

# 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. 2025. № 4. С. 27 – 44

DOI:

Представлена в редакцию: 01.12.2025

Принята к публикации: 06.12.2025

© МОО «Стратегия объединения»

УДК 621.86

## Информация о характере работы ПТМ как основа метода поддержания работоспособности на этапе эксплуатации

Иванов С.Д.,  
Назаров А.Н. \*

[alexnazavr@yandex.ru](mailto:alexnazavr@yandex.ru)

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

Предложен метод поддержания работоспособного состояния крана, предполагающий переход от календарного к основанному на анализе интенсивности эксплуатации скользящему планированию технических обслуживаний и ремонтов. Реализация метода базируется на обработке актуальной, объективной, достоверной и полной информации о реальном характере использования крана и его механизмов. В качестве источников информации предлагается использовать приборы безопасности нового поколения, объективность информации которых достигается путем совместной обработки данных альтернативных источников, достоверность обеспечивается за счет совершенствования алгоритмов обработки, адаптированных к особенностям измеряемых процессов. Для защиты от разрушения по критерию прочности предлагается использовать алгоритмы прогнозирования силовых факторов, учитывающие характеристики крана, условия эксплуатации и возможные команды управления. Для оценки технического состояния крана и его механизмов предлагается использовать критерий энергии привода. Описаны примеры практико-ориентированных методик и перспективных приборов безопасности, реализующих представленные принципы.

**Ключевые слова:** промышленная безопасность, приборы безопасности, эксплуатация кранов, ограничитель грузоподъемности, регистратор параметров работы, скользящее планирование.

### Введение

Современная промышленная безопасность представляет собой совокупность организационных мероприятий и технических средств [1-3]. Но на сегодняшний день необходимого единства этих двух составляющих не достигнуто.

Система производственного контроля вписана в организационную структуру предприятия в целом и, в основном, ориентирована на организационные мероприятия (инструкции, регламенты безопасности и. т.д.).

Современным уровнем применения технических средств в отечественной практике считается оснащение машин набором приборов и устройств безопасности, основные недостатки которых являются следствием отсутствия единой системы безопасности (в отличие от современных западных машин) и ограниченности применения в рамках одной машины [4-6]. Метод «один риск – один прибор» локализует данные об отслеживаемом эксплуатационном параметре в соответствующем приборе, что не позволяет повысить достоверность информации каждого отдельного источника и реализовать более сложные алгоритмы безопасности. Изолированность же данных технических средств от системы производственного контроля влечет принятие решений, направленных на поддержание крана в работоспособном состоянии, на основе унифицированных рекомендаций и инструкций без учета реального характера работы.

Несмотря на то, что каждый прибор безопасности сочетает в себе защитную, сигнальную и информационную функцию [7-9], вопрос их применения в конкретном кране решается путем дооснащения уже готовой конструкции, даже если речь идет не о находящемся в эксплуатации кране, а вновь изготавливаемом. Информационная функция безопасности часто остается невостребованной, так как ее считают вспомогательной. В связи с этим, несмотря на наличие возможности, информация о реальном характере работы крана не доходит до инженерно-технических работников.

Как результат, практика проектирования кранов без использования всех возможностей современных приборов безопасности приводит к двум проблемам: во-первых, к росту эксплуатационных расходов предприятия по причине организации неэффективной системы обеспечения работоспособности кранов, а во-вторых, к отсутствию вложений в развитие перспективных приборов безопасности. Всё это обуславливает проблемы поддержания работоспособного технического состояния кранов как основы их безопасной эксплуатации.

Актуальным является создание более точных инструментов для функционирования системы технических обслуживаний и ремонтов (ТОиР) с целью применения внутри службы производственного контроля. Для разработки таких инструментов необходим комплексный подход, действующий организационные мероприятия и технические средства, что и позволяет обеспечить разрабатываемый метод поддержания работоспособности крана в целом и всех его механизмов на этапе эксплуатации.

## Материалы и методы

Необходимыми условиями безопасной эксплуатации оборудования являются нахождение его в работоспособном состоянии и использование в рамках паспортных характеристик.

Согласно нормативной документации<sup>1</sup>, организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, на котором используются подъемные сооружения, должна поддерживать их в работоспособном состоянии, соблюдая графики технических освидетельствований, технического обслуживания и планово-предупредительных ремонтов. Следовательно, основной задачей по обеспечению промышленной безопасности является такое планирование сроков и объемов организационно-технических мероприятий (ТОиР), при котором в течение всего нормативного срока службы кран находится в работоспособном состоянии, а риски поломок и внеплановых ремонтов минимизированы и являются управляемыми.

<sup>1</sup> Приказ Ростехнадзора от 26.11.2020 N 461 (ред. от 22.01.2024) "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения" (Зарегистрировано в Минюсте России 30.12.2020 N 61983)

Основным фактором, приводящим к исчерпанию ресурса крана, является действие рабочих нагрузок, совокупное влияние которых за время эксплуатации крана в целом и каждого его механизма способно привести к разрушению элементов конструкции по усталостному принципу [10-12]. Производителем гарантируется, что если кран работает с номинальной интенсивностью (по верхней границе паспортного режима работы), то в течение нормативного срока службы он будет сохранять работоспособное состояние при условии проведения ТОиР с указанной в руководстве по эксплуатации периодичностью и в указанных объемах.

Однако, составленный на основе требований руководства по эксплуатации крана календарный график планово-предупредительных ремонтов и технических обслуживаний не учитывает реального характера работы крана [13,14]. Характеристическое число, являющееся мерой ресурса крана, зависит от количества поднятых грузов и их масс, поэтому его, с некоторым допущением, можно считать пропорциональным грузопотоку. Так как грузопоток на большинстве предприятий непостоянен, то и исчерпание ресурса крана происходит неравномерно.

Наиболее эффективным из известных способов организации системы ТОиР является система скользящего планирования, преимущество которой заключается в своевременном проведении обслуживаний, основываясь на реальной наработке оборудования и интенсивности его эксплуатации в течение межсервисного интервала [15].

Несмотря на то, что скользящее планирование предполагает корректировку межсервисных интервалов в сравнении с требованиями руководства по эксплуатации, нарушения последних не происходит, так как в основе и методики планирования, и при разработке требований руководства по эксплуатации лежит общий подход классификации условий работы ГОСТ34017-2016<sup>2</sup> (адаптация международного стандарта ISO-4301<sup>3</sup>).

Необходимым условием, которое позволит организациям, эксплуатирующим краны, перейти от календарной к скользящей системе планирования ТОиР, является получение актуальной, объективной, достоверной и достаточной информации о реальном характере использования крана [16]. В рамках данного подхода основой для получения такой информации должны стать приборы безопасности нового поколения [17].

Устоявшейся практикой в отечественном крановом приборостроении является сочетание в одном приборе трех функций безопасности – защитной (автоматическое отключение привода или крана в целом в случае возникновения аварийно опасной ситуации), сигнальной (привлечение внимания оператора при превышении контролируемыми параметрами паспортных характеристик машины) и информационной (информирование оператора и обслуживающего персонала о текущих значениях контролируемых параметров).

