

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ЗА БЕЗОПАСНОЙ
ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ В КАЧЕСТВЕ
ИНДИКАТОРА РИСКА НАРУШЕНИЯ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ
ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО НАДЗОРА**

**Алексанкин Владимир Александрович¹, Каминский Леонид Станиславович²,
Каминский Филипп Леонидович³, Кинжибалов Александр Владимирович⁴,
Пятницкий Игорь Андреевич⁵, Федоров Игорь Германович⁶,**

¹ООО "Научно-производственное предприятие "ЭГО", кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

²Московский государственный университет геодезии и картографии, кандидат
технических наук, заместитель руководителя научно-инженерного центра «Лазерные
измерительные системы и технологии» (НИЦ «ЛИСТ»)

³ООО "Научно-производственное предприятие "ЭГО", инженер

⁴Ростехнадзор, г.Ставрополь, кандидат технических наук

⁵ООО "Научно-производственное предприятие "ЭГО", главный конструктор

⁶ООО "Арзамасский электромеханический завод", Нижегородская область, кандидат
технических наук, Председатель Совета директоров

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы, связанные с анализом условий обеспечения промышленной безопасности при эксплуатации грузоподъемных башенных кранов с применением метода дистанционного контроля со стороны государственного надзора. Описана конструкция многофункционального блока связи (БСМ) для совместного применения с приборами безопасности серии ОНК-160 Арзамасского электромеханического завода.

Ключевые слова: контрольно-надзорная деятельность, промышленная безопасность, риск-ориентированный подход, класс опасности, категория риска, динамическая модель оценки риска, дистанционный контроль, прибор безопасности, регистратор параметров работы крана.

Keywords: control and supervision, industrial safety, risk-informed approach, danger class, risk category, dynamic risk assessment model, remote control, safety device, recorder of crane's working parameters.

После череды резонансных падений башенных кранов осенью 2015 года, в которых погибло не менее 10 человек, Ростехнадзор предложил правительству перевести башенные краны из IV в более высокий - III класс опасности [1]. В этом случае ведомство

сможет включить такие объекты в свои плановые проверки, которые дисциплинируют эксплуатирующие организации.

Сейчас у Ростехнадзора нет прав проверять грузоподъемные краны, краны-манипуляторы, а также строительные подъемники до того, как с ними произошла авария - только постфактум, либо на основе чьей-либо жалобы, так как они относятся к наименее опасному IV классу опасности. В отношении объектов этого класса плановые проверки не проводятся.

В проекте федерального закона «Об основах государственного контроля (надзора) и муниципального контроля в Российской Федерации» [2] говорится об индикаторах риска нарушения обязательных требований – параметрах, соответствие которым или отклонение от которых само по себе не является доказательством нарушения обязательных требований, но свидетельствует о высокой вероятности такого нарушения и может являться основанием для проведения внеплановой проверки или иных форм контроля.

Одним из путей снижения аварийности грузоподъемных кранов, в частности – башенных, является осуществление диагностики их работающих механизмов до того, как авария уже случилась [3].

Такая система дистанционного мониторинга, не требующая больших финансовых затрат, была установлена и испытана на одном из объектов строительного холдинга ООО «Эвилин» (г.Ставрополь) на башенном кране КБ-408.21. Принципиально можно говорить о том, что в данной аппаратуре условно реализована динамическая модель оценки риска возникновения неблагоприятных ситуаций при эксплуатации крана. Динамическая модель оценки риска, в отличие от статической, предусматривает изменение категории риска в зависимости от выявленных фактов нарушений обязательных требований и имевших место случаев причинения вреда [4]. Предлагаемую систему можно рассматривать также в качестве устройства предупреждения аварий.

