

УДК 331.45

О. Є. Кружилко, д-р техн. наук, В. В. Майстренко (ДУ «ННДІПБОП»),  
О. О. Атаманюк (Держприкордонслужба України)

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ БАШТОВИХ КРАНІВ**

*У статті проаналізовано стан безпеки баштових кранів, що експлуатуються в Україні, розглянуто причини резонансних аварій. Обґрунтовано необхідність створення єдиної інформаційної системи обліку баштових кранів та застосування математичних моделей для підвищення ефективності планування профілактичних заходів.*

**Ключові слова:** баштовий кран, інформаційна система, математична модель.

*В статье проанализировано состояние безопасности башенных кранов, которые эксплуатируются в Украине, рассмотрены причины резонансных аварий. Обоснована необходимость создания единой информационной системы учета башенных кранов и применения математических моделей для повышения эффективности планирования профилактических мероприятий.*

**Ключевые слова:** башенный кран, информационная система, математическая модель.

*The article analyzes the state of security of tower cranes, which are operated in Ukraine, examined the causes of celebrated accidents. Justified the necessity of creation of uniform information system of accounting of tower cranes and application of mathematical models to improve planning of preventive measures.*

**Keywords:** *tower crane, information system, mathematical model.*

В Україні експлуатують понад 5 тис. баштових кранів, більшість із яких відпрацювали встановлений термін. Останнім часом в Україні та світі сталась низка резонансних подій, пов'язаних з експлуатацією баштових кранів. Розслідування аварій з кранами свідчать про те, що основними їх причинами є неякісне, несвоєчасне та не в повному обсязі проведення експертних обстежень і технічних оглядів. Незважаючи на заходи, що вживаються Держгірпромнаглядом України, в будівельній галузі протягом 2013...2014 рр. сталося п'ять резонансних аварій баштових кранів, що призвело до смертельного травмування восьми осіб (про це повідомлялось листом від 03.12.2014 р. № 8660/0/4.2-6/6/14 «Про аварії вантажопідіймальних кранів»).

Так, 12.12.2013 р. на будівництві житлового будинку у м. Харків зійшов з рейок і впав на житловий будинок баштовий кран КБ-405-1 1991 року випуску. Основною причиною сходження з рейок став незадовільний технічний стан гальм пересування крана та наявність тупикових упорів жорсткого типу замість безударних. Враховуючи, що аварія сталася через два місяці після експертного обстеження та технічного огляду цього баштового крана, однією з причин аварії є незадовільні експертне обстеження та технічний огляд, якими не було виявлено передбачених нормативною документацією упорів.

Під час будівництва житлово-офісного комплексу у м. Київ 20.03.2014 р. впав вантажопідіймальний баштовий кран КБ-403А, що призвело до загибелі машиніста крана. Кран було виготовлено у 1988 році. Встановлено, що основною причиною падіння крана був його незадовільний технічний стан, а саме: розрив основного металу верхнього листа кільцевої рами по всьому периметру в зоні зварювання кільця болтового кріплення опорно-поворотного пристрою, а також неякісні експертно-технічне діагностування та технічний огляд крана, під час яких не було проведено інструментальне дослідження конструкції рами (детальніше Держгірпромнагляд інформував про цю аварію листами від 12.06.2014 р. № 4613/0/4.2-6/6/1 та від 06.08.2013 р. № 7654/0/4.2-6/6/13).

У травні 2014 році на будівництві житлового будинку в м. Харків у результаті сильного пориву вітру, сталася самовільне пересування по кранових коліях та падіння баштового крана КБ-405-2А, 1986 року випуску, зав. № 718, на торгові кіоски, розташовані поруч із будівництвом. Під час аварії постраждали шість осіб, із них троє – зі

смертельним наслідком. Основна причина полягала в тому, що кран не був обладнаний ручними протиугінними упорами, додатковими механічними протиугінними захватами. Ще одна з причин – неякісні експертне обстеження та позачерговий технічний огляд баштового крана. Зокрема, організації, що проводили експертизу і технічний огляд, при наявних ознаках зміни його технічних характеристик не виявили, що кран був реконструйований.

Під час нарощування башти крана на будівництві житлового будинку в м. Дніпропетровськ 28 жовтня 2014 р. впав вантажопідіймальний баштовий кран КБ-674А, що призвело до загибелі чотирьох працівників. Кран виготовлено у 1989 році. Основна причина падіння – неврівноваженість конструкції крана під час нарощування башти.