Прибором, реализующим информационную функцию безопасности в части информирования персонала о степени выработки ресурса, является регистратор параметров работы крана (РП). Считка и расшифровка данных РП должна проводиться в сроки, установленные руководствами по эксплуатации крана и РП (для чего они должны быть согласованы). На практике к данным РП обращаются при проведении технических освидетельствований крана (в большинстве случаев один раз в год) [18,19]. Учитывая, что межсервисные интервалы в 4-6 раз короче, чем периодичность технических освидетельствований, на момент считки данные, накопленные РП, теряют актуальность и для скользящего планирования ТОиР использоваться не могут.

В последние годы прослеживается тренд на внедрение систем дистанционного мониторинга кранов и переход от периодичной обработки накопленной информации к

<sup>2</sup> ГОСТ 34017—2016. Классификация режимов работы. Москва. Стандартинформ. 2017

<sup>3</sup> ISO-4301/1. Краны и подъемные устройства. Классификация. Часть 1. Общие положения. 1987

получению ее в реальном времени [20-22]. Приобретение значительно более дорогих систем мониторинга (в сравнении с РП) эксплуатирующими организациями обусловлено пониманием значимости удобного доступа (удаленный доступ через облачные сервисы) к актуальной информации о рабочих параметрах машины. Однако вопрос о качестве предоставляемой информации остаётся открытым.

Переход на более экономически целесообразную методику скользящего планирования ТОиР (предполагающую корректировку сроков межсервисных интервалов и объемов работ) должен сопровождаться обоснованным расчетом интенсивности работы машины, в основе которого должно лежать использование объективной информации. Отечественные приборы безопасности и системы мониторинга собирают данные по принципу «один параметр – один датчик». Полученную таким образом информацию можно назвать условно субъективной. Датчик фиксирует отклик крана (элементов механизма, металлоконструкции, привода) на интересующий эксплуатационный параметр – измерение косвенное (например, вычисление массы груза по изменению усилия в канате за цикл). Изменение характеристик объекта измерения (крана) и средства измерения (прибора безопасности), что неминуемо происходит в процессе эксплуатации, приводит к возникновению ошибки, выявить и оценить которую можно только имея дополнительный источник информации о том же параметре, использующий альтернативный способ получения данных (пользуясь тем же примером, вычисление массы груза на основе анализа усилия в канате и активной мощности привода) [23-25]. В этом случае объективность достигается за счет совместной обработки нескольких источников информации и сопоставления показаний, подтверждающих качество определения эксплуатационного параметра или показывающих необходимость переналадки измерительного оборудования.

Практическая применимость объективной информации (не подверженной влиянию посторонних факторов), определяется ее достоверностью, то есть степенью соответствия измеряемой величине. Как показали экспериментальные работы [26], ошибка получаемых приборами, при проектировании которых не учитывались требования к достоверности информации, непосредственно получаемых параметров (масса груза в цикле, количество циклов) достигает 25%, а расчетных (коэффициент распределения нагрузок, характеристическое число, остаточный ресурс) – до 100%. Такая величина ошибки определяется не столько характеристиками датчиков, сколько неадаптированностью способов обработки к особенностям измеряемых процессов (зависящая от приемов управления динамическая составляющая нагрузок, ограниченность времени измерения длительностью рабочего цикла). Соответственно, наибольший потенциал в части повышения достоверности заключается в совершенствовании алгоритмов обработки датчиковой информации.

Согласно федеральным нормам и правилам (ФНП) эксплуатирующая организация обязана (в том числе с привлечением специализированных организаций) не только организовать считывание данных с РП, но и осуществлять обработку (расшифровку) этих данных. Из-за нечетких требований на практике обработку данных не проводят, а отчет специалиста, составленный на основе информации РП, подменяют протоколом, формируемым большинством современных РП автоматически. Таким образом, пропадает возможность для критического анализа (оценки достоверности) данных РП – выявления ошибок программного обеспечения и нормировки датчиков [27].

Вопрос достоверности данных РП отражен в стандарте, который устанавливает требование к регистрируемым параметрам<sup>4</sup>. Однако, стандарт не предлагает методику подтверждения достоверности (как и руководства по эксплуатации приборов безопасности) и

<sup>4</sup> ГОСТ 33713-2015 Краны грузоподъемные. Регистраторы параметров работы. Общие требования. Москва. Стандартинформ. 2016

действий в случае обнаружения несоответствия (если проверка достоверности проводится с такой же периодичностью, что и считка данных РП, то непригодной для применения может оказаться информация за год работы крана).

Лежащий в основе требований руководства по эксплуатации метод классификации условий эксплуатации ISO-4301 различает кроме режима работы крана в целом режимы работы всех его механизмов. Существующие РП по причине ограниченности количества источников информации (для кранов мостового типа чаще всего один – о нагрузке в механизме подъема) направлены на определение режима работы (и остаточного ресурса) только крана в целом. В то же время задача поддержания работоспособного состояния механизмов, имеющий меньший ресурс в сравнении с ресурсом крана, должна опираться на определение режима работы каждого из них.

Несмотря на то, что нагрузку на кран (металлоконструкцию) и на механизм подъема можно определить по общему источнику информации, без дополнительных данных (продолжительность работы механизма) ресурс крана в целом пересчитать в ресурс механизма подъема невозможно.

Нагрузка на механизмы передвижения зависит от пяти параметров: сопротивление качению, уклон рельсового пути, трение реборд о головку рельса, ветровая нагрузка, переходные процессы пуска и торможения. При этом масса перемещаемого груза влияния практически не оказывает. Если анализировать описание режимов нагружения механизмов передвижения<sup>2</sup>, то определяющим фактором является частота пусков и длина пробегов (действительно – в переходных процессах нагрузка принимает оклономинальное значение).

Таким образом, скорость исчерпания ресурса механизмов будет зависеть преимущественно от особенностей места установки крана и технологического процесса (форма зоны обслуживания, стратегия обработки грузов, точность позиционирования). Определить реальную интенсивность работы и долю исчерпанного ресурса каждого механизма возможно только путем расширения количества источников информации. Достаточным будет являться такой набор информации, на основе которого можно с требуемой для задачи прогнозирования сроков ТОиР достоверностью рассчитывать эксплуатационные параметры не только крана в целом, но и каждого его механизма.

Система планирования ТОиР, основанная на паспортной (в случае календарного планирования) или реальной (в случае скользящего планирования) интенсивности работы, является фундаментом поддержания оборудования в работоспособном состоянии, позволяя планировать материальные, финансовые и трудовые затраты на его содержание. Однако, анализ доступных данных об эксплуатации предприятия с налаженной системой производственного контроля показал, что регулярное проведение качественного обслуживания не способно исключить внеплановых ремонтов. Причина исчерпания ресурса отдельных элементов крана до планового срока заключается в низкой стабильности качества компонентов и технологий, применяемых в отечественном краностроении [28,29].

В таких условиях безотказная работа оборудования достигается за счет применения методик оценки и прогнозирования технического состояния, которые позволяют корректировать сроки и объем ТОиР, рассчитанные на основе реальной интенсивности работы оборудования.

