горски бази при температура на обкръжаващия въздух до -40°C , атмосферни въздействия (валежи, снеговалежи и др.) и различни скорости на вятъра. При провеждане на техническо обслужване и ремонт на козловите кранове не винаги се обезпечава ремонт на добро качество, затова при експлоатация на козлови кранове възникват повече аварии в сравнение с мостовите кранове. Характерни причини за аварии на козлови кранове се явяват [1]: неизправности и повреждания в закрепването на опорите (краката) на крана; неизправности в механизмите за придвижване; неизправности в крановите пътища; некачествени заваръчни шевове по металната конструкция; използване на метал с ниско качество; некачествен ремонт на крановото оборудване; крехко уморно разрушаване на стоманата при продължителен срок на експлоатация на крана; надлъжно повличане по релсовия път от вятър и др.

2.3 Аварии на автомобилни (стрелови) кранове

Експлоатационната надеждност на стреловите кранове е малко по-ниска в сравнение с другите товароподемни кранове. Това се дължи на факта, че тези кранове са мобилни и при тях освен основната работа по повдигане и преместване на товарите те са способни да превозват товара на определени разстояния, както и да променят мястото и характера на изпълняваните работи. Крановете имат няколко товарни характеристики и са снабдени със сменни стрелови оборудвания и товарозахватни органи изискващи допълнителна настройка, пререгулиране, техническо обслужване и т.н. Затова неизправности, откази и аварии при експлоатацията на стрелови кранове настъпват по-често, отколкото при другите товароподемни машини. Към основните причини за аварии на стрелови кранове могат да се отнесат следните [1]: неправилно инсталиране на крана на работната площадка; претоварване; нарушение в закрепването на възли и механизми на крана; неправилна регулировка на спирачките; неизправност на спирачките; скъсване на стоманените въжета; неправилна регулировка на указателя на товароподемността; принудително излизане от строя и неизправност на ограничителя на товарния момент; конструктивни недостатъци; незадоволително качество на заварените съединения допуснато при ремонт, монтаж и изработване на крана; ниско качество на стоманата използвана при изработване на отговорни възли от металоконструкцията на крана.

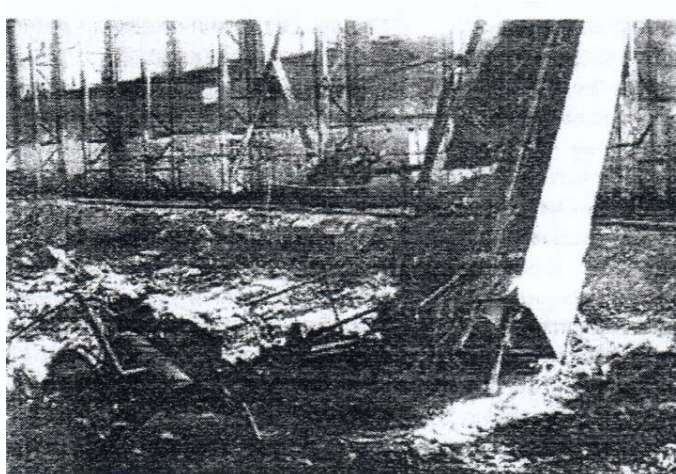
2.4 Аварии на кула кранове

Кула крановете за разлика от другите товароподемни машини се експлоатират в стеснени условия на градско и промишлено строителство. Крановете по-често от другите машини са подложени на демонтаж, преместване (превозване) и установяване на ново място. При това се нарушава графика за периодично техническо обслужване и техническо освидетелстване на такива кранове. В отделни случаи се допускат нарушения на правилата за безопасна експлоатация на крановете. Всичко това води до аварии с тежки последствия. Към характерните причини за аварии с кула кранове могат да се отнесат следните [1]: неизправност в съединителите на товарните и стрелови лебедки; неправилна регулировка или неизправност на спирачките; ненадеждно закрепване края на въжето към металната конструкция; нарушение в крепежните детайли на подпорите, ветропоказателя и други отговорни възли и механизми на крана; разрушаване на болтове в опорно въртящото устройство на крана; неизправност на крайните изключватели или ограничители на товароподемност; неизправност на крановите пътища; нарушение в технологията на заваряване при монтаж, ремонт или изработване; надлъжно повличане от вятър по релсовия път и др.