Слід зазначити, що подібна аварія крана внаслідок аналогічних причин, сталася у 2012 р. у Дніпропетровську під час демонтажу баштового крана ТС7032-20, 2005 року випуску, виробництва КНР. При цьому троє працівників отримали травми, один з них – смертельні.

У м. Тернопіль 31 жовтня 2014 р. на будівництві житлового будинку під час переміщення вантажу краном КБ-308, виготовленого у 1989 році, він впав на будинок, що зводився. На щастя, ніхто не постраждав. Причина аварії – перевантаження крана за несправних приладів безпеки.

Причини підвищеної аварійності порівняно з іншими кранами, в першу чергу, пов'язані з частим перебезуванням баштових кранів з об'єкта на об'єкт, що супроводжується частковим або повним демонтажем крана на вузли, а також віддаленістю цих об'єктів від баз обслуговування, що ускладнює контроль за станом, своєчасним обслуговуванням та якістю ремонту кранів.

Наявні дані дозволяють виділити три основні групи причин аварій баштових кранів:

- невідповідність стану конструкції кранів вимогам безпеки;
- недодержання встановлених вимог до монтажу та демонтажу;
- порушення умов безпечної експлуатації.

Зазначені аварії можуть бути спричинені недоліками конструкції (в тому числі виготовлення) вузлів кранів або порушеннями вимог до обслуговування та ремонту кранів у процесі експлуатації. Як свідчить аналіз матеріалів розслідування аварій, конструкції кранів зазвичай руйнуються в найбільш навантажених вузлах, в яких при експлуатації утворюються тріщини. При цьому тріщини можуть розвиватися повільно (до кількох років) або практично миттєво (при крихкому руйнуванні). Останнє являє найбільшу небезпеку для конструкцій, адже відбувається без помітної деформації або утворення видимих тріщин, і тому важко діагностується.

Результати багаторічної експлуатації кранів різних типів дозволяють зробити висновок, що найменш надійний вузол баштового крана –

кільцева неповоротна рама – складна зварна конструкція з місцями підвищеної концентрації напружень, для яких розрахунок напруженого стану ускладнений. Зазвичай руйнуються зварні шви, що з'єднують елементи нижнього листа та (або) нижній лист з вушками та бічними вертикальними листами. Доопрацювання заводом конструкції рами і посилення її при експлуатації не дали очікуваного ефекту.

Крім того, для підвищення ефективності державного нагляду за дотриманням вимог нормативно-правових актів з охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів Державною службою гірничого нагляду та промислової безпеки України було прийнято рішення про включення до Плану підготовки у 2014 році проектів регуляторних актів (зміни до Плану, затверджені наказом від 16.07.2014 року № 103) позицій щодо розроблення «Інструкції з експертного обстеження порталних кранів і кранів-перевантажувачів» та «Інструкції з експертного обстеження баштових кранів». Сьогодні вже опрацьовано першу редакцію «Інструкції з експертного обстеження порталних кранів і кранів-перевантажувачів», якою передбачається встановити мінімальні вимоги щодо організації, методів та обсягів експертного обстеження кранів порталних і кранів-перевантажувачів з метою визначення їх технічного стану, умов і строку подальшої безпечної експлуатації з урахуванням режиму роботи, а також визначення потреби у проведенні ремонту, модернізації, реконструкції або виведенні їх з експлуатації. Наступним етапом має стати розроблення інструкції для баштових кранів.

Незважаючи на те, що існує нагальна потреба у забезпеченні фахівців з промислової безпеки повною та систематизованою інформацією про технічний стан баштових кранів, донедавна такої системи не існувало. Реєстрація проводилась окремо в кожному територіальному управлінні Держгірпромнагляду України за довільною формою у паперовому або електронному вигляді. В цих формах не відображається інформація про технічні огляди та експертні обстеження, що не дає можливості ефективного планування та проведення державного нагляду та моніторингу за технічним станом баштових кранів. Крім того існуюча система реєстрації не виключає можливості одночасної реєстрації баштового крану в різних територіальних управліннях Держгірпромнагляду.

За завданням Держгірпромнагляду ДУ «ННДПБООП» створено єдину інформаційну систему обліку баштових кранів (далі – ЄІС «Баштові крани»). Система призначена для вдосконалення організації державного нагляду за дотриманням нормативно-правових актів з охорони праці під час експлуатації баштових кранів. Актуальність створення ЄІС «Баштові крани» підтверджується необхідністю оперативно відслідковувати стан баштових кранів і приймати

обґрунтовані управлінські рішення щодо проведення необхідних профілактичних заходів.