В зарубежном краностроении имеются подходы по прогнозированию сроков безотказной работы и формированию рекомендаций по проведению внеплановых ремонтов отдельных механизмов и даже их узлов. Наиболее развитая применяемая на практике методика заключается в сборе и анализе большого объема информации об эксплуатационных параметрах всех кранов серии, что позволяет отследить тренды их изменения и выявить зону безотказной работы и зону, в которой вероятность отказа имеет недопустимое значение, что

позволяет предоставлять своевременные рекомендации обслуживающему персоналу. Реализация такого подхода требует тесной связи проектировщиков крана, разработчиков его системы безопасности и специальной системы эксплуатации, что обеспечивает получение информации пригодного качества о работе каждой единицы оборудования, и больших объемов производства, что делает возможным статистический анализ эксплуатационных параметров и применение классической теории надежности для расчета критических значений эксплуатационных параметров.

Несмотря на успешный опыт применения зарубежных кранов, реализующих описанный подход по оценке технического состояния, и положительные отзывы их владельцев, в отечественном краностроении не возникло ни одного примера разработки подобного решения.

Сложившаяся практика оснащения приборами безопасности кранов уже после их проектирования и производства значительно сокращает возможности интеграции в конструкцию машины наиболее эффективных схем установки датчиков, обеспечивающих наименьшее влияние паразитных факторов. Единичный или (в лучшем случае) мелкосерийный характер производства тяжелых кранов исключает возможность применения статистических методик определения времени безотказной работы механизмов. Кроме того, низкая стабильность качества материалов, технологий, готовых деталей и узлов делают процесс эксплуатации каждого крана серии уникальной, не позволяя эффективно использовать полученный на одном кране опыт для обслуживания как другого крана, так и того же, но после проведения ремонта.

Совокупность перечисленных факторов, характерных для отечественного краностроения, определяет необходимость разработки нового, отличного от зарубежного подхода, направленного на выявление изменения технического состояния крана.

Предлагаемый подход корректировки сроков ТОиР заключается в отслеживании изменения эксплуатационных параметров (с учетом условий эксплуатации: масса груза, ветровая нагрузка и т.д.), указывающего на ухудшение технического состояния вследствие зарождения и развития дефектов [30,31].

В качестве критерия, на основании которого фиксируют изменение технического состояния, предлагается использовать энергию привода. Суммарная энергия привода складывается из двух составляющих – энергии, затраченной на:

- совершение полезной работы механизма, который находится в исправном состоянии (не зависит от срока эксплуатации);
- преодоление сопротивлений от дефектов технического состояния (зависит от срока, условий эксплуатации и реального качества элементов крана).

При вводе крана в эксплуатацию и после проведения ТОиР общая потребляемая энергия будет определяться первой составляющей. В процессе работы, вследствие естественного износа элементов механизмов, энергия, требуемая для совершения той же полезной работы, растет.

Локализация дефектов на уровне крана (с точностью до механизма) достигается за счет раздельного сбора и анализа информации о работе каждого привода. Локализация дефектов на уровне механизма (с точностью до узла: электродвигатель, трансмиссия, редуктор, рельсовый стык и т.д.) осуществляется путем анализа изменения структуры потребления энергии каждым приводом при помощи известных законов изменения характера нагрузок при возникновении дефектов.

Информация об изменении технического состояния должна использоваться инженерно-техническим персоналом для своевременного проведения диагностики с использованием методов визуально-измерительного контроля. При этом повышение качества обслуживания достигается за счет предоставления актуальной информации о конкретном потенциальном

дефекте, что позволяет обратить на него особое внимание и не пропустить среди полного перечня регламентных работ.

Предлагаемый подход позволяет защитить кран при возникновении дефектов, развивающихся по усталостному принципу и сопровождающих процесс эксплуатации крана в пределах паспортных характеристик (допустимых нагрузок и расчетных случаев). Для защиты от разрушения элементов крана по критерию прочности (при малоциклическом нагружении), применяются технические средства безопасности, реализующие защитную функцию путем непосредственного воздействия на систему управления, разрывая связь между органами управления и приводами [32].

Существующие приборы безопасности по причине малого времени развития нагрузок и низкого быстродействия системы управления хоть и способны предотвращать аварийные ситуации, но не защищают от превышения силовыми факторами допустимых значений. Повышение эксплуатационных характеристик приборов безопасности возможно достичь применением алгоритмов прогнозирования развития силовых факторов, основанного на анализе параметров крана, условий эксплуатации и возможных команд управления методом динамического моделирования.

Непрерывное прогнозирование силовых факторов позволяет не ждать, пока сложится предаварийная ситуация, а мягко корректировать действия оператора, предотвращая саму возможность отклонения от допустимых режимов работы.

Таким образом, развитие метода поддержания работоспособного состояния путем оснащения кранов приборами безопасности, построенными на принципе получения актуальной, объективной, достоверной и полной информации, полноценно реализующих защитную, сигнальную и информационную функцию безопасности, позволит перейти к наиболее экономически эффективному способу обеспечения процесса эксплуатации, снизив простой и расходы на внеплановые ремонты, обеспечив при этом установленный нормативной документацией уровень безопасности.

Применение описанного метода предполагает выведение информации, сейчас изолированной внутри отдельных приборов одного подъемного сооружения, на уровень опасного производственного объекта (ОПО). Полностью раскрыть потенциал метода возможно при адаптации информации систем безопасности кранов для каждого потребителя согласно должностным инструкциям, отражающим место сотрудника в процессе эксплуатации ОПО, встраивая ее в систему управления производственными процессами (MES).

## Результаты

В рамках описанного подхода на кафедре «Подъемно-транспортные системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана и на базе специализированной организации ООО «ИТЦ «КРОС» ведутся разработки и внедрение практикоориентированных методик и перспективных приборов [33].

