

Машины и Установки проектирование, разработка и эксплуатация

Сетевое издание
МОО «Стратегия объединения»
<http://maplants-journal.ru>

Ссылка на статью:

//Машины и установки: проектирование,
разработка и эксплуатация.
Электрон. журн. 2024. № 1. С. 14 – 25.

DOI:

Представлена в редакцию: 22.05.2024

Принята к публикации: 29.05.2024

© МОО «Стратегия объединения»

УДК 621-873

Расшифровка исходных данных регистратора параметров работы грузоподъемного крана для уменьшения аварийности и травматизма при работе грузоподъемных машин

Потапов В. А.¹,
Рощин В. А.^{1*},
Агейчева М. М.²

* roshchinva@mail.ru

¹ООО «Инженерно-технический центр
«КРОС» (Московская область, Россия)

²МГТУ им. Н. Э. Баумана (Москва, Россия)

Статья посвящена вопросам анализа, обработки и подготовки исходных данных регистратора параметров работы грузоподъемного крана с целью повышения точности расчетов параметров его работы. Изучены существующие источники получения информации о работе грузоподъемных машин. Предложена методика расшифровки данных регистратора параметров для повышения безопасности и уменьшения аварийности работы грузоподъемного крана.

Ключевые слова: регистратор параметров, грузоподъемный кран, безопасность, остаточный ресурс, характеристическое число крана, техническое обслуживание.

Введение

Для обеспечения безопасности эксплуатации подъемного сооружения (ПС) эксплуатирующая организация обязана обеспечить не только считывание данных регистратора параметров (РП) работы ПС, но и осуществить расшифровку этих данных с оформлением протокола [ФНП «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» раздел III, п. 24 б].

Однако на данный момент руководства по эксплуатации приборов, правила и иные нормативные документы не содержат методики расшифровки исходной информации. Из-за отсутствия единого подхода обработки исходных данных, их точность остается неоцененной, что приводит к ошибкам в расчетах показателей работы грузоподъемных кранов и, как следствие, к авариям, инцидентам и несчастным случаям на предприятии, эксплуатирующем ПС. Согласно данным Ростехнадзора, каждый год на опасных производственных объектах (ОПО), использующих ПС, происходит около 150 аварий с летальным исходом [1].

Средний срок службы грузоподъемных кранов в России составляет 28 лет, что почти в 2 раза превышает их нормативный срок службы [2]. Но многие грузоподъемные машины продолжают находиться в работоспособном состоянии несмотря на отсутствие проведения капитального ремонта. Это возможно за счет меньшей реальной интенсивности эксплуатации грузоподъемного крана по сравнению с паспортными характеристиками. Однако очевидно, что такая техника наиболее требовательна к соблюдению сроков и качеству технических обслуживаний и планово-предупредительных ремонтов (ТО и Р). Их своевременное проведение согласно графикам планово-предупредительных работ обеспечивает безопасную работу грузоподъемного крана в процессе его эксплуатации. Однако данный подход является усредненным и неточным [3].

В исследовании [4] была предложена методика оценки выработки характеристического числа между ТО, исходя из паспортных характеристик крана и графиков проведения работ. Но для того, чтобы данный подход был верен, необходимо качественно подготавливать исходные данные для расчета, которые можно получить при помощи справки о характере работы грузоподъемного крана, регистратора параметров работы грузоподъемного крана и систем дистанционного мониторинга (СДМ) [5].

У каждого из источников существуют недостатки. Так, справка о характере работы грузоподъемного крана не является объективной, так как заполняется специалистом субъективно. Качество исходных данных, полученных при помощи РП и СДМ, остается неоцененным [6]. Согласно ГОСТ 33713-2015 «Краны грузоподъемные. Регистраторы параметров работы. Общие требования» отклонение регистрируемых параметров в РП от фактических данных должно составлять не более 3%. Однако исследования [7] показали, что ошибка в работе РП может достигать 20%.

В связи с этим возникает потребность в разработке методики расшифровки исходных данных РП с целью повышения их качества и точности расчета показателей работы грузоподъемного крана, а также уменьшения аварийности и травматизма в процессе его эксплуатации. для каждого механизма.

