

## **ОТНОСНО АНАЛИЗА НА ПРИЧИНИТЕЛТЕ НА ТЕЖКИ ИНЦИДЕНТИ ПРИ ОСНОВНИТЕ ВИДОВЕ КУЛОКРАНОВЕ НА СТРОИТЕЛНИТЕ ОБЕКТИ**

**Калин Радлов<sup>1</sup>, Евелина Ринкова<sup>2</sup>**

## **ABOUT ANALYSIS OF CAUSES OF HEAVY ACCIDENTS WITH COMMON TYPES OF TOWER CRANES AT CONSTRUCTION SITES**

**Kalin Radlov<sup>1</sup>, Evelina Rinkova<sup>2</sup>**

### **Abstract:**

*The current paper deals with the causes of heavy accidents with tower cranes. There are analysis performed of the preliminary collected international data from another articles and researches about the registered heavy accidents with tower cranes worldwide. A special attention is paid to the structure features of the different types of crashed tower cranes, by which the registered heavy accidents have been occurred. The main purpose of current paper is to divide the crashed tower cranes into several groups, according to their structure features (crane types), and after that to be obtained the main causes for heavy accidents for each group (type) of tower cranes involved. On the basis of the performed analysis, there are important finding and conclusions obtained, which can be useful for management decision making and preventive measures concerning about minimization of tower crane accidents at construction sites.*

### **Keywords:**

*Construction machinery, Tower cranes, Accidents, Type of structure, Causes, Crane type*

### **1. ВЪВЕДЕНИЕ**

В световен мащаб съществуват множество различни разработки, свързани с безопасната експлоатация на товароподемните кранове – като се започне от разработки, които са посветени на системите за ефективно управление и наблюдение на работата на крановете [1], и се достигне до разработки посветени на правилното проектиране на подкрановите конструкции [2]. От всички тези разработки особен интерес представляват

---

<sup>1</sup> Калин Радлов, доц. д-р инж., катедра „Технология и механизация на строителството“, Строителен факултет, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: kradlov@abv.bg;

Kalin Radlov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Construction Technology and Mechanization”, UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, Bulgaria, email: kradlov@abv.bg.

<sup>2</sup> Евелина Ринкова, д-р инж., Държавната агенция за метрологичен и технически надзор, бул. „Г. М. Димитров“ № 52А, 1797 София, email: rtot@abv.bg;

Evelina Rinkova, Dr. Eng., State Agency for Metrological and Technical Surveillance, 52A G.M.Dimitrov Blvd., Sofia 1797, Bulgaria, email: rtot@abv.bg.

разработките, които са посветени на злополуките и инцидентите, които възникват при най-често използваните товароподемни кранове в строителството, а именно: кулокрановите. Кулокрановите са най-големите кранове на строителните обекти, поради което би могло да се счита, че те носят и най-сериозния риск от нараняване на строителните работници. Разработката [3] представя обща информация за всички възникнали инциденти с кулокранове (леки и тежки инциденти) по следния начин: удари с товар – 32%; токови удари – 27,2%; инциденти при монтаж/демонтаж – 12%; разрушаване на стрела или носещо въже – 12%; преобръщане на крана – 11,2% и т.н. По подобен начин е представена информацията и в разработката [4]. Същевременно разработката [5] разглежда само по-тежките възникнали инциденти с кулокранове, като представя информацията в следния вид: инциденти при монтаж/демонтаж на крана – 51%; инциденти вследствие на екстремни метеорологични условия – 26%; инциденти вследствие на човешки грешки – 10%; инциденти вследствие на разрушаване на механичен носещ компонент – 7%; инциденти вследствие на разрушаване на опорната конструкция/фундамент под крана – 4%; инциденти вследствие на недостатък в електрическата система за управление на крана – 2%. Други такива разработки, от последните няколко години, които са посветени на повишаване на безопасността при работа с кулокранове, са: [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13] и др.