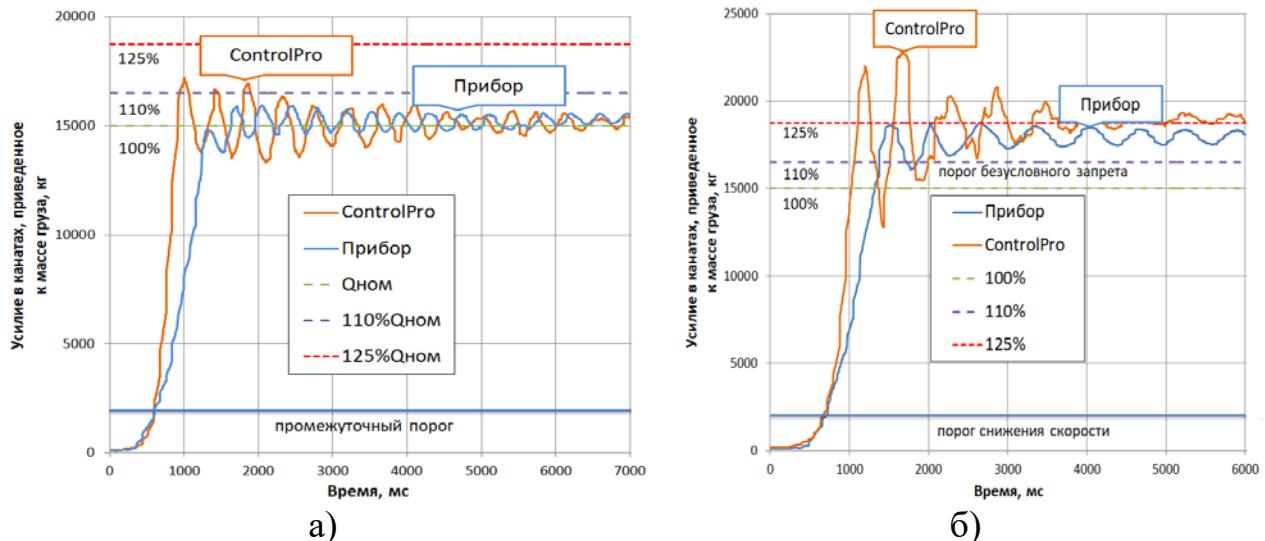
Ограничение грузоподъемности. Защита крана от превышения паспортной грузоподъемности основана на применении алгоритмов прогнозирования нагрузки. Работы по совершенствованию математической модели описания динамических процессов в механизме подъема, обоснованию набора источников информации, их качества и выявлению требований к обрабатывающей аппаратуре позволили [34]:

- впервые адаптировать известный с 2000-х годов и применяемый в наиболее технически совершенных приборах безопасности алгоритм с промежуточными порогами ограничителя грузоподъемности для кранов с частотной системой управления;
- разработать автоматизированные методики настройки параметров алгоритмов ограничителя грузоподъемности для кранов с частотной или релейной системой

управления, заключающиеся в обработке сигналов штатных датчиков ограничителя грузоподъемности в тестовых подъемах контрольных грузов.

Прибор, реализующий разработанные алгоритмы, в условиях натурных экспериментов продемонстрировал надежную защиту кранов мостового типа от воздействия усилия более 125% даже при попытках подъема зажоренных грузов.

Доказано снижение динамических нагрузок во всем диапазоне масс поднимаемых грузов (рис. 1). При этом наибольший эффект (в два раза) достигается в области оклономинальных нагрузок [35].



**Рис. 1.** Сравнение динамических процессов а) подъема номинального груза; б) попытки подъема 125% номинального груза – при работе системы безопасности ControlPro (KoneCranes) и разработанного прибора

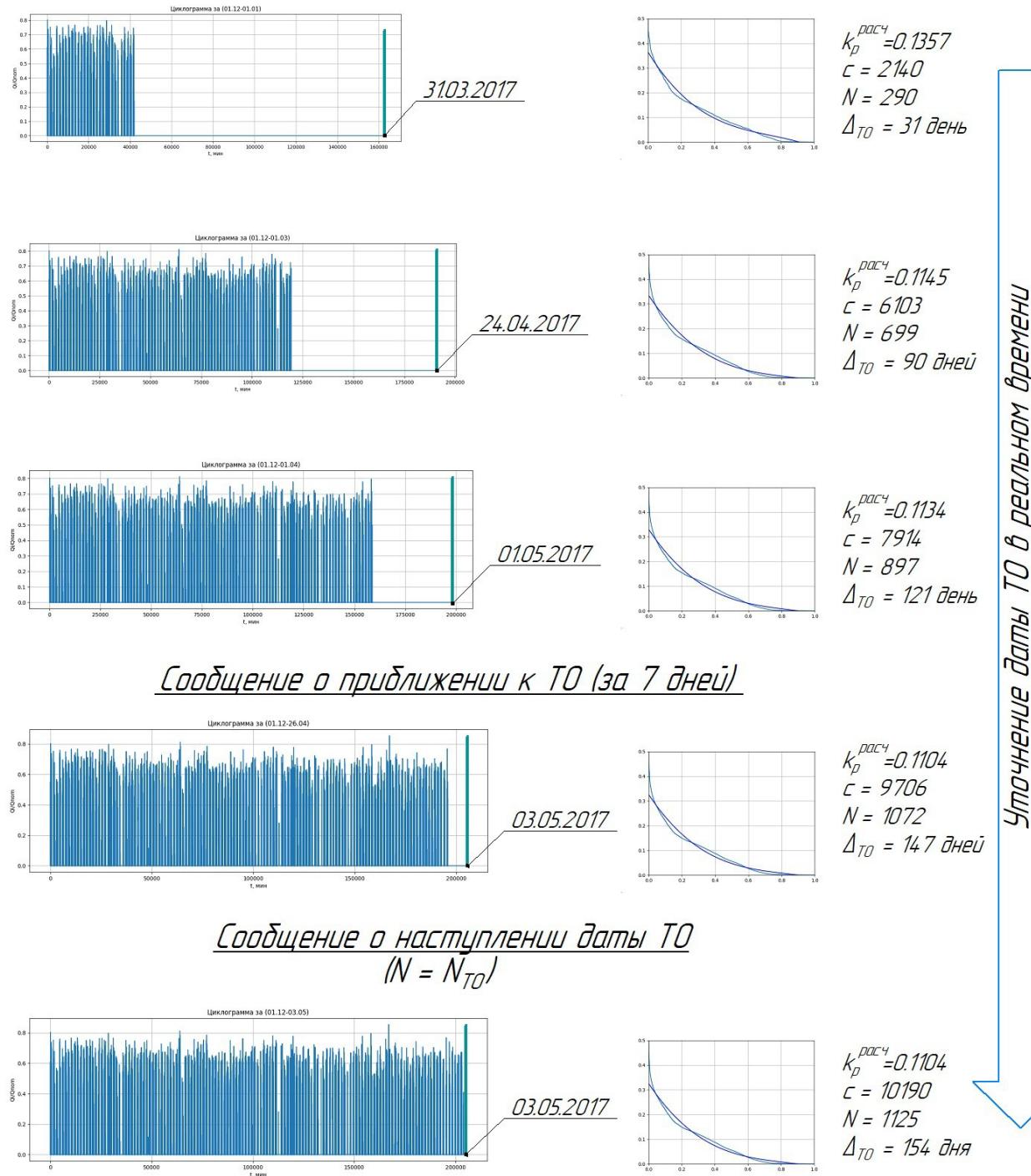
Защита от опасного воздействия ветровой нагрузки. В условиях непрерывно меняющейся ветровой обстановки использование существующих крановых анемометров характеризуется существенным недостатком – если крановщик получает информацию о текущей скорости ветра, у него не остается времени на завершение уже начатого цикла и активацию противоугонных устройств.

Разработан и реализован в приборе АЦ-5 (рис. 2) алгоритм прогнозирования скорости ветра, основанный на известных метеорологических закономерностях [36,37]. Накопление и статистическая обработка информации позволяет получить прогноз развития ветровой обстановки на 10 минут, что достаточно для принятия обоснованного решения.



**Рис. 2.** Крановый анемометр АЦ-5

Планирование ТОиР. Самый недооцененный при описываемом подходе прибор безопасности – регистратор параметров работы крана. На кафедре РК-4 разработаны методики по оценке качества первичной информации, прогнозированию и оптимизации на ее основе межсервисных интервалов (рис. 3), корректированию объемов технических обслуживаний и ремонтов и полноценному контролю остаточного ресурса [38-40].