На сегодня в соответствии с требованиями Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения" (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 ноября 2013 г. N 533, зарегистрированы в Минюсте РФ 31 декабря 2013 г., рег. N 30992; изм. от 12.04.2016г.) машинист крана ежедневно перед началом работы осматривает кран с записью в вахтенном журнале о его состоянии. Один раз в 10 дней ответственный за исправное состояние крана проводит его осмотр с отметкой в журнале осмотра крана (и в вахтенном журнале). Предлагаемая система дистанционного мониторинга парка грузоподъемных машин достаточно проста и эффективна [5]. Она включает в себя авто-

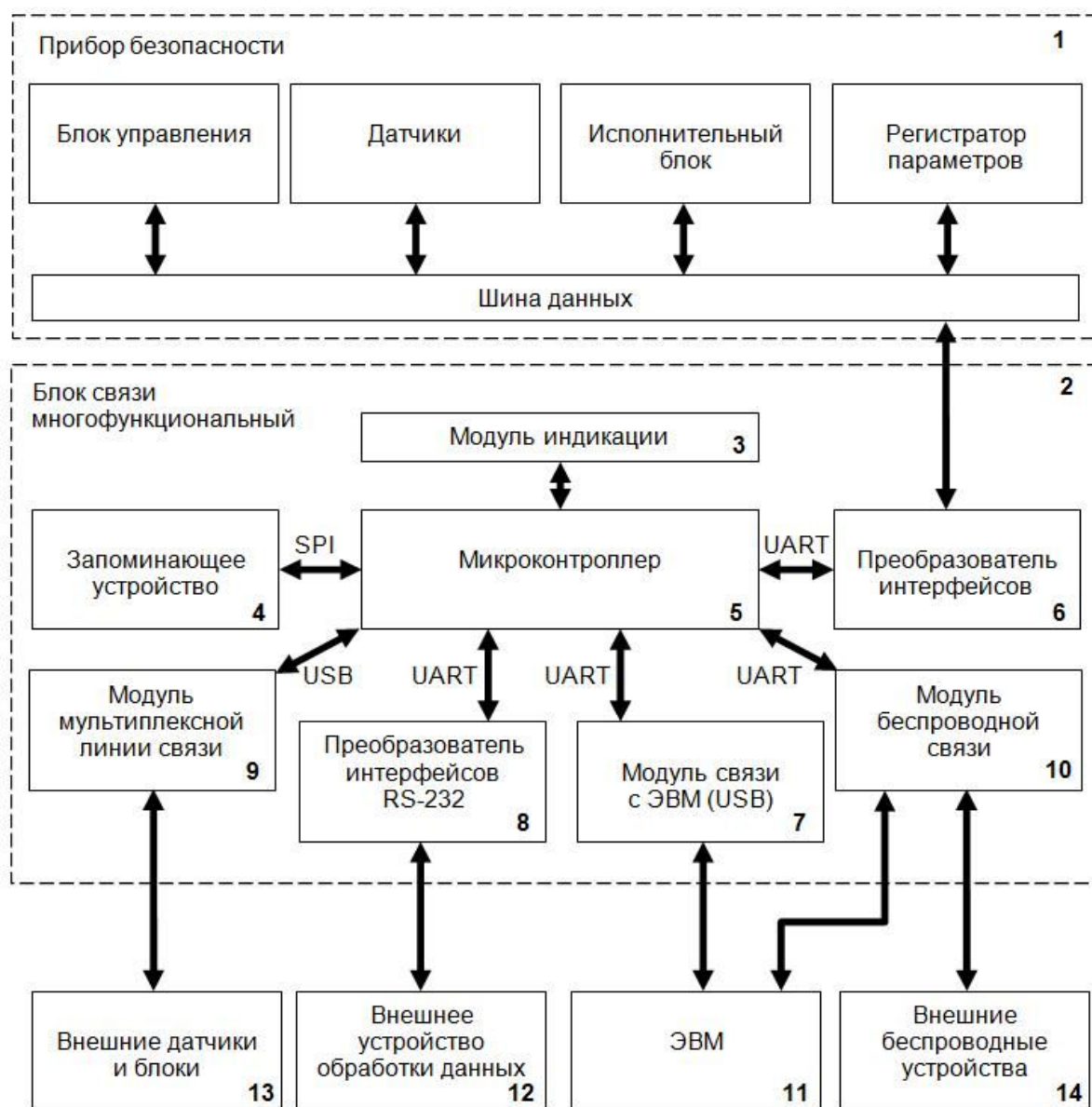


Рис.1. Структурная схема системы дистанционного контроля за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов

материзованное рабочее место (АРМ) оператора центра управления парком грузоподъемных машин, в состав которого входит подключенный к сети Интернет персональный компьютер для дистанционной передачи данных о работе крана и его прибора безопасности (например, ОНК-160Б Арзамасского электромеханического завода [6]) по беспроводной линии связи на удаленный web-сервер, к которому имеют доступ либо руководитель предприятия, или сотрудник, ответственный за осуществление производственного контроля на предприятии.