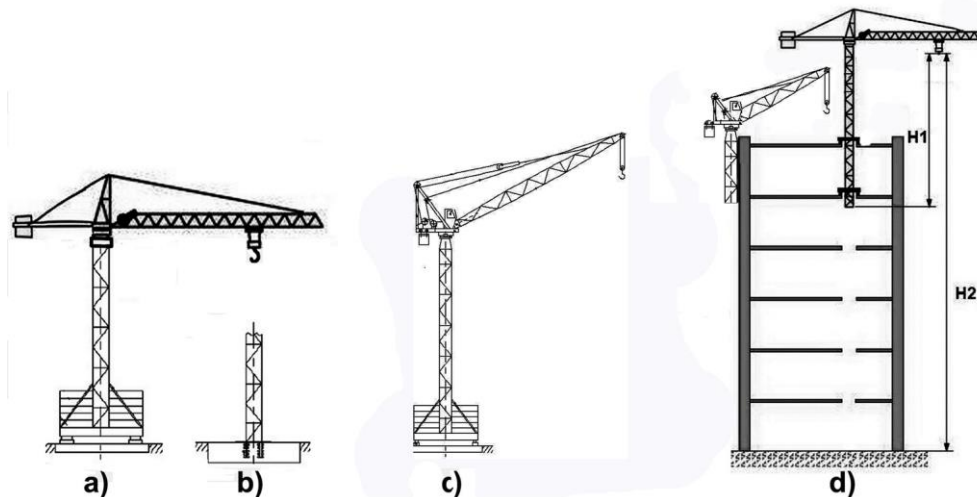
Всички гореописани разработки обхващат различни периоди от време, отнасят се за различни географски региони и предлагат различни гледни точки, аспекти и подходи за търсене на начини за повишаване на безопасността при работа със строителни кранове, както и намаляване и/или предотвратяване на инцидентите, свързани с тях. Прави впечатление, че в гореописаните разработки се представя само обща информация за възникващите инциденти с всички кулокранове като цяло (в общ план). В нито една от гореописаните разработки не е било извършено разделяне (групиране) на различните видове аварирани кулокранове по конструктивен признак/конструктивно изпълнение на крана (вид на кулокрана), след което да бъдат установени и анализирани основните причинители на инциденти за всеки от отделните видове използвани кулокранове. Именно това е извършено в настоящата разработка, при което са анализирани само инциденти, които са възникнали при най-рисковите кулокранове, използвани в строителството - кулокранове с горно въртене на стрелата (кулокранове с невъртяща се кула), при които противотежестата е разположена на голяма височина. Анализирани са само по-тежките възникнали инциденти с тези кулокранове (като например: падане на целия кран, падане на стрелата и др), а останалите по-леки възможни инциденти (като например: токови удари, подхлъзване и/или падане на работници около кулокрана и др.) не са разглеждани. Подложени на анализ са само регистрирани инциденти, за които има налични данни относно предполагаемата причина за настъпване на инцидента, както и вида (типа на конструкцията) на аварирания кулокран.

## 2. ОСНОВНИ ВИДОВЕ КУЛОКРАНОВЕ С ГОРНО ВЪТРЕНЕ ИЗПОЛЗВАНИ В СТРОИТЕЛСТВОТО

Най-често използваните кулокранове с горно въртене в строителството са представени на долната Фиг.1, а именно: стационарни кулокранове с горно въртене и хоризонтална стрела (Фиг.1 – а) и б)), стационарни кулокранове с горно въртене и наклоняваща се стрела (Фиг.1 – с)) и катерещи се кулокранове (Фиг.1 – д)).

Стационарните кранове с горно въртене могат да бъдат монтирани към фундаментни блокове (Фиг.1 – а)) или чрез директно анкерирание на кулата към фундаментната плоча на сградата (Фиг.1 – б)). Височината на кулата на стационарните кулокранове с горно въртене, когато са фиксирани само към земната основа (т.е. без допълнителни странични

връзки към строителната конструкция) е ограничена, в зависимост от вида и типоразмера на крана. При използване на допълнителни хоризонтални странични връзки към строителната конструкция обаче, височината на кулата на тези кранове е практически неограничена. Стационарните кулокранове в повечето случаи биват самоподемни, при което увеличаването на височината на тяхната кула става чрез използване на издигаща/катереща секция и хидравлични крикове (без участието на допълнителен автокран).



Фигура 1. Най-често използвани кулокранове в строителството: а) стационарен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела, монтиран към фундаментни блокове; б) стационарен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела, чиято кула е анкерирана към собствен монолитен фундамент или фундаментната плоча на сградата; в) стационарен кулокран с горно въртене и наклоняща се стрела; д) катерещ се кулокран.