**Рис. 3.** Уточнение в реальном времени межсервисного интервала козлового контейнерного крана.  $k_p^{\text{расч}}$  – фактическое значение коэффициента распределения нагрузки;  $c$  – количество рабочих циклов за межсервисный интервал;  $\Delta_{TO}$  – время (в днях), прошедшее с предыдущего технического обслуживания;  $N$  – характеристическое число за текущий межсервисный интервал;  $N_{TO}$  – допустимая выработка характеристического числа за межсервисный интервал

## Заключение

Предлагаемый метод объединяет уже известные и в разной степени разработанные методики, используемые в разных специальностях и применяемые на этапе эксплуатации грузоподъемного оборудования:

- прогнозирование нагрузок (создание алгоритмов защиты от опасного превышения эксплуатационных параметров разработчиками приборов безопасности);
- диагностика (применение визуально-измерительного контроля, метода вибродиагностики экспертами промышленной безопасности);
- скользящее планирование ТОиР (разработка и корректировка планов проведения сервисных мероприятий специалистами по организации производства).

Объединение этих трех направлений производится в рамках решения одной задачи и позволяет достичь качественно нового уровня обеспечения работоспособности и безопасности грузоподъемного оборудования.

Приборы, реализующие разработанные в рамках описанного метода алгоритмы, демонстрируют эксплуатационные характеристики, сходные с аналогами ведущих западных разработчиков систем безопасности и превосходящие китайские образцы, в последнее время активно заполняющие отечественный рынок технических средств обеспечения безопасности подъемных сооружений.

---

## Список литературы

1. О критериях оценки соответствия требованиям промышленной безопасности для мостовых электрических кранов / Д. Жуков, Д. Валиев, Ф. Бурганов, С. Медведев // Регламент. – 2015. – № 5(43). – С. 78-79. – EDN VZXZDR.
2. Ларочкина, Н. М. Современное состояние промышленной безопасности грузоподъемных кранов: проблемы и эффективные пути их решения / Н. М. Ларочкина // Современная техника и технологии. – 2016. – № 3(55). – С. 123-125. – EDN WANAUJ.
3. Короткий, А. А. Обоснования безопасности грузоподъемных кранов / А. А. Короткий, Е. В. Егельская, А. П. Шерстюк // Вестник Донского государственного технического университета. – 2017. – Т. 17, № 4(91). – С. 136-143. – DOI 10.23947/1992-5980-2017-17-4-136-143. – EDN YNOFPN.
4. Повышение эффективности использования приборов безопасности грузоподъемных кранов / Л. С. Каминский, Ф. Л. Каминский, И. А. Пятницкий, И. Г. Федоров // Научная перспектива. – 2016. – № 1. – С. 140-144. – EDN VKJRH.
5. Козлов, В. С. О совершенствовании приборов безопасности грузоподъемных кранов / В. С. Козлов // Подъемно-транспортное дело. – 2011. – № 4(64). – С. 15-17. – EDN ONPTDZ.
6. Карманов, С. Приборы и датчики безопасности для мониторинга работы мостовых кранов / С. Карманов, К. Боянов, И. Гнибеда // ТехНадзор. – 2015. – № 11(108). – С. 164. – EDN XHBASF.
7. Роль регистраторов параметров грузоподъемных кранов при проведении экспертизы промышленной безопасности / Н. В. Симонов, В. Ю. Сыроежкин, В. К. Разинков [и др.] // Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов. – 2015. – № 5. – С. 88-89. – EDN VZALGV.

8. Зарецкий, А. А. Регистраторы параметров работы грузоподъемных кранов / А. А. Зарецкий, Л. С. Каминский, И. Г. Федоров // Безопасность труда в промышленности. – 2001. – № 4. – С. 60-62. – EDN JVVTZT.

9. Агейчева, М. М. Учет реальных условий работы крана при расчете остаточного ресурса по данным регистратора параметров / М. М. Агейчева // Научное сообщество студентов ХХI столетия. Технические науки : Электронный сборник статей по материалам СХХХI студенческой международной научно-практической конференции, Новосибирск, 09 ноября 2023 года. – Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью "Сибирская академическая книга", 2023. – С. 85-92. – EDN ECQRWT.

10. Ляшенко, Н. В. Анализ причин аварийных ситуаций при разрушении металлоконструкций / Н. В. Ляшенко, В. А. Лепихова, С. Г. Шестак // Экология. Риск. Безопасность : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Курган, 29–30 октября 2020 года. – Курган: Курганский государственный университет, 2020. – С. 254-255. – EDN ORPAJW.

11. Оценка остаточного ресурса порталного крана при проведении экспертизы промышленной безопасности / А. Л. Кузьминов, А. В. Голубев, Н. Н. Зеленков, А. Е. Глазунов // European Science. – 2015. – № 8(9). – С. 17-21. – EDN UPTSWP.

12. Ермоленко, В. А. Особенности расчета показателей надежности грузоподъемных машин / В. А. Ермоленко, П. В. Витчук // Надежность. – 2016. – Т. 16, № 2(57). – С. 20-25. – EDN WHGDRJ.

13. Ганшкевич, А. Ю. Подходы к прогнозированию технического состояния подъемных сооружений на основе мониторинга / А. Ю. Ганшкевич, В. В. Розов, О. А. Черняк // Наука и бизнес: пути развития. – 2025. – № 3(165). – С. 106-111. – EDN SJWSKU.

14. Иванов С.Д., Иванова Н.Ю. Технико-экономические показатели эффективности подъемно-транспортных работ // Механизация строительства. 2016. – №6. – С. 15-21.

15. 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 // Цифровая экономика: технологии, управление, человеческий капитал : Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Сборник докладов в области экономики и менеджмента, а также производственных технологий, информационных технологий и технологического менеджмента, Москва, 28 мая 2019 года. – Москва: Московский государственный технологический университет "СТАНКИН", 2019. – С. 236-241. – EDN OAEGZT.

16. 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. – EDN MRGIFW.

17. Назаров, А. Н. Исследования и разработки кафедры РК4 «Подъемно-транспортные системы» для создания современных приборов безопасности грузоподъемной техники / А. Н. Назаров // Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация. – 2024. – № 4. – С. 34-40. – EDN JPIQKE.

18. Тимин, Ю. Ф. Опыт применения регистраторов параметров в Кранах мостового типа / Ю. Ф. Тимин, В. А. Сушинский // Подъемно-транспортное дело. – 2009. – № 3(53). – С. 12-14. – EDN NDIICZ.

19. Регистратор параметров работы крана мостового типа / Ю. А. Орлов, Д. Ю. Орлов, Д. П. Столяров, Р. Н. Кахиев // Механизация строительства. – 2015. – № 8(854). – С. 30-31. – EDN UDOSVD.