1. Расчет остаточного ресурса крана согласно РД 24-112-5Р

Согласно методике РД 24-112-5Р оценка фактической группы классификации крана выполняется на основе ИСО 4301/1-86 «Краны и грузоподъемные устройства. Классификация. Часть 1. Общие положения» в зависимости от класса использования и режима нагружения крана.

Класс использования крана определяется количеством рабочих циклов C_T в течение его срока службы, зависящим от частоты использования крана.

Коэффициент распределения нагрузок K_p характеризует режим нагружения крана. В случае, когда имеется информация о массах и количестве поднятых грузов, коэффициент распределения нагрузок рассчитывается по формуле (1):

$$K_p = \sum \left[\frac{C_i}{C_T} \cdot \left(\frac{P_i}{P_{max}} \right)^3 \right], \quad (1)$$

где C_i – среднее число циклов работы с частным уровнем массы груза;

P_i – массы отдельных грузов при типичном применении данного крана;

P_{max} – масса номинального груза.

После того, как были установлены класс использования и режим нагружения крана, определяется фактическая группа режима работы крана.

Однако данная методика не учитывает качество исходной информации РП и ее достоверность. На рис. 1 представлены возможные ошибки в информационных картах РП. Например, максимальная перегрузка лебедки не может достигать таких значений, так как, согласно Правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, нагрузка на кран при подъеме груза не должна превышать 125% номинальной грузоподъемности для кранов мостового типа. Также характеристическое число лебедки не может оцениваться более 100000 согласно ГОСТу 33713-2015 «Краны грузоподъемные. Регистраторы параметров работы. Общие требования».