### 3. АНАЛИЗ И ОБОБЩЕНИЕ НА НАЛИЧНИТЕ ДАННИ ЗА ВЪЗНИКНАЛИ ИНЦИДЕНТИ С КУЛОКРАНОВЕ

Въз основа на анализ на информацията от описаните по-горе разработки, е извършено обобщение на налични данни за възникнали тежки инциденти при кулокранове с горно въртене, при което е извършено също и разделяне (групиране) на различните видове аварирани кулокранове по конструктивен признак/конструктивно изпълнение на крана (вид на кулокрана). Използвана е само информация от възникнали инциденти, за които има налична информация относно предполагаемата причина за настъпване на инцидента, както и вида (типа на конструкцията) на аварирания кулокран. Получените резултати са представени в долната Таблица 1.

Таблица 1. Обобщение на налични данни за възникналите инциденти с кулокранове с горно въртене, за които има налична информация относно предполагаемата причина за настъпване на инцидента, както и вида (типа на конструкцията) на аварирания кулокран.

№	Дата и място на инцидента	Вид на аварирания строителен кран	Кратко описание на инцидента	Класификация на инцидента
1.	28 ноември 1989 г. в Сан Франциско	Стационарен самоподемен кулокран с горно въртене и наклоняща се стрела	Издигащата/катерещата секция погрешка не е била изцяло откачена от неподвижната част на крана, докато се е	Инцидентът е „възникнал по време на монтаж и увеличаване на

	(Калифорния, САЩ)	(оборудван с издигаща/катереща секция), марка SN 355 Reiner (максимален обseg 58,52метра и номинална товароподемност 7,7тона).	издигала/плъзгала нагоре, при което се е получило неравномерно разпределение на натоварването, разрушаване и падане на крана. В момента на падането височината на кулата е била висока около 90,8метра (съставена от 15 еднакви секции).	височината на кулата чрез използване на издигаща/катереща секция, поради пропуск/грешка в процедурата по издигане на крана“.
2.	11 август 1999 г. в Солт Лейк Сити (САЩ)	Стационарен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела	Вследствие на торнадо са се разрушили само връзките на стрелата на крана, която е паднала долу на земята (контрастрелата и кулата на крана са останали на място).	Инцидентът е „възникнал при екстремни условия (торнадо), поради разрушаване на връзки на стрелата.
3.	Август 1999 г. във Франкфурт (Германия)	Стационарен кулокран Liebherr 256 HT (с горно въртене и хоризонтална стрела)	Кранът се е преобърнал по време на неговия монтаж на строителния обект. Предполагамата причина е това, че кранът е бил погрешно завъртян в неподходящ момент.	Инцидентът е „възникнал по време на монтаж на кулокрана, поради пропуск/грешка в монтажа“.
4.	11 април 2000 г. в Сингапур	Стационарен кулокран с горно въртене и наклоняща се стрела	По време на експлоатация на крана, при издигане на стрелата нагоре, се стига до падане/рухване на стрелата. Предполага се, че стрелоподемната лебедка е дефектирала, вследствие на което е позволила свободно развиване на въже.	Инцидентът е „възникнал по време на експлоатация, поради аварирала стрелоподемна лебедка“ (има вероятност да е вследствие на стареене/износване.
5.	21 май 2000 г. в Лондон (Англия)	Стационарен самоподобен кулокран с наклоняща се стрела (оборудван с издигаща/катереща секция) модел Wolff 320 В	Кранът пада по времето, докато се увеличава/издига височината на кулата. Предполага се, че причината за инцидента е съчетание от рязка/динамична промяна на посоката и скоростта на вятъра по време на издигане на горната част на крана (вкл. и стрелата) и лошо/неправилно свързване на хидравличния крик за вдигане.	Инцидентът е „възникнал по време на монтаж и увеличаване/издигане височината на кулата, поради пропуск/грешка в процедурата по увеличаване/издигане височината на кулата“.
6.	31 януари 2002 г. в Чикаго (САЩ)	Стационарен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела, модел Рессо	Вследствие на екстремни условия (торнадо) се е разрушило опорно-въртящото устройство на крана и цялата горна/въртяща се част на крана е паднала долу на земята (стрела, контрастрелата и противотежест).	Инцидентът е „възникнал при екстремни условия (торнадо), поради рзрушаване на опорно-въртящото устройство“.