20. Агейчева, М. М. Оценка интенсивности работы контейнерного крана на основе обработки информации системы дистанционного мониторинга / М. М. Агейчева, С. Д. Иванов // Семьдесят шестая Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием : Сборник материалов конференции. В 3-х частях, Ярославль, 19–20 апреля 2022 года. Том 76. – Ярославль: Ярославский государственный технический университет, 2023. – С. 417-420. – EDN VEJLX.

21. Васильев, В. В. Инновационные технологии в работе службы охраны труда и промышленной безопасности / В. В. Васильев // Управление качеством. – 2025. – № 10(260). – С. 74-78. – DOI 10.33920/pro-01-2510-11. – EDN MVLKSZ.

22. Коновалов, Д. Удаленная регистрация и оценка наработки кранов. Система мониторинга и управления грузоподъемным транспортом порта / Д. Коновалов // Речной транспорт (XXI век). – 2007. – № 4(28). – С. 64-65. – EDN IBIKVV.

23. Система защиты мостового крана на основе мониторинга параметров электропривода механизма подъема / Ю. А. Орлов, Ю. Н. Дементьев, Г. И. Однокопылов [и др.] // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 312, № 4. – С. 119-124. – EDN JRGNRR.

24. Назаров, А. Н. Движущее усилие двигателя механизма подъема кранов мостового типа в реальных условиях эксплуатации / А. Н. Назаров // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2023. – Т. 20, № 1(89). – С. 34-50. – DOI 10.26518/2071-7296-2023-20-1-34-50. – EDN DJBHGB.

25. Иванов, С. Д. Оценка применимости электрических параметров привода для определения нагрузки на механизм подъема кранов мостового типа / С. Д. Иванов, А. Н. Назаров // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2022. – Т. 19, № 1(83). – С. 36-47. – DOI 10.26518/2071-7296-2022-19-1-36-47. – EDN XZSFJQ.

26. Луткин, А. Р. Достоверность определения эксплуатационных параметров крана / А. Р. Луткин // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы : Сборник докладов XXIII Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 04 апреля 2019 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2019. – С. 520-525. – EDN UQZEMN.

27. Агейчева, М. М. Оценка остаточного ресурса козлового крана на основе качественной подготовки исходных данных о его фактических условиях работы / М. М. Агейчева // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы (Молодой инженер) : Материалы XXVIII Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 24–26 апреля 2024 года. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024. – С. 11-14. – EDN FDJFOU.

28. Федотов, А. В. Сравнение зарубежного и отечественного подходов к конструированию тележек мостовых кранов / А. В. Федотов, Ю. Н. Медведева // Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация. – 2024. – № 4. – С. 41-55. – EDN FPVXAO.

29. Федотов, А. В. Исследование возможности импортозамещения тележек перспективной конструкции для мостовых кранов / А. В. Федотов // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : Сборник материалов 29-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 23 апреля 2025 года. – Москва: Межрегиональная общественная организация содействия развитию культуры образования, спорта "Стратегия объединения", 2025. – С. 42-44. – EDN ZSLEMW.

30. Йылмаз, М. Ю. Анализ переходных процессов в асинхронных двигателях крановых приводов для диагностики механических неисправностей / М. Ю. Йылмаз, С. Д. Иванов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2025. – Т. 22, № 4(104). – С. 512-523. – DOI 10.26518/2071-7296-2025-22-4-512-523. – EDN NDLRWQ.
31. Yilmaz, M. Yu. Experimental assessment of the use of an encoder of various resolutions to obtain information about transient processes in a crane electric drive / M. Yu. Yilmaz, S. D. Ivanov // Scientific research of the SCO countries: synergy and integration : Proceedings of the International Conference, Beijing, 17 января 2024 года. – Beijing: ООО "Инфинити", 2024. – Р. 143-147. – DOI 10.34660/INF.2024.11.22.136. – EDN QGHMZI.
32. Назаров, А. Н. Исследование влияния работы ограничителя грузоподъемности с промежуточными порогами на безопасность кранов мостового типа / А. Н. Назаров, С. Д. Иванов // Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация. – 2023. – № 1. – С. 41-52. – EDN SZRVVB.
33. Иванов, С. Д. Развитие направления «промышленная безопасность подъемных сооружений» на кафедре РК4 «Подъемно-транспортные системы» / С. Д. Иванов // Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация. – 2024. – № 4. – С. 11-24. – EDN GACZBH.
34. Nazarov, A. Configuring the algorithm of the load limiter with intermediate threshold / A. Nazarov, S. Ivanov, M. Yilmaz // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 515. – P. 02015. – DOI 10.1051/e3sconf/202451502015. – EDN NGQCHM.
35. Назаров, А. Н. Разработка перспективного прибора безопасности кранов мостового типа / А. Н. Назаров, С. Д. Иванов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2024. – Т. 21, № 6(100). – С. 826-843. – DOI 10.26518/2071-7296-2024-21-6-826-843. – EDN TYGGUV.
36. Рощин, В. А. Применение методов прогнозирования опасных факторов в приборах безопасности кранов на примере кранового анемометра / В. А. Рощин, С. Д. Иванов, А. Н. Назаров // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2020. – Т. 17, № 5(75). – С. 584-597. – DOI 10.26518/2071-7296-2020-17-5-584-597. – EDN VAFCGT.
37. Потапов, В. А. Разработка системы ветрозащиты рельсовых кранов / В. А. Потапов, В. А. Рощин, С. Д. Иванов // Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация. – 2024. – № 4. – С. 25-33. – EDN AHFIVF.
38. Ivanov, S. D. Selection of a rational algorithm for data processing of the weight measuring system of a hoisting crane / S. D. Ivanov, A. N. Nazarov, N. L. Mikhalkich // Journal of Physics: Conference Series, Belgorod, 09–10 марта 2021 года. Vol. 1926. – Belgorod: IOP Publishing Ltd, 2021. – Р. 012047. – DOI 10.1088/1742-6596/1926/1/012047. – EDN JIUUGG.
39. 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. – EDN СВИМР.
40. Михалев, А. В. Применение алгоритма скользящего среднего для задачи определения массы груза / А. В. Михалев, А. Н. Назаров // Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация. – 2023. – № 2. – С. 44-57. – EDN XLXJRI.

## АВТОРЫ

**Иванов Сергей Дмитриевич**, доцент кафедры «Подъемно-транспортные системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана, (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5), кандидат технических наук, доцент, [ptm-diagnostika@yandex.ru](mailto:ptm-diagnostika@yandex.ru), ORCID 0000-0002-7912-609X, SPIN-код: 8035-2780.

**Назаров Александр Николаевич**, доцент кафедры «Подъемно-транспортные системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана, (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5), кандидат технических наук, доцент, [alexnazavr@yandex.ru](mailto:alexnazavr@yandex.ru), ORCID 0000-0002-8039-4331, SPIN-код: 2028-7651.

---

# Machines & Plants Design & Exploiting

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

*Link to the article:*  
//Machines and Plants:Design and Exploiting.  
2025. № 4. pp. 27 – 44.