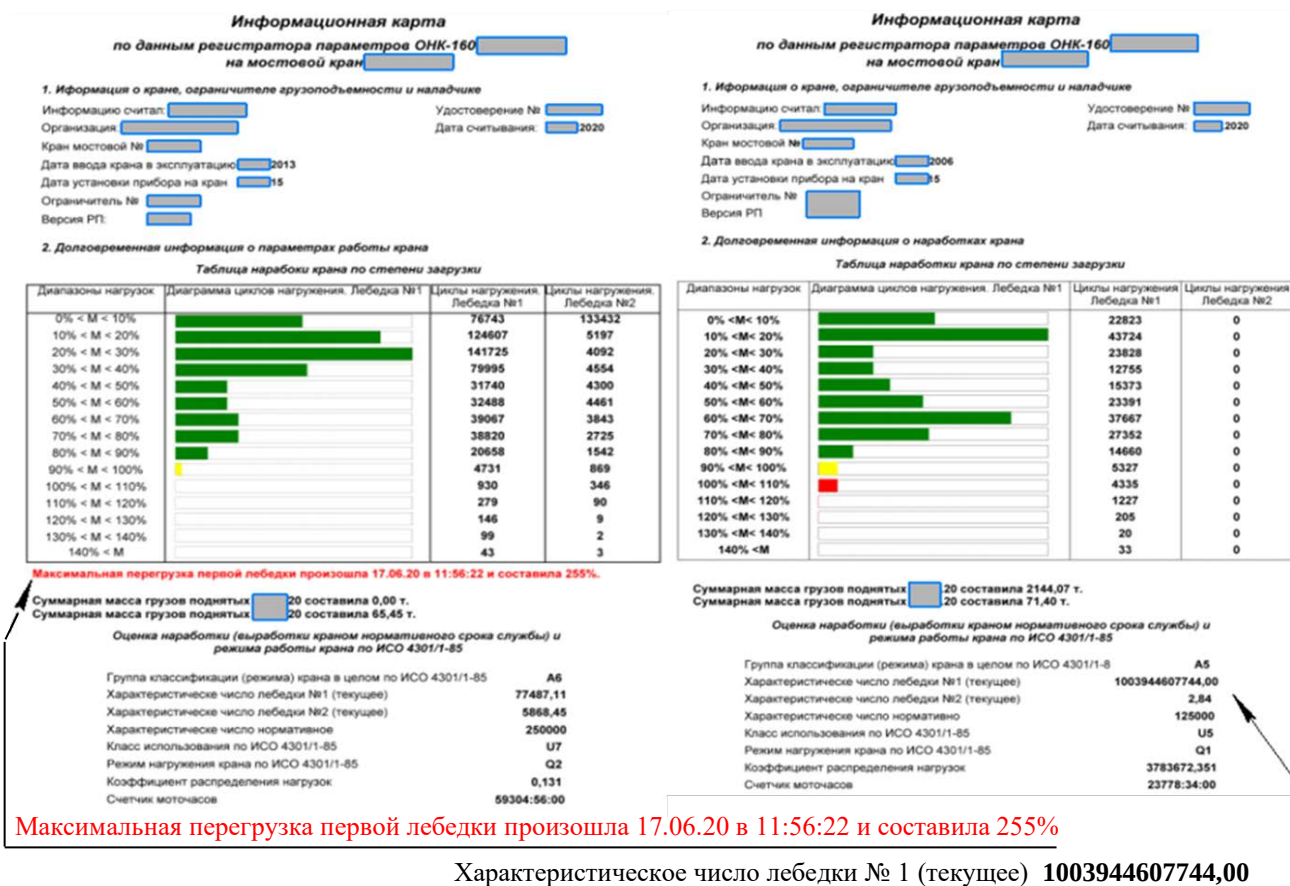


Рис. 1. Ошибки в информационных картах регистраторов параметров.

2. Методика расшифровки информации регистратора параметров

Для повышения точности расчетов эксплуатационных параметров грузоподъемного крана в данной работе была предложена методика расшифровки информации РП.

Согласно предложенному подходу, для повышения точности расчета необходимо:

- 1) проверить исходные данные на учет веса грузозахватного органа: минимальные нагрузки на кран должны быть больше (либо равны) суммарной массы грузозахватного органа и используемой тары (в случае её наличия); максимальные нагрузки на кран должны быть меньше (либо равны) суммарной массы Брутто тары и грузозахватного органа;
- 2) провести анализ исходных данных на соответствие действительности: процент рабочих циклов с пустым грузозахватным органом и с рабочей нагрузкой, согласно данным РП, должен совпадать с данными грузопотока;
- 3) определить фактическое соотношение уровней нагрузки в РП (P_i / P_{max});
- 4) разбить диапазон нагрузок на более узкие интервалы.

3. Применение методики расшифровки информации регистратора параметров при расчете остаточного ресурса козлового контейнерного крана

Данная методика была опробована на примере расчета остаточного ресурса реального козлового контейнерного крана, обслуживающего терминал крупной логистической компании. Рассматриваемый козловой контейнерный кран грузоподъемностью 24 тонны, паспортного режима А6 перегружает 20-футовые контейнеры, работая 32 года на открытом воздухе.

Информационная карта по данным РП исследуемого крана приведена на рис. 2.