В процессе работы грузоподъемная машина выполняет различные технологические операции – перемещение рабочих органов, подъем и опускание груза, перемещение по рабочей площадке и т.д. Рабочие параметры грузоподъемного крана, характеризующие его нагрузку, геометрию и режимы работы, измеряются или контролируются с помощью комплекса датчиков (первичных измерительных преобразователей - ИП). Микроконтроллер блока управления прибора безопасности (например, типа ОНК-160), работая по программе, записанной в памяти устройства, осуществляет опрос датчиков и обработку измеренных и преобразованных в цифровую форму сигналов указанных ИП. Эта обработка может заключаться, в частности, в вычислении текущего значения грузового момента (грузоподъёмности), определении положения стрелового оборудования и в сравнении полученных величин соответственно с грузовой характеристикой грузоподъемной машины, хранящейся в памяти микроконтроллера, а также с зоной допустимых положений стрелы, заданной оператором грузоподъемной машины при помощи клавиатуры при введении параметров координатной защиты или защиты от приближения к линиям электропередачи (ЛЭП). Микроконтроллер блока управления, в зависимости от результатов этого сравнения, формирует сигналы управления исполнительным блоком, осуществляя защиту грузоподъемной машины от перегрузок и опрокидывания, реализует координатную защиту или защиту от недопустимого приближения к ЛЭП. Одновременно микроконтроллер осуществляет запись рабочих параметров в долговременную энергонезависимую память регистратора параметров (РП) грузоподъемной машины. При этом, форма, объем и порядок записей устанавливаются в соответствии с нормативными требованиями Ростехнадзора и действующими стандартами [7-9].

Система контроля, диагностики, сбора, хранения и передачи информации о параметрах работы грузоподъемного крана (рис.1) содержит стационарно установленный на кране блок связи многофункциональный (БСМ) 2, а также электронную вычислительную машину (ЭВМ) 11 в виде персонального компьютера, блок внешней обработки данных 12, внешние датчики и блоки 13, внешние беспроводные устройства 14. Блоки 8-10, 12-14 в базовую комплектацию системы не входят. БСМ 2 соединен с прибором безопасности 1 общей шиной данных. Основное назначение БСМ - регистрация параметров работы ограничителей грузоподъемности серии ОНК-160 (оперативная информация за период 500 дней) на встроенном в блок накопителе (в частности, например, на карте памяти «Industrial Temperature microSD UHS-I» компании «Kingston» с диапазоном рабочих температур от минус 40°С до плюс 85°С и емкостью 8 ГБ). В РП

прибора ОНК-160Б хранится оперативная информация лишь за последние 4 часа работы ограничителя (установлены 8 микросхем памяти ёмкостью по 24 кБ) согласно [9].

Дополнительные функции блока БСМ:

- вывод потока данных, идущих по CAN интерфейсу через встроенный USB порт на персональный компьютер для последующей обработки (анализа работы крана, датчиков и блоков ОНК-160Б);
- контроль работоспособности линии связи прибора ОНК-160Б с датчиками и блоками.

Технические характеристики БСМ, его внешний вид и схема подключения (базовой комплектации) представлены соответственно в таблице 1 и на рисунках 2 и 3.

Таблица 1. Технические характеристики БСМ

№ п/п	Описание	Размерность	Значение
1.	Напряжение питания (от ОНК-160)	В	12-24
2.	Потребляемая мощность	Вт	10
3.	Связь с ОНК-160	CAN	По кабелю
4.	Требуемый объем карты памяти	Гб	до 2
5.	Диапазон рабочих температур (без учета температурного диапазона карты памяти)	°С	От -40 до +55
6.	Относительная влажность воздуха	%	От 45 до 100 при T= +25°С
7.	Степень защиты блока по ГОСТ 14254-96		IP56
8.	Габариты блока БСМ	мм	145x92x55
9.	Масса блок БСМ	г	Не более 500