7.	31 март 2002 г. в Тайпе (Тайван)	Два катерещи се кулокрана, модел Favelle Favco, монтирани към небостъргач	Случва се силно земетресение (6,8 по Рихтер), което разрушава връзките между строителната конструкция и крана, които падат от 56 етаж.	Инцидентът е „възникнал по време на екстремни условия (земетресение)“.
8.	Септември 2002 г. в Йерусалим (Израел)	Стационарен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела	По време на демонтаж на кулокрана, се стига до падане/изпускане на въртящата се част на кулокрана от спомагателния автокран.	Инцидентът е възникнал по време на демонтаж на кулокрана с автокран.
9.	01 ноември 2002 г. в град Ханк (Холандия)	Кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела, марка Potain	Докато бива монтирана противотежестта към контрастрелата (с помоща на допълнителен автокран) се стига до претоварване и разрушаване на стоманобетонения фундамент в основата на крана.	Инцидентът е „възникнал по време на монтаж на кулокрана“, поради допуснати грешки и неспазване на точната процедура за монтаж.
10.	29 април 2003 г. в Дюселдорф (Германия)	Стационарен кулокран с горно въртене, хоризонтална стрела, марка Liebherr	По време на работа на крана се стига до разрушаване на неговия фундамент, при което той пада.	Инцидентът е „възникнал по време на експлоатация на кулокрана“, поради разрушаване на фундамента.
11.	02 декември 2003 г. в Ротердам (Холандия)	Стационарен кулокран с горно въртене, хоризонтална стрела	Пада/преобръща се целият кран, поради разрушаване на най-долната секция на кулата. Предполагамата причина е, че няколко от носещите болтове са се скъсали (поради стареене/износване и/или прекомерно натягане).	Инцидентът е „възникнал по време на експлоатация на кулокрана“, поради разрушаване на болтови връзки в най-долната секция на кулата.
12.	01 февруари 2004 г. в Дъблин (Ирландия)	Стационарен кулокран, с горно въртене и обикновена хоризонтална стрела, модел Wolff	Вследствие на силен вятър на две места се е счупила стрелата на крана. Стрелата не е паднала на земята. Предполага се, че е имало също и блокиране на спирачката на механизма на въртене.	Инцидентът е „възникнал по време на силен вятър“ и разрушаване на стрелата, съчетано с грешно прила- гане на спирачка.
13.	15 май 2004 г. в Манама (Бахрейн)	Стационарен самоподемнен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела (снабден с издигаща/ катереща секция)	Паднала е цялата горна (въртяща) се част на крана, по време на демонтаж и намаляване на височината на кулата (от 54 метра на 12 метра).	Инцидентът е „възникнал по време на демон- таж на крана чрез използване на издигаща/ катереща секция“.

14.	09 юли 2004 г. в Кардиф (Уелс)	Стационарен кулокран с горно въртене и наклоняща се стрела марка Raimondi LR60	Вследствие на силен вятър се е огънала стрелата на крана. Установена е повреда на спирачката на механизма за въртене, която е блокирала стрелата да може да се върти.	Инцидентът е „възникнал по време на силен вятър“, поради повреда на спирачката на механизма за въртене.
15.	28 януари 2005 г. в Гуанджоу (Китай)	Стационарен самоподамен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела (оборудван с издигаща/катереща секция), модел QTZ-63	Кранът е паднал по време на демонтаж и намаляване на висичината на кулата, чрез използване на издигаща/катереща секция.	Инцидентът е възникнал по време на демонтаж, намаляване на кулата чрез използване на издигаща/катереща секция.
16.	03 февруари 2005 г. в Австралия	Стационарен кулокран с горно въртене и наклоняща се стрела	Вследствие на силен вятър се е огънала стрелата. Предполага се, че причината е блокиране на спирачката на механизма за въртене или ненапълно издигане на стрелата.	Инцидентът е „възникнал по време на силен вятър“, поради погрешно паркиране на крана.
17.	11 февруари 2005 г. в Уортинг (Съсекс, Англия)	Стационарен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела, модел BPR	Установената причина за падането на крана е, че част от болтовете на едно от звената на кулата са били развити почти докрай по време на подготовката за демонтажа, след което неконтролирано са били оставени така.	Инцидентът е „възникнал по време на демонтаж на кулокрана“, поради човешка грешка и неспазване на процедурата по демонтаж.
18.	11 май 2005 г. в Драмен (Норвегия)	Стационарен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела, модел Potain	Кулокранът пада по време на подготовката за неговия демонтаж. Пада само контрастрелата на крана, заедно с противотежестта.	Инцидентът е „възникнал по време на демонтаж на крана“, поради човешка грешка.
19.	07 ноември 2005 г. в Флорида (САЩ)	Стационарен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела (модел Comedil)	Целият кран пада вследствие на силен вятър и ураган.	Инцидентът е „възникнал по време на екстремни условия (ураган)“.
20.	03 юни 2006 г. в Калифорния (САЩ)	Стационарен кулокран с горно въртене и наклоняща се стрела	Вследствие на много силен вятър пада крана. По време на инцидента кранът е бил правилно паркиран.	Инцидентът е „възникнал по време на силен вятър“.
21.	26 септември 2006 г. в Лондон (Англия)	Стационарен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела, модел BPR 222	По време на експлоатацията пада цялата въртяща се част на крана, поради скъсване на носещите болтове на опорно-въртящото устройство. Кранът	Инцидентът е „възникнал по време на експлоатация“, поради механична