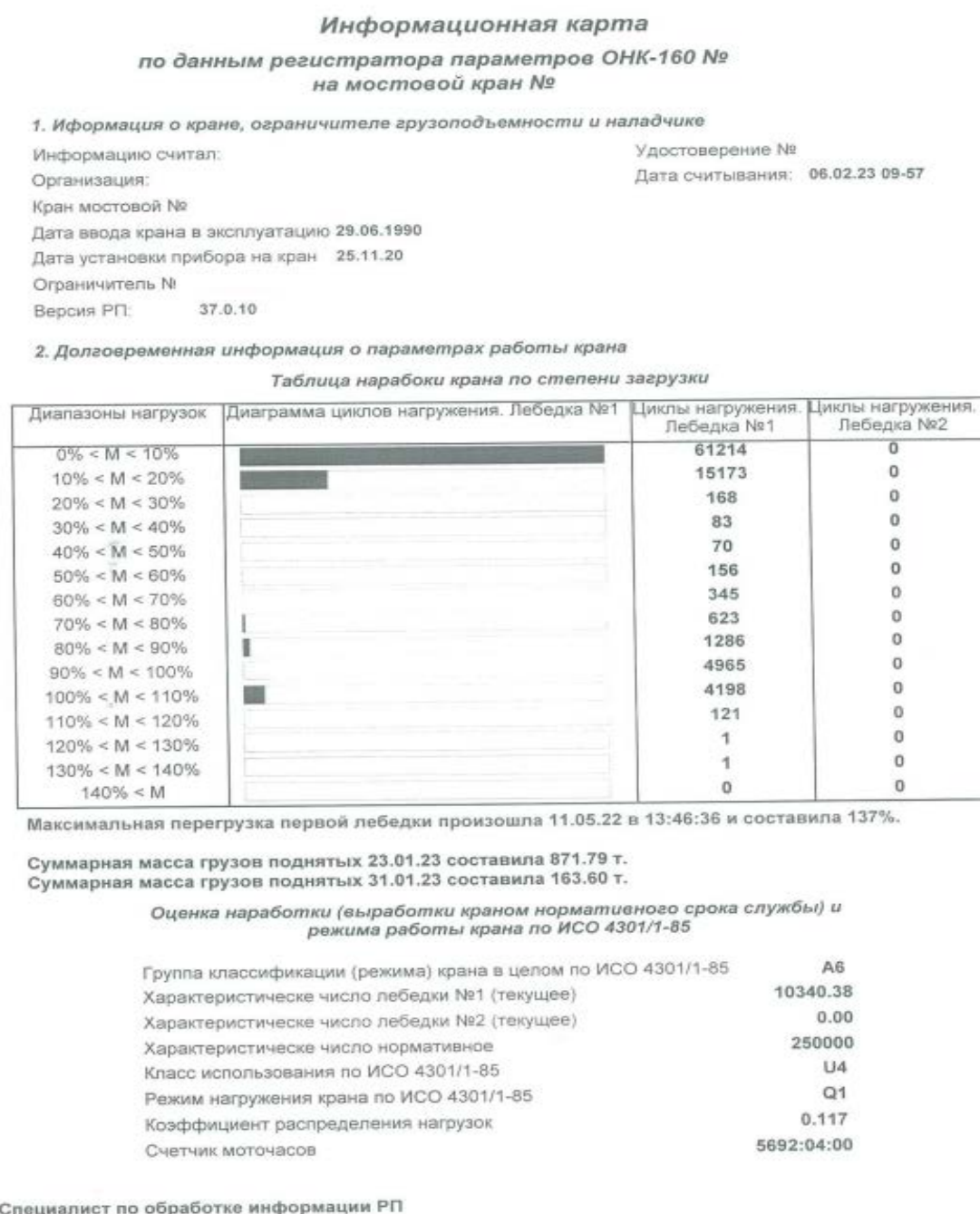


Рис. 2. Информационная карта по данным регистратора параметров.

Согласно данным РП, фактическая группа режима работы крана – А6, коэффициент распределения нагрузок $K_p = 0,117$.

Применив методику расчета остаточного ресурса крана согласно РД 24-112-5Р, которая использует в качестве исходных данных информацию РП, разбиение диапазона нагрузок по 25% и нижнюю границу интервалов нагрузок, были получены следующие результаты (табл. 1):

- фактический режим работы крана – А4;
- коэффициент распределения нагрузок $K_p = 0,048$;
- остаточный ресурс крана (при паспортном режиме работы А6) – 98,1 лет.

Таблица 1. Результаты расчетов по данным РП и методике РД

Нагрузка ($\frac{P_i}{P_{max}}$), %	Количество циклов (C_i)	P_i/P_{max}
0...25	76555	0,01
25...50	309	0,25
50...75	2254	0,5
75...100	9284	0,75
100...125	2	1
125...150	0	1,25
Всего (C_T)	88404	

Далее на исходных данных РП был проверен предложенный выше подход для повышения точности расчета остаточного ресурса крана.

1. Проверка исходных данных на учет веса спредера.