Перед началом использования системы (рис.1) на грузоподъемном кране в память микроконтроллера 5 БСМ загружается рабочая программа, соответствующая модели применённого прибора безопасности 1 и конфигурации его датчиков и блоков, входящих, например, в состав ОНК-160Б. Загрузка программы БСМ осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения и переносной ЭВМ 11. Программа загружается в микроконтроллер 5 через модуль связи 7 с ЭВМ 11 (USB-порт). При программировании микроконтроллера 5 электропитание БСМ 2 осуществляется через USB-порт ЭВМ 11. В штатном режиме питание БСМ осуществляется от прибора безопасности 1. После программирования система готова к работе без дополнительных настроек. Аналогичным образом, в случае необходимости, производится коррекция программы микроконтроллера 5 в процессе эксплуатации системы. При этом, ЭВМ 11 не является постоянно подключенным элементом системы. ЭВМ 11 используется при программировании микроконтроллера 5, а также для контроля и диагностирования неисправностей в работе прибора безопасности 1 и считывания данных с запоминающего устройства 4. Последнее может быть выполнено на основе микросхем энергонезависимой памяти либо в виде разъема, в который устанавливается стандартная SD или microSD-

карта памяти. Установка карт памяти позволяет существенно упростить и ускорить считывание информации путем замены заполненных карт памяти на чистые. Установка



Рис.2. Внешний вид многофункционального блока согласования БСМ

сменного запоминающего устройства также позволяет оптимально выбирать объем памяти и тип накопителя в зависимости от решаемых задач и эксплуатационных условий.

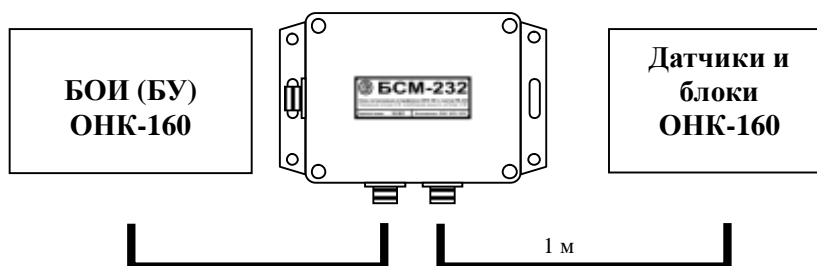




Рис.3. Схема подключения БСМ в базовой комплектации

БСМ имеет модуль индикации 3 в виде двух светодиодных индикаторов (рис.1,2). Индикатор  указывает на наличие питания БСМ (постоянное свечение). При возникновении неисправности в работе изделия индикатор постоянно мигает. Индикатор  сигнализирует о получении данных от ОНК-160 и их записи на карту памяти. БСМ подключается в разрыв линии связи между ОНК-160 и его датчиками и блоками.

Одновременно с блоком управления, регистратором параметров и исполнительным блоком системы все данные, поступающие по мультиплексной линии связи, через преобразователь интерфейсов 6 получает микроконтроллер 5 блока связи многофункционального 2. После получения информации от прибора безопасности 1 микроконтроллер 5 производит опрос внешних датчиков 13 через модуль мультиплексной связи 9 и определяет наличие входящих информационных пакетов от внешних беспроводных устройств 14. На основании полученных данных после первичной обработки формируется исходящий пакет информации о параметрах работы грузоподъемной машины. В состав пакета входит информация от прибора безопасности 1, а также данные от внешних датчиков 13 и беспроводных устройств 14.

Указанный пакет информации записывается в запоминающее устройство 4. При этом, одновременно пакет данных передается в ЭВМ 11, на внешнее устройство обработки данных 12, внешние блоки 13 и через модуль беспроводной связи 10 на внешние беспроводные устройства 14.

Модуль связи с ЭВМ (USB) 7 выполнен на основе микросхемы преобразования интерфейсов типа FT232RL фирмы FTDI. Преобразователь интерфейсов RS-232 8 представляет собой микросхему преобразования UART-RS232.

