

УДК 621.873

Каминский Л.С.<sup>1</sup>, Каминский Ф.Л.<sup>2</sup>, Пятницкий И.А.<sup>3</sup>, Федоров И.Г.<sup>4</sup>©

<sup>1</sup>Кандидат технических наук, заместитель руководителя научно-инженерного центра «Лазерные измерительные системы и технологии» (НИЦ «ЛИСТ»)

Московский государственный университет геодезии и картографии;

<sup>2,3</sup>ООО «Научно-производственное предприятие «ЭГО» (г.Москва);

<sup>4</sup>Кандидат технических наук, председатель Совета директоров

ООО «Арзамасский электромеханический завод» (г.Арзамас, Нижегородская область)

## ОЦЕНКА НАРАБОТКИ ГРУЗОПОДЪЁМНОГО КРАНА С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

### Аннотация

*В статье рассмотрен алгоритм оценки наработки грузоподъемных кранов с помощью их регистраторов параметров работы. Показано, что число выполненных краном рабочих циклов для электрических кранов не дает точной количественной информации о работе приводов крана для оценки наработки. Предложено оценивать наработку крана и его механизмов числом включений/выключений пускорегулирующей аппаратуры крана с использованием ограничителя грузоподъемности ОНК-160Б.*

**Ключевые слова:** кран с электрическим приводом, регистратор параметров работы крана, ограничитель грузоподъемности.

**Keywords:** electric crane, recorder of crane's working parameters, rated capacity limiter.

Наиболее распространенный алгоритм оценки наработки грузоподъемных кранов с помощью современных экспертно-информационных приборов - регистраторов параметров (РП) - основан на сравнении так называемых текущих и нормативных характеристических чисел [1,2].

Зарегистрировав за известный промежуток времени фактическое (текущее) характеристическое число, его сравнивают с нормативным характеристическим числом (для крана  $N_n$  и механизмов  $N_{н,мех}$ ), рассчитанным по ИСО 4301-1/86, как произведение коэффициента распределения нагрузок (крана  $K_p$  или механизмов  $K_m$ ) для соответствующего режима нагружения [крана ( $Q1...Q4$ ) или механизмов ( $L2...L4$ )] на проектное предельное (максимальное) количество рабочих циклов  $C_T$  (для крана в целом) или проектное предельное значение общей продолжительности работы механизма  $t_T$  (в часах) при всех частных уровнях нагрузки (для механизмов), соответствующих классам использования  $U_0...U_9$  (для крана) и  $T_0...T_9$  (для механизмов):

$$N_n = K_p \times C_T = \sum_{n=1}^{n=C_T} \left( \frac{P_n}{P_{max}} \right)^3 \quad (1)$$

$$N_{н,мех} = K_m \times t_T = \sum_{i=1}^{i=C_T} t_i \left( \frac{M_i}{M_{max}} \right)^3, \quad (2)$$

где:  $P_n$  – значения масс отдельных грузов (уровни нагрузок) при типичном применении данного крана в n-ом рабочем цикле;

$P_{\max}$  - масса наибольшего груза (номинальный груз), который разрешается поднимать краном;

$M_i$  – значения частных нагрузок (уровни нагрузок), характерные для применения данного механизма в  $i$ -том рабочем цикле;

$M_{\max}$  – значение наибольшей нагрузки, приложенной к механизму;

$t_i$  - средняя продолжительность использования механизма при частных уровнях нагрузки.

*Примечание: В стандарте ИСО 12482:2014(E) «Cranes - Monitoring for crane design working period»  $N_n$  и  $N_{n,mex}$  терминологически названы, соответственно, как «проектное предельное значение приведенного числа рабочих циклов (для кранов)» и «проектное предельное значение приведенной общей продолжительности работы механизма (для механизмов)»*

Текущее характеристическое число ( $N_t$ ) для крана - безразмерная величина, являющаяся мерой наработки крана на текущий момент  $0 \leq N_t \leq N_n$ , определяемая с учетом всех рабочих циклов  $C_t$ , выполненных от начала эксплуатации крана до момента освидетельствования (считывания информации из РП), и значений масс грузов, поднятых в каждом рабочем цикле:

$$N_t = \sum_{n=1}^{n=C_t} \left( \frac{P_n}{P_{\max}} \right)^3 \quad (3)$$

Текущее значение характеристического числа для механизма (в часах) определяется по формуле:

$$N_{t,mex} = \sum_{i=1}^{i=n} t_i \left( \frac{M_i}{M_{\max}} \right)^3, \quad (4)$$

где:  $n$  – число уровней регистрации нагрузки.