DOI:

Received: 01.12.2025  
Accepted for publication: 06.12.2025

© International Public Organization “Integration strategy”

## Operational Data of Lifting Equipment as the Basis for the In-Service Performance Maintenance Method

Sergey D. Ivanov,  
Alexander N. Nazarov \*

\*[alexnazavr@yandex.ru](mailto:alexnazavr@yandex.ru)

Bauman Moscow State Technical University,  
Moscow, Russian Federation

A method for maintaining the working condition of a crane is proposed, which involves a transition from a calendar to a rolling planning of maintenance and repairs based on an analysis of the intensity of operation. The implementation of the method is based on the processing of up-to-date, objective, reliable and complete information about the actual use of the crane and its mechanisms. It is proposed to use new-generation security devices as sources of information, the objectivity of which is achieved by jointly processing data from alternative sources, reliability is ensured by improving processing algorithms adapted to the specifics of the measured processes. To protect against destruction according to the strength criterion, it is proposed to use algorithms for predicting force factors that take into account the characteristics of the crane, operating conditions and possible control commands. To assess the technical condition of the crane and its mechanisms, it is proposed to use the criterion of drive energy. Examples of practice-oriented techniques and promising safety devices implementing the presented principles are described.

**Keywords:** industrial safety, safety devices, crane operation, load limiter, operation parameter logger, sliding planning.

### References

1. Zhukov, D., Valiev, D., Burganov, F., Medvedev, S. On the Criteria for Assessing Compliance with Industrial Safety Requirements for Overhead Electric Cranes. *Reglament*. 2015, no. 5(43), pp. 78-79. EDN VZXZDR.
2. Larochkina, N.M. The Current State of Industrial Safety of Cranes: Problems and Effective Solutions. *Modern Equipment and Technologies*. 2016, no. 3(55), pp. 123-125. EDN WANAUJ.
3. Korotkiy, A.A., Egelskaya, E.V., Sherstyuk, A.P. Justification of the Safety of Cranes. *Bulletin of the Don State Technical University*. 2017, vol. 17, no. 4(91), pp. 136-143. DOI 10.23947/1992-5980-2017-17-4-136-143. EDN YNOFPH.
4. Kaminsky, L.S., Kaminsky, F.L., Pyatnitsky, I.A., Fedorov, I.G. Improving the Efficiency of Using Safety Devices for Cranes. *Scientific Perspective*. 2016, no. 1, pp. 140-144. EDN VKJRHF.
5. Kozlov, V.S. On the Improvement of Crane Safety Devices. *Lifting and Transport Engineering*. 2011, no. 4(64), pp. 15-17. EDN ONPTDZ.
6. Karmanov, S., Boyanov, K., Gnilibeda, I. Safety Devices and Sensors for Monitoring Overhead Cranes. *Technical Supervision*. 2015, no. 11(108), p. 164. EDN XHBASF.

7. Simonov, N.V., Syroezhkin, V.Yu., Razinkov, V.K. et al. The Role of Crane Data Recorders in Industrial Safety Expertise. *Industrial Safety Expertise and Diagnostics of Hazardous Production Facilities*. 2015, no. 5, pp. 88-89. EDN VZALGV.
8. Zaretsky, A.A., Kaminsky, L.S., Fedorov, I.G. Data Recorders for Cranes. *Occupational Safety in Industry*. 2001, no. 4, pp. 60-62. EDN JVVTZT.
9. Ageicheva, M.M. Accounting for Real Crane Operating Conditions in Residual Life Calculation Based on Data Recorder Information. In: *Scientific Community of Students of the XXI Century. Technical Sciences: electronic collection of articles based on the materials of the CXXXI International Student Scientific and Practical Conference*, Novosibirsk, November 09, 2023. Novosibirsk: Siberian Academic Book LLC, 2023, pp. 85-92. EDN ECQRWT.
10. Lyashenko, N.V., Lepikhova, V.A., Shestak, S.G. Analysis of the Causes of Emergency Situations in Metal Structure Failures. In: *Ecology. Risk. Safety: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference*, Kurgan, October 29–30, 2020. Kurgan: Kurgan State University, 2020, pp. 254-255. EDN ORPAJW.
11. Kuzminov, A.L., Golubev, A.V., Zelenkov, N.N., Glazunov, A.E. Assessment of the Residual Life of a Portal Crane During Industrial Safety Expertise. *European Science*. 2015, no. 8(9), pp. 17-21. EDN UPTSWP.
12. Ermolenko, V.A., Vitchuk, P.V. Features of Calculating Reliability Indicators for Cranes. *Nadezhnost*. 2016, vol. 16, no. 2(57), pp. 20-25. EDN WHGDRJ.
13. Ganshkevich, A.Yu., Rozov, V.V., Chernyak, O.A. Approaches to Forecasting the Technical Condition of Lifting Equipment Based on Monitoring. *Science and Business: Development Paths*. 2025, no. 3(165), pp. 106-111. EDN SJWSKU.
14. Ivanov S.D., Ivanova N.Yu. Technical and Economic Indicators of the Efficiency of Lifting and Transport Operations. *Mechanization of Construction*. 2016, no. 6, pp. 15-21.
15. Ivanov, S.D., Ivanova, N.Yu. Formation of an Information Base for Refining the Calculation of Residual Life and Improving the Maintenance Planning Methodology for Lifting and Transport Equipment Using Safety Devices - Data Recorders (Case Study of Cranes). In: *Digital Economy: Technologies, Management, Human Capital: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference*, Moscow, May 28, 2019. Moscow: Moscow State Technological University "STANKIN", 2019, pp. 236-241. EDN OAEGZT.
16. Ivanova, N.Yu., Ivanov, S.D., Nadezhenkov, S.A., Nazarov, A.N. Objective Information on the Operation of Lifting and Transport Machines as a Basis for Improving the Quality of Information Systems at Cargo Handling Enterprises. *Machines and Installations: Design, Development and Operation*. 2023, no. 2, pp. 81-96. EDN MRGIFW.
17. Nazarov, A.N. Research and Development of the Department "Lifting and Transport Systems" for Creating Modern Safety Devices for Lifting Equipment. *Machines and Installations: Design, Development and Operation*. 2024, no. 4, pp. 34-40. EDN JIIQKE.
18. Timin, Yu.F., Sushinsky, V.A. Experience in Using Data Recorders in Overhead Cranes. *Lifting and Transport Engineering*. 2009, no. 3(53), pp. 12-14. EDN NDIICZ.
19. Orlov, Yu.A., Orlov, D.Yu., Stolyarov, D.P., Kahiev, R.N. Data Recorder for Overhead Cranes. *Mechanization of Construction*. 2015, no. 8(854), pp. 30-31. EDN UDOSVD.
20. Ageicheva, M.M., Ivanov, S.D. Assessment of Container Crane Utilization Intensity Based on Remote Monitoring System Data Processing. In: *The Seventy-Sixth All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Masters, and Postgraduates with International Participation*, Yaroslavl, April 19–20, 2022. Part 76. Yaroslavl: Yaroslavl State Technical University, 2023, pp. 417-420. EDN VEJJLX.

