

Е.Шамей¹, В.М.Смирнов¹, А.П. Ищенко¹

¹Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, Казахстан

К ВОПРОСУ О БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРЕЛОВЫХ САМОХОДНЫХ КРАНОВ

Аннотация. Выполнен анализ информации из открытых источников об авариях стреловых самоходных кранов, в результате которого выявлена взаимосвязь их опрокидывания с отклонением грузовых канатов от вертикали. Обзор современных систем приборов безопасности показал, что в составе своих функций они не имеют функцию ограничения усилия в грузовых канатах при их отклонении от вертикали. Настоящими исследованиями обнаружено, что при некоторых положениях стрелы отклонение грузовых канатов от вертикали, даже при постоянном усилии, сопровождается ростом опрокидывающего момента, который существенно опережает рост усилия в гидроцилиндре подъема стрелы, что приводит к отсутствию своевременных управляющих команд системы приборов безопасности. Предложен способ решения данной проблемы, предусматривающий установку дополнительного датчика, фиксирующего отклонение грузовых канатов от вертикали, с соответствующей тарировкой и алгоритмом работы.

Ключевые слова: стреловой самоходный кран, грузовые канаты, опрокидывание, система приборов безопасности.

...

Түйіндеме. Ашық кездерден тартылған жебелі өзі жүретін крандардың апаттары туралы ақпаратқа талдау жасалды, нәтижесінде олардың жүк арқанының вертикальдан ауытқуымен байланысы анықталды. Қауіпсіздік құралдарының заманауи жүйелеріне жасалған шолу, ез атқарымдарында тік аралықтан ауытқу кезінде олардың жүк арқандарындағы күшті шектемейтінін көрсетті. Жүргізілген зерттеулер, тіпті тұрақты күштің езінде де жүк арқандарының жебенің тік аралықтан ауытқуы кезінде аударылып кететінін анықтады. Ол қауіпсіздік құралдары жүйесін уақытында басқару командаларын жойып, гидроцилиндрдегі жебенің кетеру күшінен анағұрлым бұрын қимылдайды. Жүк арқандарының тік аралықтан ауытқуын анықтау үшін дәлдігін белгілеп отыратын және жұмыс алгоритмі бар қосымша датчик қою арқылы бұл мәселенің шешімін табу тәсілі ұсынылды.

Түйінді сөздер: ездiгiнен жүретiн кран, жүк арқандары, құлау, қауiпсiздiк құралдары.

...

Abstract. The article is an analysis of information from open sources on accidents of self-propelled boom cranes, as a result of which the relationship between the rollover and the deviation of the cargo ropes from the vertical was revealed. A review of modern safety device systems has shown that as part of their functions, they do not have the function of limiting the force in the cargo ropes when they deviate from the vertical. Performed research discovered that if certain provisions of cargo ropes from the vertical, even with constant effort into them, accompanied by the growth of overturning moment, which is essentially outruns the exertion in the hydraulic cylinder of the boom, which leads to a lack of timely control and commands system safety devices. A method for solving this problem is proposed, which provides for the installation of an additional sensor that detects the deviation of cargo ropes from the vertical, with the appropriate calibration and operation algorithm.

Keywords: self-propelled boom crane, cargo ropes, rollover, safety device system. Eventually

Введение. Стреловые самоходные краны – одни из наиболее распространенных машин, участвующие в возведении различного рода объектов и являющиеся источниками повышенной опасности. Согласно статистическим данным Ростехнадзора за 2016 г., распределение случаев аварий среди грузоподъемных машин (рисунок 1), с акцентом на настоящие исследования, имеет следующую структуру: башенные краны 31%; гусеничные краны 26%; автомобильные краны 17%; краны-манипуляторы 9%; прочие (козловые, мостовые краны и т.д.) 17%.