Для соответствующих математических расчетов текущего значения характеристического числа (наработки) весьма важно определиться с понятием «цикла работы» крана. В частности, для мостовых кранов было предложено в РД 399-5 ИТТ «Технические требования к регистраторам параметров и рекомендации по их применению на кранах мостового типа» [3] за «регистрируемый цикл работы крана» принимать совокупность операций, связанных с перемещением груза от момента, когда нагрузка на датчик ограничителя грузоподъемности (датчик весового устройства) превысит величину начального порога настройки, до момента, когда нагрузка станет ниже начального порога настройки. В принципе, это определение может быть распространено на любые грузоподъемные краны с электрическим приводом (башенные, порталные и пр.).

Порог настройки ограничителя грузоподъемности (ОГП) – нагрузка на грузоподъемном органе (грузозахватном приспособлении) механизма подъема крана, при которой начинается и заканчивается регистрация параметров регистрируемого цикла работы крана. Для кранов общего назначения начальный порог настройки принимается равными 5% паспортной грузоподъемности крана. Для кранов специальных, например, грейферных, у которых полезная грузоподъемность составляет около 50% общей расчетной грузоподъемности крана, нагрузка должна фиксироваться при любом цикле работы крана, в том числе при отсутствии полезной нагрузки на грузозахватном органе (приспособлении). Порог настройки задаётся при изготовлении РП, либо устанавливается при его монтаже на кране.

Приведенное выше понятие рабочего цикла для кранов с электроприводом, основанное на фиксации порогов настройки ОГП, и соответственно – расчёт числа рабочих циклов для оценки наработки кранов и их механизмов, не учитывают таких факторов, как:

- износ механизмов приводов крана (поворота или перемещения по крановому пути, в частности для башенных кранов) при его работе без груза или с малыми нагрузками (так как

до 5 %-ой нагрузки, как было указано выше, рабочие циклы в РП не учитываются), причём, такие технологические операции занимают значительную часть работы кранов, особенно при современном монолитном строительстве (подача мелких закладных деталей);

- число переподъёмов груза в цикле, зависящее от расстояния, на которое происходит перемещение груза, навыков машиниста и стропальщиков, погодных условий и, в частности, ветровой нагрузки, наличия ограничений по координатным защитам и т.п.

- особые условия эксплуатации кранов с электрическим приводом: циклический повторно-кратковременный режим работы с числом включений/выключений, достигающим 500-600 в час, постоянные перегрузки при разгоне и торможении механизмов, широкий диапазон регулирования скорости (на кранах с частотным приводом).

В связи с вышесказанным было предложено в дополнение к описываемому выше алгоритму вычисления характеристического числа оценивать число рабочих циклов крана и количество частных уровней нагрузок его механизмов числом включений пускорегулирующей аппаратуры (ПРА) крана, так как ресурс его электрооборудования во многом определяется именно количеством включений/выключений реле пускателей, тормозов, командоконтроллеров и пр.

Для оценки наработки крана, учитывающей циклы работы ПРА, специалисты ООО НПП «ЭГО» и Арзамасского электромеханического завода разработали программу для приборов ОНК-160Б [4], с помощью которой производится подсчет количества циклов работы различных приводов крана. За цикл работы привода принимается его включение с последующим выключением, вне зависимости от структуры цикла.

Получаемые значения наработки крана и его механизмов целесообразно использовать для определения моментов времени проведения регламентных работ (технических обслуживаний ТО, освидетельствований, ППР, экспертных обследований и т.п.), с целью обеспечения безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.

В программе ОНК-160Б изменяемая долговременная область памяти дополнена информацией о количестве циклов включения/выключения приводов крана: общая наработка – это количество циклов ПРА с момента установки ОНК на кран; текущая наработка – это количество циклов ПРА с момента последнего технического обслуживания (или выхода крана из работоспособного состояния). В зависимости от интенсивности работы ПРА (циклов включения/выключения) очевидно, что должно изменяться время между ТО.