Модуль мультиплексной линии связи 9 строится на базе стандартных микросхем преобразования интерфейсов. Микросхема преобразования интерфейсов подбирается, исходя из интерфейса связи датчиков и блоков, подключаемых к БСМ. Наиболее распространенными являются мультиплексные интерфейсы CAN, LIN, RS-485 и пр. Широкий ассортимент микросхем позволяет реализовать связь микроконтроллера с любым из вышеперечисленных интерфейсов, а также осуществить гальваническую развязку линии связи датчиков и блоков с БСМ. К модулю мультиплексной линии связи 9 может быть подключено одновременно несколько внешних датчиков и блоков 13. В качестве них могут использоваться датчики параметров работы крана, не входящие в состав прибора безопасности 1, такие как датчики тока, датчики вибрации, датчики линейных ускорений и пр. Также могут использоваться устройства индикации в виде графических (либо жидкокристаллических) дисплеев (табло) и дополнительные исполнительные блоки в виде набора силовых электромагнитных реле или силовых ключей.

В качестве ЭВМ 11 может быть использован любой современный портативный персональный компьютер, предпочтительно ноутбук, имеющий порт USB.

Минимальные требования к ЭВМ:

- частота процессора: 1,6 ГГц;

- оперативная память: 2 Гбайт;
- объем дискового пространства для установки программы: 150 Мбайт;
- наличие портов: USB-порт;
- операционная система: Windows XP и выше.

В качестве внешнего устройства обработки данных 12 могут использоваться следующие устройства:

- промышленные компьютеры;
- программируемые логические контроллеры (ПЛК) с операторскими панелями, выпускаемы в широком ассортименте фирмами DANFOSS, ABB, Siemens и другими;
- микроконтроллерные системы управления краном;
- модемы GSM или ISM диапазона, для трансляции данных на удаленные серверы и пр.

Модуль беспроводной связи 10 строится, исходя из необходимого интерфейса беспроводной связи: Bluetooth, Wi-Fi (IEEE 802.11), ZigBee и пр. Наиболее перспективными являются Wi-Fi модули на основе микросхемы серии ESP8266. Данные модули обладают широкими функциональными возможностями и при этом имеют малые габариты. Модуль беспроводной связи 10 с интерфейсом может функционировать как в режиме конечного устройства в локальной сети, так и в режиме точки доступа. К модулю беспроводной связи 10, работающему в режиме точки доступа, одновременно может быть подключено несколько внешних беспроводных устройств 14, а также ЭВМ 11.

В качестве внешних беспроводных устройств 14 могут использоваться следующие устройства:

- блоки связи многофункциональные (БСМ) других грузоподъемных машин;
- точки доступа и ретрансляторы для передачи данных по локальной сети;
- внешние устройства обработки данных;
- ЭВМ, сотовые телефоны, планшеты с соответствующим программным обеспечением и пр.

В БСМ использован микроконтроллер ATmega32U4 8-bit AVR Microcontroller, 32KB Flash, 44-pin, USB Controller. Этот микроконтроллер имеет встроенную энергонезависимую память EEPROM. Это дает возможность хранить основную, настроечную, идентификационную информацию, а также информацию о наработке крана (аналогично долговременной накопительной памяти РП прибора безопасности ОНК-160), режимах и пр. в самом микроконтроллере БСМ, а при замене прибора безопасности на новый - копировать эти данные на него. Таким образом, в запоминающем устройстве всегда будет актуальная идентификационная информация о кране и информация о

наработке крана. В дополнение микроконтроллер будет являться резервным хранилищем информации, что повышает надежность системы дистанционного контроля.

При необходимости считывания данных из запоминающего устройства 4 может быть использован один из трех способов.

1. **Первый способ.** С помощью ЭВМ 11 через модуль связи с ЭВМ (USB) 7 в микроконтроллер 5 подается команда на передачу данных. Микроконтроллер 5 считывает информацию с запоминающего устройства 4 и передает в ЭВМ 11, где производится обработка полученной информации и последующая запись на запоминающее устройство ЭВМ.
2. **Второй способ.** С помощью внешнего беспроводного устройства 14 через модуль беспроводной связи 10 в микроконтроллер 5 подается команда на передачу данных. Микроконтроллер 5 считывает информацию с запоминающего устройства 4 и передает на внешнее беспроводное устройство 14, где производится обработка полученной информации и последующая запись в запоминающее устройство беспроводного устройства 14.
3. **Третий способ (рекомендуемый, базовая комплектация).** Если запоминающее устройство 4 конструктивно выполнено в виде разъема с установленной в него SD-картой, последняя может быть извлечена из разъема и установлена в ЭВМ 11 для последующего переноса информации в запоминающее устройство ЭВМ 11. В данном случае подключение ЭВМ 11 к БСМ 2 не обязательно. После считывания информации карта памяти устанавливается обратно в разъем запоминающего устройства 4. Допускается замена одной карты на другую. При этом, микроконтроллер 5 автоматически определяет объем памяти новой карты и ее технические характеристики, дополнительные настройки системы не требуются.