РП не учитывает вес спредера, так как суммарная масса пустого 20-футового контейнера (2,3 тонны) и спредера (3,5 тонны) составляет 5,8 тонн, что больше 20% номинальной грузоподъемности крана (4,8 тонны). Отсюда делаем вывод о том, что большую часть времени кран перегружает порожние контейнеры, следовательно, данные информационной карты РП корректны и можно продолжать расчет остаточного ресурса крана на их основе.

2. Анализ исходных данных на соответствие действительности.

По данным РП процент порожних контейнеров составляет 69%, груженых – 31%; по данным контейнерного терминала (рис. 3) порожних контейнеров – 88%, груженных – 12%, то есть информация РП не соответствует грузопотоку площадки. Следовательно, данные РП необходимо скорректировать.



Рис. 3. Спутниковая фотография контейнерного терминала: желтая зона – груженные контейнеры; красная зона – порожние контейнеры

Так как масса порожних контейнеров составляет 2,3 тонны, то есть находится в интервале $0...10\%P_{max}$, то для того, чтобы увеличить процент порожних контейнеров, необходимо перенести количество рабочих циклов (по данным информационной карты РП) в интервал диапазона нагрузок на 10% меньше текущего (рис. 4).

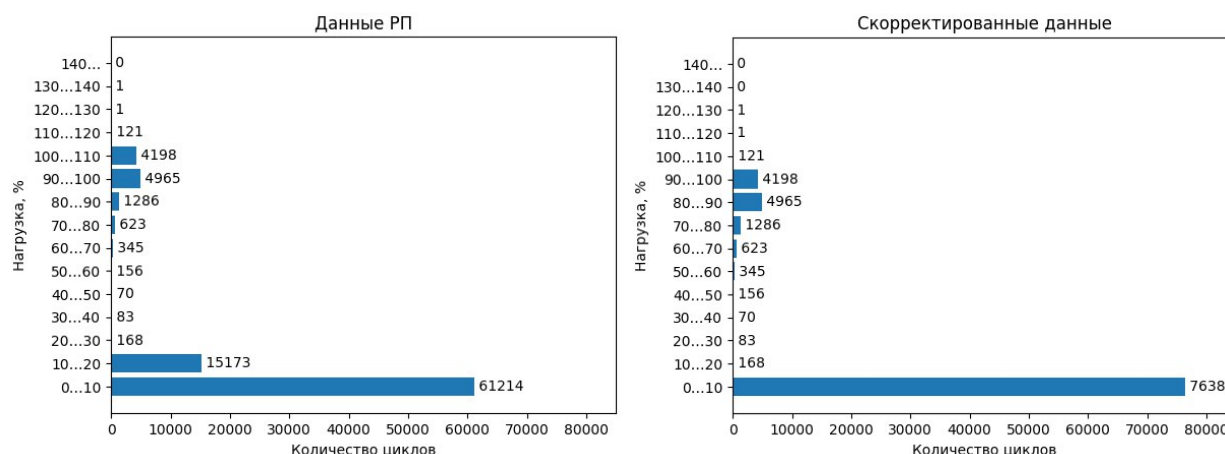


Рис. 4. Скорректированное количество циклов в каждом интервале диапазона нагрузок

Тогда на скорректированных данных (табл. 2) получим соотношение порожних и груженых контейнеров – 84% к 16%, что соответствует данным спутниковой фотографии терминала.

Таблица 2. Скорректированные данные

Нагрузка ($\frac{P_i}{P_{max}}$), %	Количество циклов (C_i)
0...10	76387
10...20	168
20...30	83
30...40	70
40...50	156
50...60	345
60...70	623
70...80	1286
80...90	4965
90...100	4198
100...110	121
110...120	1
120...130	1
130...140	0
140...	0
Всего (C_T)	88404

В табл. 3 показано полученное соотношение груженых и порожних контейнеров на скорректированных данных табл. 2

Таблица 3. Соотношение груженых и порожних контейнеров на терминале

	Порожние контейнеры, %	Груженые контейнеры, %
Данные РП	69	31
Данные спутниковой фотографии	88	12
Скорректированные данные	84	16

3. Фактическое соотношение уровней нагрузки в РП.