			е 27-годишен (може да се предположи също стареене/износване).	повреда (скъсване на болтове на опорно-въртящото устройство).
22.	17 ноември 2006 г. в Белвю (Сиатъл, САЩ)	Стационарен кулокран с горно въртене, хоризонтална стрела, марка Liebherr	Докладвано е падане на крана, поради разрушаване на кулата на около 15 фута (4,57 метра) над опорната конструкция. Установено е изграждане на „нестандартна“ (нерегламентирана в техническата документация) стоманена опорна конструкция на крана.	Инцидентът е „възникнал по време на експлоатация на кулокрана“, поради неправилно изпълнена (по нерегламентиран начин) опорна конструкция на кулокрана.
23.	20 декември 2006 г. в Пенанг (Малайзия)	Стационарен кулокран с горно въртене, хоризонтална стрела	Вследствие на силен вятър пада цялата горна/въртяща се част на крана. Предполагамата причина е, че кранът е продължил да работи при много силен вятър.	Инцидентът е „възникнал по време на силен вятър“, съчетано с нерегламентирана работа на крана.
24.	15 януари 2007 г. в Ливърпул (Англия)	Стационарен кулокран с горно въртене и наклоняща се стрела, модел Jaso J138PA	По време на инцидента кранът се е намирал в процес на работа, с максимално издигната нагоре стрела. Скоростта на вятъра е била с пориви близки до максималната позволена за Англия (20 м/сек). Пада цялата горна/въртяща се част.	Инцидентът е възникнал „по време на работа на крана в условия на силен вятър“, съчетано с неадекватно поведение/грешка на краниста.
25.	17 януари 2007 г. в Букурещ (Румъния)	Стационарен кулокран с горно въртене, хоризонтална стрела	Кранът пада по време на демонтаж.	Инцидентът е „възникнал по време на демонтаж“.
26.	28 март 2007 г. в Шанхай (Китай)	Стационарен кулокран с горно въртене, хоризонтална стрела	Пада цялата горна/въртяща се част на 100м висок кулокран, който е свързан с хоризонтални връзки към сградата.	Инцидентът е „възникнал по време на демонтаж на кулокрана“.
27.	12 април 2007 г. в Торонто (Канада)	Стационарен кулокран с горно въртене и наклоняща се стрела, модел Kroll	Инцидентът е възникнал при силен вятър (буря), при което пада само стрелата на крана.	Инцидентът е „възникнал по време на силен вятър“.
28.	24 май 2007 г. в Джакарта (Индонезия)	Стационарен кулокран с горно въртене, хоризонтална стрела	По време на демонтаж на крана се стига до падане на стрелата и цялата горна/въртяща се част на крана.	Инцидентът е „възникнал по време на демонтаж на кулокрана“.
29.	2 юни 2007 г. в Кройдън (Англия)	Катерещ се кулокран, модел Terex Comedil	По време на изпълнение на процедурата за катерене/изкачване на крана нагоре се стига до падане на цялата горна част на крана. По	Инцидентът е „възникнал по време на изпълнение на процедура по