При возникновении неисправностей в работе прибора безопасности 1 система позволяет проводить контроль и диагностику отдельных датчиков и блоков прибора безопасности 1. Для этого может использоваться ЭВМ 11, входящая в состав системы, либо внешнее беспроводное устройство. Для диагностики отдельного датчика или блока прибора безопасности 1 с ЭВМ 11 через модуль связи с ЭВМ (USB) или модуль беспроводного устройства 10 передается команда в микроконтроллер 5 для начала опроса диагностируемого датчика. Микроконтроллер 5 через преобразователь интерфейсов 6 передает в шину данных прибора безопасности 1 команды диагностируемому датчику и считывает ответы датчика из шины данных прибора безопасности 1 через преобразователь интерфейсов 6. Полученную информацию микроконтроллер передает ЭВМ 11, где

ности этой информации может быть решена путем ограничения доступа к сайту незарегистрированных пользователей путем применения, например, паролей или карточек-ключей.

Предлагается следующий алгоритм работы с системой. Один раз в 10 дней производится считывание информации о работе крана и его прибора безопасности. При этом, периодичность осмотра крана ответственным лицом за исправное состояние крана может увеличиться до 1 раза в месяц, но ежедневный осмотр подъемного сооружения машинистом не отменяется. Лицом, ответственным за осуществление производственного контроля, по выполненным распечаткам оперативной информации о работе крана (таблица 2, рисунок 4) проводится ситуационный анализ - намечаются мероприятия по повышению безопасности эксплуатации крана. В случае срабатывания блокировок, ограничителей, конечных выключателей, выхода за предельные параметры работы - рассматривается участие в этом человеческого фактора (ошибки машиниста) и проводятся мероприятия по выявлению причин их возникновения (здоровье машиниста, его, например, недостаточное зрение, невнимательность и т.д.). В случаях отказа (сбоя) системы автоматизации, оборудования выявляются технические неисправности, намечаются мероприятия по их устранению (внеплановый ремонт, замена неисправных деталей и т.д.). Для этих целей ведется журнал осмотра крана (журнал отказов). Не могут рассматриваться как ошибки машиниста параметры работы крана, близкие к предельным (до срабатывания прибора безопасности), но для анализа работы оборудования крана в целом такая информация представляется весьма полезной. Внедрение описанной системы дистанционного контроля о работе крана (либо нескольких кранов на опасном производственном объекте) позволит повысить выявляемость нарушений требований промышленной безопасности, принимать экстренные меры оперативного реагирования, усилит производственный контроль и устранил возможность сокрытия нарушений. При отлаженной системе работы сокрытие нарушений будет носить явно умышленный характер.

Внедрение данной аппаратуры направлено также и на защиту руководителей предприятий от негативных последствий, которые неизбежно наступают при неблагоприятном событии (аварии, несчастном случае) и за которые руководители несут персональную ответственность (административную, уголовную) в соответствии с законодательством Российской Федерации.