Данный показатель находится путем сравнения характеристического числа (10340) и коэффициента распределения нагрузок ($K_p = 0,117$), согласно информационной карте РП и данным расчета программы. Изменяя уровни соотношения нагрузок в каждом диапазоне (P_i / P_{max} – красный прямоугольник (рис. 5) на исходных данных РП, пересчитывается коэффициент распределения нагрузок и количество эквивалентных циклов – желтые прямоугольники (рис. 5).

Нагрузка, %	Кол-во циклов нагружения	P_i/P_{max}
0...10	61214	0,1
10...20	15173	0,2
20...30	168	0,3
30...40	83	0,4
40...50	70	0,5
50...60	156	0,6
60...70	345	0,7
70...80	623	0,8
80...90	1286	0,9
90...100	4965	1
100...110	4198	1,1
110...120	121	1,2
120...130	1	1,3
130...140	1	1,4
140...	0	1,5
Всего	88404	$K_p = 0,139996652$
Общее число циклов за срок службы крана	1311197,559	
Эквивалентные циклы	12376,264	

а)

Нагрузка, %	Кол-во циклов нагружения	P_i/P_{max}
0...10	61214	0,01
10...20	15173	0,1
20...30	168	0,2
30...40	83	0,3
40...50	70	0,4
50...60	156	0,5
60...70	345	0,6
70...80	623	0,7
80...90	1286	0,8
90...100	4965	0,9
100...110	4198	1
110...120	121	1,1
120...130	1	1,2
130...140	1	1,3
140...	0	1,4
Всего	88404	$K_p = 0,101487503$
Общее число циклов за срок службы крана	1311197,559	
Эквивалентные циклы	8971,901214	

б)

Нагрузка, %	Кол-во циклов нагружения	P_i/P_{max}
0...10	61214	0,0438
10...20	15173	0,1438
20...30	168	0,2438
30...40	83	0,3438
40...50	70	0,4438
50...60	156	0,5438
60...70	345	0,6438
70...80	623	0,7438
80...90	1286	0,8438
90...100	4965	0,9438
100...110	4198	1,0438
110...120	121	1,1438
120...130	1	1,2438
130...140	1	1,3438
140...	0	1,4438
Всего	88404	$K_p = 0,117$
Общее число циклов за срок службы крана	1311197,559	
Эквивалентные циклы	10342	

в)

Рис. 5. Нахождение фактической настройки РП:

а) расчет по верхней границе интервала; б) расчет по нижней границе интервала; в) расчет по фактической настройке РП.

Фактическая настройка РП считается найденной тогда, когда коэффициент распределения нагрузок и количество эквивалентных циклов в программе расчета (рис. 5в желтые прямоугольники) совпадают с данными информационной карты РП (рис. 2).

В данном случае фактическое отношение P_i / P_{max} рассчитывается по формуле:

$$\frac{P_i}{P_{max}} = 0,0438 + n, \quad (2)$$

где n – нижняя граница диапазона разбиения. Например, диапазон 0...10% – $n = 0$; диапазон 10%...20% – $n = 0,1$ и т.д.

4. Использование мелких интервалов в диапазоне нагрузок.

Данные РП позволяют разбить нагрузки по 10% (вместо 25%, предложенных в РД).

По скорректированным данным, фактической настройке РП (формула (2)) и разбиению нагрузок по 10% был проведен перерасчет остаточного ресурса крана:

фактический режим работы крана – А5;

коэффициент распределения нагрузок $K_p = 0,084$;

остаточный ресурс крана (при паспортном режиме работы А6) – 41,4 года.

Если проводить расчет на скорректированных данных, фактической настройке РП (2), но использовать разбиение нагрузок по 25% (как предложено в РД), то будут получены следующие результаты:

фактический режим работы крана – А5;

коэффициент распределения нагрузок $K_p = 0,060$;

остаточный ресурс крана (при паспортном режиме работы А6) – 70,8 лет.