В обновляемую долговременную область памяти прибора ОНК-160Б (рис.1) заносится текущая наработка крана с привязкой к реальному времени (аналогично кадру перегрузки крана) без входа в режим настройки прибора. После занесения в долговременную память значение текущей наработки обнуляется.

Установку рекомендуемого количества циклов для проведения ТО делают по минимальному текущему значению наработки. При достижении требуемого числа циклов, устанавливаемых заранее в подмену прибора «Установка рекомендуемого количества циклов», на индикаторах ОНК-160Б в двух основных информационных окнах отображается информация: «ТО вылет» или «ТО азимут» и т.д. При этом, имеется возможность включения звуковой сигнализации.



*Рис. 1. Комплект ограничителя грузоподъёмности ОНК-160Б*



*Рис. 2. Внешний вид прибора «АвтоГРАФ-КРАН»*

Совершенствование системы технического обслуживания грузоподъёмных кранов возможно путём удаленного получения сведений с кранов при помощи обновленной программы обработки данных с регистратора параметров ОНК-160Б специально разработанной системой мониторинга [5-6], в частности типа «АвтоГРАФ-КРАН» (Рис.2) производства ООО «ПрофМониторинг» (г.Екатеринбург). Оперативная информация о работе крана хранится на сервере. С помощью специализированных инструментов возможен поиск необходимых данных оперативной информации: например о превышениях допустимой нагрузки, скорости ветра и т.п. для дальнейшего анализа. Получая такие данные с парка кранов, можно планировать работу сервисных служб, а также объективно анализировать работу крана и его механизмов. По мере накопления данных с кранов в дальнейшем необходимо провести статистический анализ этих сведений и совместно с производителями

кранов выработать рекомендации по определению межсервисных интервалов для различных модификаций кранов.

### **Выводы**

1. Число выполненных краном рабочих циклов не дает точной количественной информации о работе приводов крана для оценки наработки.

2. Сказанное в полной мере относится и к планируемым межсервисным интервалам ТО крана по количеству регистрируемых циклов работы.

3. Возможно оценивать наработку крана и его механизмов числом включений/выключений пускорегулирующей аппаратуры.

4. Критерием назначения очередного ТО крана должно служить предотвращение его выхода из работоспособного состояния.

5. Оценку наработки и планирование сроков проведения ТО крана целесообразно назначать, исходя из сведений, полученных системой дистанционного мониторинга парка грузоподъемных машин.

### **Литература**

1. Каминский Л.С., Пятницкий И.А., Федоров И.Г. О повышении безопасности эксплуатации грузоподъемных кранов. Оснащение грузоподъемных кранов регистраторами параметров. - Основные средства, май 2015г., с.104-108.
2. Зарецкий А.А., Котельников В.С., Галанов С.И., Лукьянов Ю.П., Самойлов С.С., Каминский Л.С., Фёдоров И.Г., Свиридов В.В., Короткий А.А. Назначение и применение регистраторов параметров эксплуатации кранов. - Безопасность труда в промышленности, 2001г., №1, с.28-31.
3. Приборы безопасности грузоподъемных машин: Сборник документов. Серия 10. Выпуск 66/ Колл. авт. – 2 –е изд., испр. – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2010г. – 228с.
4. Федоров И.Г., Каминский Л.С., Пятницкий И.А., Алексанкин В.А., Инденбаум А.И., Зарецкий А.А.. Совершенствование приборов и устройств безопасности с регистраторами параметров для башенных кранов. – Подъемно-транспортное дело, 2005г., №1, с.16-18.
5. Затравкин М.И., Каминский Л.С., Курбаков А.В., Федоров И.Г., Пятницкий И.А. Снижение аварийности башенных кранов путем внедрения беспроводных систем их дистанционного контроля и мониторинга. - Сборник докладов и сообщений V Уральского Конгресса подъемно-транспортного оборудования, ЗАО "Уральский экспертный центр" - Екатеринбург, 2012г., с.181-184.
6. Патент № 112178 на полезную модель РФ, МПК В66С 23/88. Система дистанционного мониторинга парка грузоподъемных машин/ Каминский Л.С., Пятницкий И.А., Федоров И.Г. и др. – Заявка № 2011127640/11; Заявл. 06.07.2011г.; Опубл. 10.01.2012г.; Бюл.№ 1.