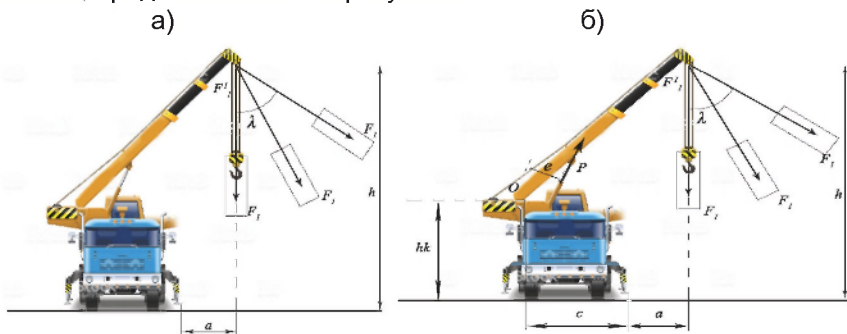


Представленные данные показывают, что на стреловые самоходные краны приходится до 43% от общего числа аварий. Такое соотношение аварий, по своей сути, отражает многолетнюю статистику в пределах несущественных вариаций и делает исследования в дан-

ном направлении весьма актуальными. Как правило, несчастные случаи и аварии стреловых самоходных кранов случаются из-за многих факторов, особую роль среди которых играет человеческий фактор. А именно, незнание или несоблюдение правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов [1]. Это приводит к нештатным ситуациям, в которых даже исправные современные системы приборов безопасности не могут идентифицировать аварийную ситуацию. В результате изучения информации по данной проблеме, представленной в интернет - ресурсе YouTube.com, было выявлено, что значимое количество аварий (опрокидывание) стреловых самоходных кранов происходит при работе с длинномерными грузами (высоковольтные опоры, мачты, столбы). Для большинства случаев отмечено, что авариям предшествует отклонение грузовых канатов от вертикали. Это послужило основанием для выдвижения гипотезы о неспособности датчиков систем приборов безопасности адекватно отслеживать изменение опрокидывающего момента при отклонении грузовых канатов от вертикали при постоянном усилии в грузовых канатах.

Цель работы - разработка предложений по совершенствованию системы приборов безопасности стреловых самоходных кранов.

Методы исследований. Для проверки гипотезы о непропорциональности изменения показаний датчиков систем приборов безопасности реальному изменению опрокидывающего момента при отклонении грузовых канатов от вертикали были разработаны расчетные схемы, представленные на рисунке 2.



а - для определения опрокидывающего момента; б - для определения усилия в гидроцилиндре подъема стрелы

Рисунок 2 – Расчетные схемы самоходного стрелового крана

В качестве источника исходных данных для выполнения оценочных расчетов приняты грузовысотные характеристики крана КС-5363. В подобных кранах вес поднимаемого груза отслеживается по сигналам, вырабатываемым датчиком усилия, по сути – датчиком давления в гидроцилиндре подъема стрелы, которое пропорционально развиваемому усилию [2]. Опрокидывающий момент при изменении угла отклонения грузовых канатов от вертикали определяется, согласно расчетной схеме (рисунок 3), по следующей формуле:

$$M_{опр} = F_1 \cos\lambda \cdot a + F_1 \sin\lambda \cdot h = F_1(a \cos\lambda + h \sin\lambda) \quad (1)$$

где λ – угол отклонения грузовых канатов от вертикали.

Усилие в гидроцилиндре подъема стрелы, без учета веса стрелы, согласно расчетной схеме (рисунок 3), определится из уравнения моментов относительно пяты стрелы (точка O):

$$P = \frac{G_p(a+c) \cdot \cos\lambda + G_p(h-h_k) \cdot \sin\lambda}{e} \quad (2)$$

Оценка производилась для трех положений стрелы и соответствующей грузоподъемности крана (таблица 1).

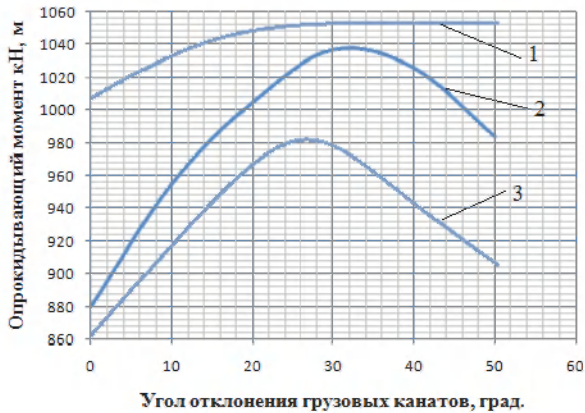
Таблица 1- Расчетные положения крана

| Параметр | Первое положение | Второе положение | Третье положение |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Грузоподъемность, кг | 5500 | 15000 | 3600 |
| Вылет стрелы, м | 16 | 12 | 18 |
| Высота подъема груза, м | 10 | 13 | 7 |