Сводные результаты расчета остаточного ресурса крана представлены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты расчетов остаточного ресурса крана

	Фактический режим работы крана	Коэффициент распределения нагрузок K_p	Остаточный ресурс крана, лет
Исходные данные РП, методика РД, нижняя граница диапазона нагрузок	А4	0,048	98,1
Скорректированные данные, разбиение по 25%, фактическая настройка РП	А5	0,060	70,8
Скорректированные данные, разбиение по 10%, фактическая настройка РП	А5	0,084	41,4

Заключение

Из табл. 4 видно, что подготовка исходных данных влияет на точность результатов расчета остаточного ресурса крана. При корректировке данных с учетом грузопотока на терминале, настройки РП, разбиения нагрузок на меньшие диапазоны остаточный ресурс крана составил 41, 4 года, что более чем в 2 раза меньше остаточного ресурса крана при расчете по методике РД на неподготовленных данных.

Таким образом, использование РП, а также расшифровка полученной информации на всем сроке службы грузоподъемного крана позволяет оценить скорость выработки характеристического числа. Качественная подготовка исходных данных РП работы грузоподъемных механизмов (ГПМ) дает возможность корректировать сроки проведения ТО и Р грузоподъемных механизмов, обосновано продлевать их сроки службы на основе повышения точности полученных результатов, а также уменьшать аварийность и травматизм при эксплуатации ГПМ.

Список литературы

1. Короткий А.А. Управление промышленной безопасностью подъемных сооружений (методологические основы) // Вестник Владикавказского научного центра. – 2008. – №3. – С.65-73.
2. Иванов С.Д. Формирование информационной базы для уточнения расчета остаточного ресурса и улучшения методики планирования ремонтов подъемно-транспортного оборудования с использованием приборов безопасности-регистраторов параметров (на примере кранов) / С.Д. Иванов, Н.Ю. Иванова // Всероссийская научно-практическая конференция «Цифровая экономика: технологии, управление, человеческий капитал» / МГТУ "СТАНКИН". – М., 2019. – С. 236-241.
3. Иванова Н.Ю. Объективная информация о работе подъемно-транспортных машин как основа повышения качества информационных систем грузообрабатывающих предприятий / Н.Ю. Иванова, С.Д. Иванов, С.А. Надеженков, А.Н. Назаров // Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация. – 2023. – № 2. – С. 81-96.
4. Иванов С.Д. Применение цифровых технологий для повышения эффективности промышленного предприятия / С.Д. Иванов, Л.В. Завальная // Сборник научных трудов VIII международной конференции по контроллингу: контроллинг в экономике, организация производства и управления: цифровизация в экономике. – 2019. – С.124 – 128.
5. Назаров А. Н. Алгоритмическая обработка объективной информации о характере работы кранов мостового типа / А. Н. Назаров, С. Д. Иванов // Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в машиностроительной, дорожной и строительной отраслях - 2023 : Материалы международной научно-практической конференции, Белгород, 21–23 сентября 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 178-184.
6. Назаров А. Н. Использование алгоритма весоизмерения на основе фильтра скользящего среднего в регистраторе параметров работы мостового крана / А. Н. Назаров, С. Д. Иванов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2023. – Т. 20, № 4(92). – С. 418-431. – DOI 10.26518/2071-7296-2023-20-4-418-431.
7. Агейчева М. М. Повышение точности информационных данных в контроллинге производства на примере транспортно-логистических процессов / М.М. Агейчева, Н.Ю. Иванова // Сборник научных трудов X международной конференции по контроллингу «Контроллинг в экономике, организации производства и управлении». – 2023. – С.97 – 104.

АВТОРЫ

Потапов Валентин Алексеевич, кандидат технических наук, генеральный директор ООО «Инженерно-технический центр «КРОС», 141281, московская область, городской округ Пушкинский, г. Ивантеевка, проезд Санаторный, д. 1/1Б, офис 415, potapov@itc-kros.ru

Рощин Виталий Андреевич, инженер ООО «Инженерно-технический центр «КРОС», 141281, московская область, городской округ Пушкинский, г. Ивантеевка, проезд Санаторный, д. 1/1Б, офис 415, roshchinva@mail.ru

Агейчева Мария Михайловна, студентка 6-го курса, кафедра «Подъемно-транспортные системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, masham234@mail.ru

Machines & Plants Design & Exploiting

*Electronic journal
International Public Organization
"Integration strategy"
<http://maplants-journal.ru>*

//Machines and Plants:Design and Exploiting.
2024. № 1. pp. 14 – 25.