			време на катеренето/изкачването не са били затегнати болтови връзки на издигащата/катерещата секция.	„катерене/изкачване“ на катерещ кулокран“, поради грешка на монтажниците.
30.	10 юли 2007 г. в Залив Косуей (Хонг Конг)	Стационарен самоподобен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела (оборудван с издигаща/катереща секция)	Кранът пада по време на неговия демонтаж, чрез използване на направляваща секция за катерене.	Инцидентът е „възникнал по време на демонтаж на кулокрана, чрез използване на издигаща/катереща секция“.
31.	22 февруари 2008 г. в Сингапур	Стационарен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела, модел Jaso	Вследствие на претоварване пада 60 метров кулокран, поради разрушаване на опорната му конструкция (носещи анкери и съединителни щифтове към фундамента).	Инцидентът е „възникнал по време на експлоатация на кулокрана“, поради неправилна употреба (претоварване).
32.	15 Март 2008 г. в Манхатън, Ню Йорк (САЩ)	Стационарен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела, висок 76,2 метра (250 ft)	По време на монтаж на нова/допълнителна хоризонтална връзка на крана към строителната конструкция, се стига до грешка на монтажниците и изпускане/падане на ограждащия опорен пръстен на кулата, което предизвиква падане на крана. В резултат на това има 6 загинали работници.	Инцидентът е „възникнал по време на монтаж (монтиране на допълнителна хоризонтална връзка към строителната конструкция)“, поради човешка грешка.
33.	30 май 2008 г. в Ню Йорк (САЩ)	Стационарен кулокран с горно въртене и наклонява се стрела, модел Kodiak	Вследствие на разрушаване на носеща заваръчна връзка в опорния пръстен, се стига до разрушаване на опорно-въртящото устройство и падане на цялата въртяща/горна част на крана. Кранът е 24-годишен (може да се предположи също стареене/износване).	Инцидентът е „възникнал по време на експлоатация“, поради механична/конструктивна повреда (скъсване на заваръчна връзка на опорния пръстен).
34.	10 юли 2008 г. в Ротердам (Холандия)	Стационарен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела, модел Wilbert WT 300	По време на падането кранът се е намирал в експлоатация и е пренасял тежък товар. Подадена е команда за движение на количката назад, но вместо това количката е започнала да се движи неконтролируемо напред, което е предизвикало преобръщане и падане на крана.	Инцидентът е „възникнал по време на експлоатация“, поради неправилно изпълнена електрическа схема за управление на механизма за движение на количката.



35.	24 април 2009 г. в Тайпе (Тайван)	Стационарен кулокран с горно въртене и наклоняща се стрела	Откъсва се горната/въртящата се част на крана и пада от 37-мия етаж на сградата долу. Предполага се, че причината е претоварване на крана, съчетано с работа при сравнително силни ветрове (но ненадвишаващи максимално допустимите).	Инцидентът е бил класифициран като „възникнал по време на експлоатация“, поради неправилно използване (претоварване) на крана.
36.	03 юни 2009 г. в Токио (Япония)	Стационарен самоподамен кулокран с горно въртене и наклоняща се стрела (оборудван с издигаща/катереща секция)	Инцидентът е възникнал по време на демонтаж на кулокрана. В момент, когато се е намалявала/спускала височината на кулата (чрез издигащата/катерещата секция) се е стигнало до внезапно дефектиране на подемния хидроцилиндър, вследствие на което цялата горна част на крана е паднала.	Инцидентът е „възникнал по време на демонтаж на крана (намаляване на височината на кулата), чрез издигащата/катерещата секция, поради дефект (механична повреда) на хидроцилиндъра.
37.	23 октомври 2009 г. в Торонто (Канада)	Стационарен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела, модел Рессо	По време на инцидента кранът се намира в експлоатация и се изпълнява операция завъртане на стрелата, при което изведнъж пада цялата горна/въртяща се част на крана. Предполагаемата причина е скъсване на носещи болтове на опорно-въртящото устройство (вероятно стареене/износване).	Инцидентът е „възникнал по време на експлоатация“, поради механична/конструктивна повреда (скъсване на болтове на опорно-въртящото устройство).
38.	29 декември 2009 г. в Шензен (Китай)	Стационарен кулокран с горно въртене и наклоняща се стрела, модел „Guangxi Construction Machinery“	Кулата на крана е била много висока и е била свързана с хоризонтални връзки към строителната конструкция. Вследствие на значително претоварване на крана се стига до падане на цялата горна/въртяща се част на крана, а кулата на крана остава.	Инцидентът е „възникнал по време на експлоатация“, поради неправилно използване на крана (претоварване с 50% над номиналния товар).
39.	10 Септември 2017 г. в Маями (САЩ)	Стационарни кулокранове с горно въртене и хоризонтална стрела, модел - SK-315	Падат два крана в резултат на силен вятър от ураган. На същите строителни площадки е имало и други кулокранове (модел Terex), но те не са паднали при урагана.	Инцидентът е „възникнал по време на екстремни условия“ (ураган).