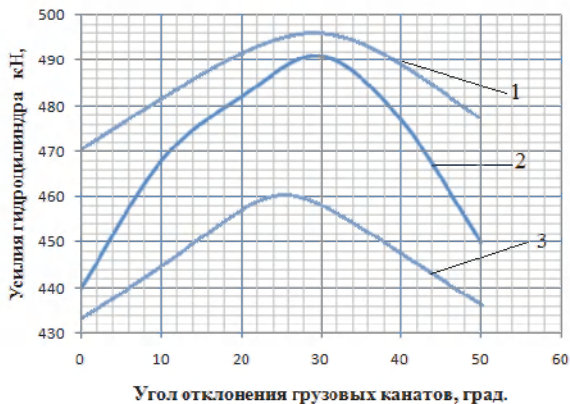
Максимальный угол отклонения грузовых канатов от вертикали принимался равным 50° , шаг изменения угла отклонения – 10° .

Результаты исследования. Результаты оценочного расчета представлены на рисунках 3, 4 и 5. Анализ полученных результатов показывает, что существуют положения стрелы, при которых рост опрокидывающего момента может существенно опережать рост усилия в гидроцилиндре подъема стрелы при отклонении грузовых канатов от вертикали и постоянном усилии в них. Это приводит к тому, что система приборов безопасности по результатам обработки сигналов датчика усилия вырабатывает неверные управляющие сигналы и не производится аварийного отключения механизмов крана при увели-

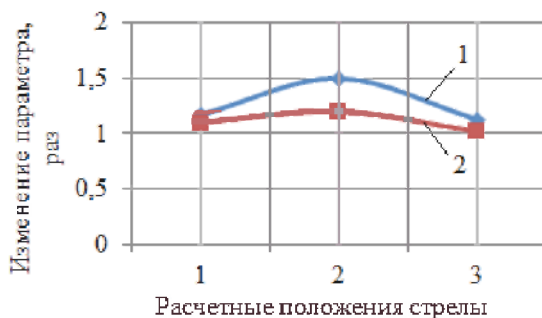
чении опрокидывающего момента. Например, в первом расчетном положении стрелы опрокидывающий момент возрастает в 1,17 раз, а усилие в гидроцилиндре подъема стрелы в 1,11 раз, для второго расчетного положения рост опрокидывающего момента составляет 1,5 раза, а усилия в гидроцилиндре подъема стрелы – 1,2 раза, для третьего положения, соответственно, 1,13 и 1,02 раза. Представленные соотношения приходятся на угол отклонения грузовых канатов от 25 до 35°.



1,2,3 – расчетные положения стрелы
Рисунок 3 – Изменение опрокидывающего момента



1,2,3 – расчетные положения стрелы
Рисунок 4 – Изменение усилия в гидроцилиндре подъема стрелы



1 – изменение опрокидывающего момента; 2 – изменение усилия в гидроцилиндре подъема стрелы

Рисунок 5 – Максимальное изменение опрокидывающего момента и усилия в гидроцилиндре подъема стрелы

Обзор современных систем приборов безопасности показал, что в составе своих функций они не имеют функцию ограничения усилия в грузовых канатах при их отклонении от вертикали.

Выводы. Таким образом, по результатам выполненных исследований, предлагается в состав систем приборов безопасности ввести датчик угла отклонения грузовых канатов от вертикали, показания которого будут учитываться при определении опрокидывающего момента и выработке управляющих сигналов. В качестве преобразователей могут выступать датчики угла такие же, какие имеются в системах безопасности типа ОНК 160 или ОГМ 240. Алгоритм обработки сигналов должен быть скорректирован с учетом взаимосвязи опрокидывающего момента и давления в гидроцилиндре подъема стрелы, которая может быть индивидуальной для каждого крана.

Список литературы

1 Поветкина П.Н., Хамидуллина Е.А. Анализ аварийности и травматизма при работе с грузоподъемными механизмами // XXI век. Техносферная безопасность. – 2018. – Т.3, №4. – С.40 - 50

2 Горбатюк С.М. и др. Инжиниринг грузоподъемных машин и устройств: учеб.–М.: Изд Дом МИСиС, 2017.– 279 с.

Шамей Е., магистрант, e-mail: ertai0202@mail.ru

Смирнов В.М., старший преподаватель, e-mail: smirnov_sv53@mail.ru.

Ищенко А.П., кандидат технических наук, доцент, e-mail: ishchenko_60@mail.ru