3. АВАРИИ НА МЕТАЛНАТА КОНСТРУКЦИЯ НА МОСТОВИ КРАНОВЕ

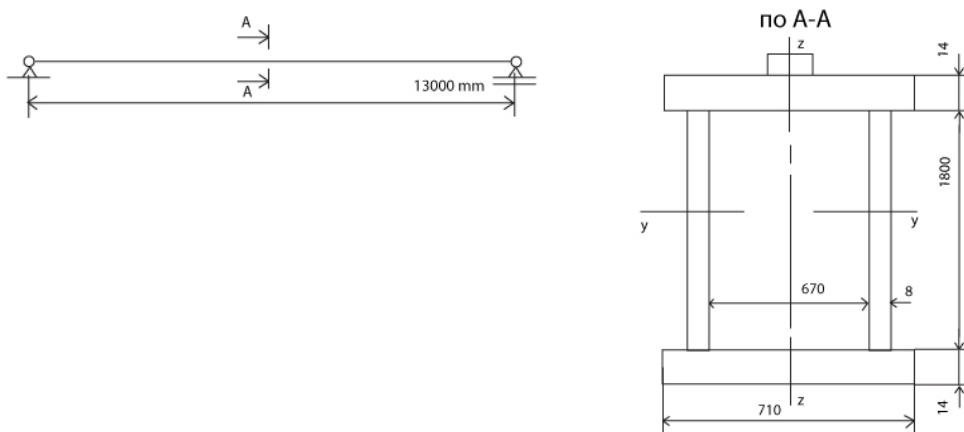
Анализът на отказите и аварията на кранове от мостов тип позволява да се установят количествени и временни зависимости за повреждания в най-натоварвания места и елементи на такива кранове [5]. Масов характер (74%) носят поврежданията на металната конструкция на мостови кранове в продължение на 15 годишна експлоатация, започвайки от 5 до 20 години.

Поради несвоевременно или некачествено провеждане на експертно обследване (диагностика) на мостови кранове стават, аварии с тежки последствия. Типичен пример е следния случай [7]: При експлоатацията на мостов магнито-графферен кран с товароподемност $Q = 20 \text{ t}$, отвор $L = 30 \text{ m}$ при поредното вдигане с грайфера на шлага на височина около 1 m се къса подемното въже. Възникналите резки дърпания от скъсването на въжето способстват за мигновенното разрушаване на отслабеното от пукнатини сечение на главната греда на мостовия кран. В резултат на това настъпва разрушаване и падане на крана – фиг. 1.



фиг.1 – аварирал мостов кран

При разследването на аварията е установено, че главната греда е с кутиеобразно сечение с размери указани на фиг.2 и е изработена от листовата стомана ВСтЗсп. Установена е проходна пукнатина в долния пояс и в едната вертикална стена с дължина $l_{\text{пукн.}} = 620 \text{ mm}$. Площта до аварията сечение – 149 cm^2 съставлява 30,6 % от площта на сечението на гредата – $A = 486,8 \text{ cm}^2$.



фиг.2 Изчислителен модел на главната греда

Разрушението на главната греда става в мястото на появилата се пукнатина, която е на разстояние 16020 mm от лявата опора.

Малко преди аварията е проведено експертно обследване на крана, но наличието на уморни пукнатини по главната греда не са открити, макар че пукнатината в долния пояс е била закрита с парче лист заварено при ремонт на металната конструкция, а трите пукнатини на стената са могли да бъдат открити с помощта на лупа. Известно е било, че крана е работил 22 години в много тежък режим на работа със систематични претоварвания. Заключение на комисията изследвала причините за аварията е, че обследването на крана е било проведено некачествено. В потвърждение на това заключение можем да се направи условна проверка на умора на материала, която се прави на етапа на проектиране [2].