DOI:

Received: 22.05.2024

Accepted for publication: 29.05.2024

© Interntional Public Organization "Integration
strategy"

Decoding of the initial data of the registrar of the parameters of the lifting crane to reduce accidents and injuries during the operation of lifting machines

Potapov Valentin A.¹,
Roshchin Vitaliy A.^{1*},
Ageicheva Maria M.²

* roshchinva@mail.ru

¹ LLC "Engineering and Technical Center
"CROS", Moscow region, Russian Federation

² Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, Russian Federation

The article is devoted to the analysis, processing and preparation of the initial data of the registrar of the parameters of the lifting crane in order to improve the accuracy of calculations of its operation parameters. The existing sources of information on the operation of lifting machines have been studied. A method of decoding the data of the parameter recorder is proposed to increase safety and reduce the accident rate of the lifting crane.

Keywords: parameter logger, lifting crane, safety, residual life, characteristic number of the crane, maintenance.

References

1. Korotkiy A.A. Industrial safety management of lifting structures (methodological foundations) // Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center. – 2008. – No.3. – pp.65-73.
2. Ivanov S.D. Formation of an information base for clarifying the calculation of the residual resource and improving the methodology for planning repairs of lifting and transport equipment using safety devices-parameter recorders (on the example of cranes) / S.D. Ivanov, N.Yu. Ivanova // All-Russian scientific and practical conference "Digital Economy: technologies, management, human capital" /STANKIN Moscow State Technical University.– M., 2019.-pp. 236-241.
3. Ivanova N.Yu. Objective information about the work of lifting and transport machines as a basis for improving the quality of information systems of cargo handling enterprises / N.Y. Ivanova, S.D. Ivanov, S.A. Reliable, A.N. Nazarov // Machines and installations: design, development and operation. - 2023. – No. 2. – pp. 81-96.
4. Ivanov S.D. The use of digital technologies to improve the efficiency of an industrial enterprise / S.D. Ivanov, L.V. Zavalnaya // Collection of scientific papers of the VIII International conference on controlling: controlling in economics, organization of production and management: digitalization in the economy. – 2019. – pp.124 – 128.

5. Nazarov A. N. Algorithmic processing of objective information about the nature of the work of bridge-type cranes / A. N. Nazarov, S. D. Ivanov // Energy-resource-saving technologies and equipment in the machine-building, road and construction industries - 2023 : Materials of the international scientific and practical conference, Belgorod, September 21-23, 2023. – Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2023. – pp. 178-184.

6. Nazarov A. N. The use of a weight measurement algorithm based on a moving average filter in the recorder of the parameters of the bridge crane operation / A. N. Nazarov, S. D. Ivanov // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University. - 2023. – Vol. 20, No. 4(92). – pp. 418-431. – DOI 10.26518/2071-7296-2023-20-4-418-431.

7. Ageicheva M. M. Improving the accuracy of information data in controlling production on the example of transport and logistics processes / M.M. Ageicheva, N.Y. Ivanova // Collection of scientific papers of the X international conference on controlling "Controlling in economics, production organization and management". – 2023. – pp.97 – 104.

AUTHORS

Potapov Valentin A., Ph.D., General Director of the LLC "Engineering and Technical Center "CROS" 141281, Moscow region, Pushkinsky district, Ivanteevka, Sanatorny passage, 1/1B, office 415, potapov@itc-kros.ru

Roshchin Vitaliy A., Engineer of the LLC "Engineering and Technical Center "CROS" 141281, Moscow region, Pushkinsky district, Ivanteevka, Sanatorny passage, 1/1B, office 415, roshchinva@mail.ru

Ageicheva Maria M., 6th-year student of the «Lifting and Transport Systems» Department of Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 2nd Bauman str., 5, p. 1, 105005, masham234@mail.ru