21. Vasiliev, V.V. Innovative Technologies in the Work of the Labor Protection and Industrial Safety Service. *Quality Management*. 2025, no. 10(260), pp. 74-78. DOI 10.33920/pro-01-2510-11. EDN MVLKSZ.
22. Konovalov, D. Remote Registration and Assessment of Crane Utilization. A System for Monitoring and Managing Port Lifting Equipment. *River Transport (XXI Century)*. 2007, no. 4(28), pp. 64-65. EDN IBIKVV.
23. Orlov, Yu.A., Dementiev, Yu.N., Odnokopylov, G.I. et al. A Bridge Crane Protection System Based on Monitoring the Parameters of the Hoisting Mechanism Electric Drive. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*. 2008, vol. 312, no. 4, pp. 119-124. EDN JRGNRR.
24. Nazarov, A.N. The Driving Force of the Hoisting Mechanism Motor of Overhead Cranes in Real Operating Conditions. *Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University*. 2023, vol. 20, no. 1(89), pp. 34-50. DOI 10.26518/2071-7296-2023-20-1-34-50. EDN DJBHGB.
25. Ivanov, S.D., Nazarov, A.N. Assessment of the Applicability of Electric Drive Parameters for Determining the Load on the Hoisting Mechanism of Overhead Cranes. *Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University*. 2022, vol. 19, no. 1(83), pp. 36-47. DOI 10.26518/2071-7296-2022-19-1-36-47. EDN XZSFJQ.
26. Lutkin, A.R. Reliability of Determining Crane Operational Parameters. In: *Lifting and Transport, Construction, Road, Railway, Land Reclamation Machines and Robotic Systems: Proceedings of the XXIII Moscow International Interuniversity Scientific and Technical Conference*, Moscow, April 04, 2019. Moscow: National Research Moscow State University of Civil Engineering, 2019, pp. 520-525. EDN UQZEMN.
27. Ageicheva, M.M. Assessment of the Residual Life of a Gantry Crane Based on High-Quality Preparation of Initial Data on Its Actual Operating Conditions. In: *Lifting and Transport, Construction, Road, Railway, Land Reclamation Machines and Robotic Systems (Young Engineer): Materials of the XXVIII Moscow International Interuniversity Scientific and Technical Conference*, Moscow, April 24–26, 2024. Moscow: Publishing House of the Bauman Moscow State Technical University, 2024, pp. 11-14. EDN FDJFOU.
28. Fedotov, A.V., Medvedeva, Yu.N. Comparison of Foreign and Domestic Approaches to the Design of Overhead Crane Trolleys. *Machines and Installations: Design, Development and Operation*. 2024, no. 4, pp. 41-55. EDN FPVXAO.
29. Fedotov, A.V. Research on the Possibility of Import Substitution of Trolleys of a Promising Design for Overhead Cranes. In: *Lifting and Transport, Construction, Road, Railway, Land Reclamation Machines and Robotic Systems: Proceedings of the 29th Moscow International Interuniversity Scientific and Technical Conference*, Moscow, April 23, 2025. Moscow: "Strategy of Unification", 2025, pp. 42-44. EDN ZSLEMW.
30. Yilmaz, M.Yu., Ivanov, S.D. Analysis of Transient Processes in Asynchronous Motors of Crane Drives for Diagnosing Mechanical Faults. *Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University*. 2025, vol. 22, no. 4(104), pp. 512-523. DOI 10.26518/2071-7296-2025-22-4-512-523. EDN NDLRWQ.
31. Yilmaz, M.Yu., Ivanov, S.D. Experimental Assessment of the Use of an Encoder of Various Resolutions to Obtain Information about Transient Processes in a Crane Electric Drive. In: *Scientific Research of the SCO Countries: Synergy and Integration: Proceedings of the International Conference*, Beijing, January 17, 2024. Beijing: "Infinity" LLC, 2024, pp. 143-147. DOI 10.34660/INF.2024.11.22.136. EDN QGHMZI.
32. Nazarov, A.N., Ivanov, S.D. Investigation of the Influence of a Load Limiter with Intermediate Thresholds on the Safety of Overhead Cranes. *Machines and Installations: Design, Development and Operation*. 2023, no. 1, pp. 41-52. EDN SZRVVB.

33. Ivanov, S.D. Development of the "Industrial Safety of Lifting Equipment" Research Direction at the Department "Lifting and Transport Systems". *Machines and Installations: Design, Development and Operation*. 2024, no. 4, pp. 11-24. EDN GACZBH.
34. Nazarov, A., Ivanov, S., Yilmaz, M. Configuring the Algorithm of the Load Limiter with Intermediate Threshold. *E3S Web of Conferences*. 2024, vol. 515, p. 02015. DOI 10.1051/e3sconf/202451502015. EDN NGQCHM.
35. Nazarov, A.N., Ivanov, S.D. Development of a Promising Safety Device for Overhead Cranes. *Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University*. 2024, vol. 21, no. 6(100), pp. 826-843. DOI 10.26518/2071-7296-2024-21-6-826-843. EDN TYGGUV.
36. Roshchin, V.A., Ivanov, S.D., Nazarov, A.N. Application of Hazard Factor Forecasting Methods in Crane Safety Devices Using the Example of a Crane Anemometer. *Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University*. 2020, vol. 17, no. 5(75), pp. 584-597. DOI 10.26518/2071-7296-2020-17-5-584-597. EDN VAFCGT.
37. Potapov, V.A., Roshchin, V.A., Ivanov, S.D. Development of a Wind Protection System for Rail Cranes. *Machines and Installations: Design, Development and Operation*. 2024, no. 4, pp. 25-33. EDN AHFIVF.
38. Ivanov, S.D., Nazarov, A.N., Mikhalkich, N.L. Selection of a Rational Algorithm for Data Processing of the Weight Measuring System of a Hoisting Crane. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021, vol. 1926, p. 012047. DOI 10.1088/1742-6596/1926/1/012047. EDN JIUUGG.
39. Nazarov, A.N., Ivanov, S.D. Using a Moving Average Filter-Based Weighing Algorithm in the Data Recorder of an Overhead Crane. *Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University*. 2023, vol. 20, no. 4(92), pp. 418-431. DOI 10.26518/2071-7296-2023-20-4-418-431. EDN CBIJMP.
40. Mikhalev, A.V., Nazarov, A.N. Application of the Moving Average Algorithm for the Task of Determining the Mass of a Load. *Machines and Installations: Design, Development and Operation*. 2023, no. 2, pp. 44-57. EDN XLXJRI.
- 

## AUTHORS

**Sergey D. Ivanov**, Associate Professor of the Department of Lifting and Transport Systems at Bauman Moscow State Technical University, (105005, Moscow, 2nd Bauman str., 5), Candidate of Technical Sciences, [ptm-diagnostika@yandex.ru](mailto:ptm-diagnostika@yandex.ru), ORCID 0000-0002-7912-609X, SPIN-код: 8035-2780.

**Alexander N. Nazarov**, Associate Professor of the Department of Lifting and Transport Systems at Bauman Moscow State Technical University, (105005, Moscow, 2nd Bauman str., 5), Candidate of Technical Sciences, [alexnazavr@yandex.ru](mailto:alexnazavr@yandex.ru), ORCID 0000-0002-8039-4331, SPIN-код: 2028-7651.