ЄІС «Баштові крани» призначена для автоматизації таких видів робіт, пов'язаних з обробкою даних про стан баштових кранів:

- облік і аналіз даних про стан баштових кранів;
- облік аварій;
- передача даних;
- формування вибірок;
- планування заходів;
- підготовки звітних та аналітичних документів.

Основні функції ЄІС «Баштові крани»:

- введення та обробка даних щодо станів баштових кранів;
- зберігання і відображення даних;
- відновлення даних, що містяться у базі даних;
- пошук необхідних даних і видача користувачам результатів пошуку;
- адміністрування системи, захист від несанкціонованого доступу.

До складу ЄІС «Баштові крани» входять дві підсистеми:

- підсистема формування бази даних – призначена для формування реєстру баштових кранів і передачі їх в бази даних ЄІС «Баштові крани», формування та документування звітів;
- підсистема аналізу даних – призначена для проведення аналізу стану баштових кранів.

Використання ЄІС «Баштові крани» дозволить описати баштовий кран як модельовану технічну систему та досліджувати її технічний стан протягом визначених проміжків часу з метою завчасного виявлення аварійних (передаварійних) ситуацій та вжиття профілактичних заходів.

Опис змін станів модельованої системи можна представити у виді графа, як послідовність операцій ( $i=0,1,\dots,p$ ) зміни кінцевого числа ( $j=1,2,\dots,s$ ) показників, що визначають технічний стан баштового крану. У основі графа лежить орієнтоване ребро, що характеризує умови виконання усіх показників на черговому етапі ( $i=p$ ), при цьому досягнутих визначених значеннях кожного з показників ( $j=v$ ).

Стан системи, виражений вершиною ребра ( $Y_{v(p-1)}$ ), змінюється від етапу до етапу відповідно до коефіцієнта передачі спадкового зв'язку й характеризується новою величиною показників ( $Y_{vp}$ ). Взаємозв'язок вхідних і вихідних величин може бути виражений різними видами спадкових зв'язків, що відрізняються інтенсивністю та характером впливу факторів.

Елементарний спадковий зв'язок характеризується впливом на показник його попереднього стану:

$$Y_{vp} = K_{v(p-1)} \cdot Y_{v(p-1)}, \quad (1)$$

де  $Y_{v(p-1)}$ ,  $Y_{vp}$  – величина  $v$ -го показника спочатку на етапі  $p-1$  і  $p$  відповідно;

$K_{v(p-1)}$  – коефіцієнт передачі елементарного спадкового зв'язку від етапу  $p-1$  до етапу  $p$ .

Комплексну оцінку здійснюють у випадках, коли при розрахунку значення показника на етапі  $p$  використовується не тільки значення попереднього етапу, але й просліджується значна кореляція зі станом цього показника на більш ранніх етапах:

$$Y_{vp} = \sum_{i=1}^{p-1} K_{vi} \cdot Y_{vi} \quad (2)$$

Слід зазначити, що математична модель, отримана на кожному окремому етапі, може відрізнитися від моделей, отриманих на інших етапах. Це дозволяє говорити про зміни в умовах функціонування системи. У випадку, коли умови функціонування системи незмінні, загальний вигляд моделі, що розраховується на кожному етапі, буде зберігатися або не буде значною мірою відрізнитися від попереднього. Викладений підхід припускає використання комп'ютерної техніки та спеціалізованого програмного забезпечення з огляду на значні обсяги обчислень і необхідність збереження баз даних.

Отже, впровадження ЄІС «Баштові крани» дає можливість автоматизувати занесення даних про баштові крани, про події, пов'язані з цим обладнанням. У перспективі використання єдиної бази даних і математичних моделей підвищить ефективність планування профілактичних заходів і обґрунтоване прийняття рішень щодо забезпечення безпеки експлуатації баштових кранів.

У результаті впровадження ЄІС «Баштові крани»:

- досягнуто скорочення часу, що витрачають фахівці на збір та обробку даних, а також на формування звітності;
- досягнуто забезпечення оперативності та об'єктивності аналізу стану промислової безпеки та охорони праці на піднаглядних підприємствах;
- розроблено наукове обґрунтування планування державного нагляду на основі прогнозування тенденцій та завчасної ідентифікації небезпек.

Управлінські рішення, що їх приймає керівник, базуються не тільки на використанні його особистого досвіду та знань, але й на результатах обробки статистичних даних, моделювання та прогнозування. При систематичному використанні інформаційно-аналітичних систем керівник набуває досвід дослідницької діяльності в процесі підготовки та обґрунтування управлінських рішень.

*Дата подання статті до збірника – 25.05.2015*