4. УСЛОВНА ЕКСПЕРТНА ОЦЕНКА НА МЕТАЛНАТА КОНСТРУКЦИЯ НА МАГНИТНО-ГРАЙФЕРЕН МОСТОВ КРАН

Проверка на умора на материала

За изследвания елемент трябва да бъде изпълнено неравенството:

$$(1) \quad \Delta\sigma_{sd} \leq \Delta\sigma_{Rd} ,$$

където $\Delta\sigma_{sd}$ е изчисленият максимален размах на проектните напрежения и той се определя по

$$(2) \quad \Delta\sigma_{sd} = \max \sigma - \min \sigma = \sigma_{\max} (1 - r) ,$$

където: $\max \sigma$, $\min \sigma$ са екстремните стойности на нормалните напрежения при натоварвания по комбинация А, само във вертикалната равнина;

r - коефициент на асиметрия на цикъла

Максималният момент в средното сечение може да определи по:

$$(3) \quad M_{\max} = \frac{g \cdot m_{zl.zp} \cdot L}{8} + \frac{g \cdot (m_{kl} + \psi \cdot Q) \cdot L}{8} ,$$

а минималния по:

$$(4) \quad M_{\min} = \frac{g \cdot m_{zl.zp} \cdot L}{8} + \frac{g \cdot m_{kl} \cdot L}{20}$$

където: $m_{zl.zp}$ е масата на главната греда, t

m_{kl} - масата на количката, t

Q е товароподемността на крана, t

ψ – коефициентът на динамичност, $\psi = 1,2$

L – отвора на крана, m

g е земното ускорение, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

За разглеждания случай $M_{\max} = 1729 \text{ kNm}$; $M_{\min} = 625 \text{ kNm}$ и $r = 0,36$

Съгласно размерите на сечението дадено на фиг.2 $J_y = 24,13 \text{ sm}^4$ а $W_y = 26,39 \text{ sm}^3$

$$\sigma_{\max} = 65,5 \approx 66 \text{ MPa}$$

Тогава $\Delta\sigma_{sd} = 42,15 \text{ MPa}$

Граничната стойност на размаха се изчислява по [2,6]:

$$(5) \quad \Delta\sigma_{Rd} = \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{mf} \cdot \sqrt[m]{s_m}},$$

където $\Delta\sigma_c$ е характеристиката на уморна якост на изследвания заварен възел;

γ_{mf} - коефициентът на специфично съпротивление на уморна якост;

s_m – параметърът на историята на напреженията.

m - степенния показател на кривата на Вюлер

За конкретния случай $\Delta\sigma_c = 73 \text{ MPa}$, $\gamma_{mf} = 1,25$, $s_m = 4$, $m = 3$

$$\Delta\sigma_{Rd} = 36,8 \text{ MPa}$$

Следователно неравенство (1) не е изпълнено, а това показва че може да се появи уморна пукнатина. В такъв случай трябва да се проведе по-подборно изследване и да се направи проверка на умора чрез използване на модели от механика на разрушаването [3].

5. ИЗВОДИ

Анализирани са основните причини за аварии с мостови, козлови, автомобилни и кула кранове.

2. Извършена е условна експертна оценка на главната греда на аварирал мостов магнито-графферен кран.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Котельников В.С., А.А. Короткий и др. Диагностика и риск-анализ металлических конструкций грузоподъемных кранов. Новочеркасск, 2006

[2] Коцев Н., Кр. Кръстанов, Нормативни изисквания при проверка на умора на материала на метални кранови конструкции „Механика на машините” ТУ-Варна №97, год.ХХ, кн.2, 2012, 85-89 стр.

[3] Коцев Н., Надеждност и безопасност на метални кранови конструкции ТУ-София, 2010 г., 179 с.

[4] Радлов К., Р. Митрев, Е. Ринкова Методика за статистически анализ на причините за аварии с товароподемни кранове „Българско списание за инженерно проектиране”, бр.12, май 2012 г., 51-57 стр.

[5] Шишков Н.А. Технический надзор за содержанием и безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов. М, „Недра”, 1986

[6] prEN 13001-3-1:2011 Cranes. General design. Part 3-1: Limit states and proof of competence of steel structures.

[7] <http://cranewreck.ru/avariva7.html>