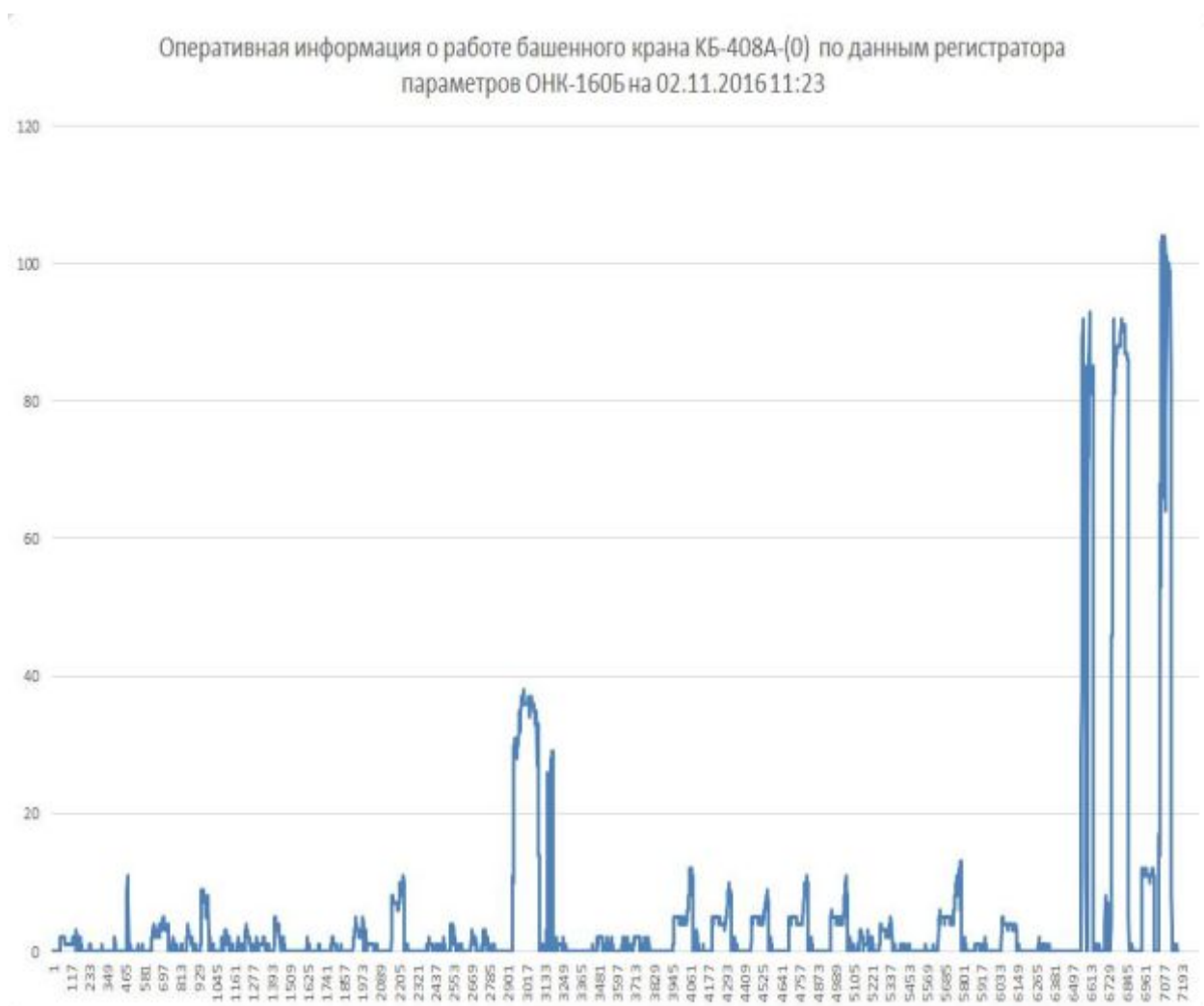


Рис.4. Фрагмент графика с оперативной информацией

В рамках представленного алгоритма предполагается разработка соответствующей информационной модели, которая отображает фактические параметры технического состояния опасного объекта, например, для башенных кранов: информация о рабочем и обслуживающем персонале крана, стаже работы машиниста, наработке и режимах эксплуатации крана, количестве отказов техники и количестве нарушений машинистом условий эксплуатации, например, о срабатываниях координатной защиты (выхода стрелы за рабочие зоны работы крана, определенные ППРк), причинах отказов приборов безопасности, количестве нагрузок, близких к предельным (максимальных нагрузках) и др.

Разработка информационной модели должна производиться собственными силами предприятия, опытными специалистами, ответственными за осуществление производственного контроля.

Рабочий материал (информация об идентифицированных опасностях, индикаторах риска нарушения обязательных требований) передается в органы государственного

надзора (возможна дистанционная передача данных) и осуществляется комплексный анализ и оценка рисков с привлечением требуемых ресурсов (специалистов, оборудования, методик исследований и пр.).

Выводы специалистов об уровне промышленной безопасности (оценка рисков эксплуатации опасных производственных объектов) доводятся до сведения специалистов службы (системы) организации и управления производственного контроля предприятия в формате комплекса мероприятий, ориентированных на поддержание допустимого (по результатам исследований) или снижения недопустимого значений рисков.