#### 4. АНАЛИЗ И ОБОБЩЕНИЕ НА ОСНОВНИТЕ ПРИЧНИТЕЛИ НА ИНЦИДЕНТИ С КУЛОКРАНОВЕ

Въз основа на анализ на данните, които са представени в горната Таблица 1, е извършено установяване и анализ на основните причинители на инциденти при всеки от основните видове кулокранове с горно въртене, използвани в строителството. Получените резултати са представени в долната Таблица 2. Прави впечатление, че част от възникналите инциденти (2 инцидента при крановете с наклоняща се стрела и 3 инцидента при крановете с хоризонтална стрела) се дължат на внезапно разрушаване на носещи и/или механични компоненти на крана, при които има голяма вероятност да са предизвикани вследствие на процеси на стареене в конструкцията. В разработката [14] е акцентирано върху това, че правилната оценка на процесите на стареене в конструкцията на машините се явява важен фактор за осигуряване на безопасна работа на машината. Такива процеси на стареене в конструкцията на строителните машини са: механично износване на машинни компоненти, корозия на стоманата, механична умора на материала, термична умора на материала и др.

Таблица 2. Установени основни причинители на инциденти, поотделно за всеки от основните видове кулокранове с горно въртене, които най-често се използват в строителството

№	Основен вид на строителен кулокран	Установени първостепенни причинители на инциденти	Установени второстепенни причинители на инциденти	Установени третостепенни причинители на инциденти
1.	Стационарен кулокран с горно въртене и хоризонтална стрела	Допускане на грешка по време на изпълнение на процедурата по монтаж/демонтаж на крана – общо 11 регистрирани инцидента, от които: - 5 регистрирани случая на грешка при общата процедура за демонтаж; - 4 регистрирани случая на неправилно използване на издигаща/катереща секция; - 2 регистрирани случая на грешка при общата процедура за монтаж.	Възникване на екстремни природни въздействия (ураган/торнадо) – 4 регистрирани инцидента.  Внезапно скъсване на носещи болтове (на опорно-връщачното устройство, на най-долната секция на кулата) – 3 регистрирани инцидента.	Проблем с фундаментната и опорната конструкция на кулокрана – 2 регистрирани инцидента.  Неправилно боравене/паркиране на крана при силен вятър – 2 регистрирани инцидента.
2.	Стационарен кулокран с горно въртене и наклоняща се стрела	Неправилно боравене/паркиране на крана в условия на силен вятър – 5 регистрирани инцидента.	Допускане на грешка по време на монтаж/демонтаж на крана – 3 регистрирани инцидента, свързани с неправилно използване на издигаща/катереща секция.	Внезапен дефект/разрушаване на механични компоненти на крана (носещи заварки, стрелоподемна лебедка) – 2 регистрирани инцидента.
3.	Катерещ се кулокран	Допускане на грешка по време на изпълнение на процедурата по катерене/изкачване на крана – 1 регистриран инцидент.	Възникване на екстремни въздействия (земетресение) – 1 инцидент.	Не е установен.