Итогом такой работы производственного контроля предприятия является формирование у Ростехнадзора специализированного банка данных об эксплуатации кранов с результатами самопроверок, на основании которого принимаются решения о снижении надзорной нагрузки законопослушных организаций. Для инспекторов Ростехнадзора наличие результатов таких проверок является своего рода сигналом о выполнении предприятиями требований законодательства РФ о промышленной безопасности. Таким образом, традиционные механизмы инспекционного контроля дополняются и модернизируются риск-ориентированными подходами к обеспечению безопасности.

Организация работы по внедрению риск-ориентированного надзора в области промышленной безопасности подразумевает, что инспектор Ростехнадзора будет приходить на объект не потому, что прошло три года с даты предыдущей проверки, а гораздо реже и (или) в том случае, если эксплуатация опасного производственного объекта связана с серьезными рисками. Это в полной мере соответствует п. 1 «Дорожной карты» Плана мероприятий по совершенствованию контрольно-надзорной деятельности в России на 2016-2017 годы, утвержденного Распоряжением Правительства РФ 01 апреля 2016 г. N 559-р и направленного на сокращение числа проверок при одновременном расширении использования форм контроля, не требующих непосредственного взаимодействия между проверяющими и проверяемыми.

Арзамасским электромеханическим заводом выполнен комплекс организационно-технических мероприятий (совместно с ООО НПП «ЭГО» разработана конструкторская документация, проведена технологическая подготовка производства, составлены расчет и обоснование планово-экономических показателей по осваиваемому изделию пр.), позволяющий выпускать описанную выше систему дистанционного контроля за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов в количестве 500 штук в месяц. В дальнейшем в системе имеет смысл попробовать реализовать понятие обобщенного

расстояния Хемминга для вычисления скорости приближения к неблагоприятной ситуации [10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Погосян А. «Ростехнадзор предлагает провести рейды по башенным кранам». - Известия, выпуск от 22 декабря 2015 года [Электронный ресурс]// URL: <http://izvestia.ru/news/599745> (дата обращения 18.11.2016).
2. Проект федерального закона «Об основах государственного контроля (надзора) и муниципального контроля в Российской Федерации» [Электронный ресурс] // URL: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/47109.html> ; дата размещения 02.08.2016г. (дата обращения 18.11.2016).
3. Осипова Е.В., Свидан Н.И. Пути снижения аварийности башенных кранов. - Промышленные и строительные технологии, март 2016, №7 (9) [Электронный ресурс]// URL: <http://maspk.ru/journal/vypusk-7-9-mart-2016/osipova-svidan-puti-snizheniya-avariynosti-bashennykh-kranov/> (дата обращения 18.11.2016).
4. Хамаза А.А. Предложения по внедрению риск-ориентированного подхода в контрольно-надзорной деятельности в области использования атомной энергии. - Ядерная и радиационная безопасность, 2016, № 1 (79), с.3-8.
5. Патент на полезную модель № 112178 РФ, МПК В66С 23/88. Система дистанционного мониторинга парка грузоподъемных машин// Ерзутов А.В., Затравкин М.И., Каминский Л.С., Курбаков А.В., Пятницкий И.А., Фёдоров И.Г. – Заявка №2011127640/11; заявл. 06.07.2011г.; опубл.10.01.2012г.; Бюл. № 1.
6. Каминский Л.С., Пятницкий И.А., Федоров И.Г., Затравкин М.И., Каминский А.С., Мухин Л.Н. Арзамасский электромеханический завод: современные системы безопасности и управления для грузоподъемных машин. - Подъемно-транспортное дело, январь-февраль 2014г., с.23-29.
7. ГОСТ 32575.3-2013 «Краны грузоподъемные. Ограничители и указатели. Часть 3. Краны башенные».
8. ГОСТ Р 55179-2012 (ИСО 10245-1:2008) «Краны грузоподъемные. Ограничители и указатели. Часть 1. Общие положения».
9. ГОСТ 33713-2015 «Краны грузоподъемные. Регистраторы параметров работы. Общие требования» (дата введения – с 01.04.2017г.).
10. Андриенко Н.Н., Корень В.Л. Риск-анализ крана. - Проблемы анализа риска, 2014, том 11, № 2, с.64-68.