## 5. ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

В настоящата разработка е извършено разделяне на различните видове регистрирани случаи на аварирани кулокранове по конструктивен признак/конструктивно изпълнение на крана (вид на кулокрана), след което са анализирани основните причинители на инциденти при отделните видове кулокранове. Въз основа на извършените изследвания, обобщения и анализи в настоящата разработка могат да бъдат направени следните важни изводи:

- Почти два пъти повече регистрирани тежки инциденти, предизвикани от неправилно боравене/паркиране на крана при силен вятър, има при крановете с наклоняща се стрела (спрямо хоризонтална стрела), което вероятно се дължи на значително по-сложната процедура за привеждане на крановете с наклоняща се стрела в паркинг позиция;

- Най-голяма част от регистрираните тежки инциденти при крановете с горно въртене (около 38%) е установено, че се дължат на допусната грешка при изпълнение на процедурата по монтаж/демонтаж на крана, а повече от половината от тях се дължат на неправилно боравене (използване) с издигаща/катереща секция. Това по всяка вероятност се дължи на сложните технологии и процедури по монтаж/демонтаж и удължаване височината на кулата на кулокрана посредством издигаща/катереща секция. Тези процедури в повечето случаи изискват изпълнение на сложна последователност от стъпки, които са свързани с изпълнение на работи на височина, продължително времетраене на операциите и ангажиране на значителен брой работници. Това създава допълнителни предпоставки за допускане на човешки грешки, които могат да доведат до тежки последици;

- Съществена част (около 14%) от регистрираните инциденти с кулокранове с горно въртене се дължат на внезапно разрушаване на носещи и/или механични компоненти на крана, за които има вероятност да се дължат на процеси на стареене/износване в конструкцията на крана. Управлението на процесите на стареене в конструкцията на тежките строителни кранове е от съществено значение за осигуряването на тяхната безопасна работа и може да бъде извършвано по различни начини: чрез периодични визуални огледи; чрез периодични специализирани инспекции и измервания; чрез лабораторни изпитания и т.н.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Nadar M.A., Awakian C.A., Khoury H.K. An intelligent system for monitoring tower crane on construction site. In Proceedings of the 30th ISARC, Montréal, QC, Canada, 11–15 August 2013.
- [2] Цветков Ст., Проектиране на стоманобетонни подкранови греди, съгласно Еурокод. Научно списание „Механика, Транспорт, Комуникации“ (МТС АЖ), статия № 1423, том 15, брой 1, 2017.
- [3] Beavers J. E., Moore J. R., Rinehart R., and Schriver W. R., Crane-related fatalities in the construction industry. Journal of Construction Engineering and Management, 132(9), 901-910, 2006.
- [4] Milazzo M. F., Ancione G., Brkic V. S., and Vališ D., Investigation of crane operation safety by analysing main accident causes. In Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice, 2016.
- [5] Isherwood R., Tower crane incidents worldwide, Health and Safety Executive. Research Report 820: Norwich, 2010.
- [6] Shapira A., Lyachin, B., Identification and Analysis of Factors Affecting Safety on Construction Sites with Tower Cranes. J. Constr. Eng. Manag. 2009.

- [7] Abdul Rahim Abdul Hamid et al., Causes of crane accidents at construction sites in Malaysia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 220, 2019.
- [8] Ehsan Gharaie, Helen Lingard and Tracy Cooke, Causes of Fatal Accidents Involving Cranes in the Australian Construction Industry. Construction Economics and Building, 15(2), 1-12, 2015.
- [9] United States Department of Labor, „Construction Incidents Investigation Engineering Reports“, Occupational Safety & Health Administration, 200 Constitution Ave, NW Washington, DC 20210 800-321-6742 (OSHA), Internet address: <https://www.osha.gov/construction/engineering>.
- [10] Nurul Salwana Mohammad Sabri and Abdul Muhaimin Ab Wahid, Crane Accidents at Construction Sites: Causes and Solutions. 3rd Undergraduate Seminar on Built Environment and Technology 2018, Universiti Teknologi Mara, 2018.
- [11] Ling Jiang , Tingsheng Zhao, Wei Zhang, and Junjie Hu, System Hazard Analysis of Tower Crane in Different Phases on Construction Site. Hindawi, Advances in Civil Engineering, Volume 2021.
- [12] Първанов С., Аварии в строителството. Причини, последици, защита, Академия на МВР, 2022 (ISBN 978-954-348-233-7).
- [13] Първанов С., Максимов И. Срутванията на сгради и съоръжения, като опасни явления, Доклад в Сборник към Осмата научна конференция „Гражданската безопасност 2017“ на Академията на МВР, С., 2017.
- [14] Paolo Bragatto, Maria Francesca Milazzo, „Risk due to the Ageing of Equipment: Assessment and Management“, Chemical Engineering Transactions, VOL. 53, Italy, 2016.