

Совершенствование приборов безопасности для грузоподъемных кранов



Широко используемая на стреловых грузоподъемных кранах система безопасности типа ОНК-160С производства Арзамасского электромеханического завода (ООО «АЭМЗ») осуществляет функции защиты кранов от разрушения и опрокидывания, от перегрузки в реальном масштабе времени, координатной защиты, защиты от приближения к проводам ЛЭП, позволяет ограничивать рабочие зоны и производить световую и звуковую сигнализацию, индикацию и регистрацию рабочих параметров крана [1]. Кроме того, помимо функций безопасности система может выполнять ряд вспомогательных задач, например контролировать параметры силовой установки, гидропривода и т. д.

Совершенствование и расширение номенклатуры выпускаемых в России грузоподъемных кранов обусловили необходимость дальнейшего совершенствования аппаратуры ОНК-160С, установка которой на новые краны ранее сдерживалась, прежде всего недостаточным количеством в ООО «АЭМЗ» и ООО НПП «ЭГО» профессиональных программистов, знающих устройство составных частей ОНК-160С и архитектуру микропроцессорных контроллеров, которые в них использованы, способных разрабатывать программное обеспечение для применения ОНК-160С на различных многочисленных кранах, как проектируемых заводами-изготовителями, так и находящихся в эксплуатации.

Помимо этого в приборах ОНК-160С изначально, в силу причин, носящих конкурентный характер, был применен интерфейс с нестандартным протоколом обмена информацией для связи с внешними устройствами, например с системой пропорционального электрогидравлического управления краном, поэтому приходилось дополнительно вводить в комплект оборудования специальные блоки согласо-

ТЕКСТ *Л. Каминский, канд. техн. наук, технический директор*
А. Курбаков, заместитель главного конструктора
И. Пятницкий, главный конструктор
И. Фёдоров, канд. техн. наук, директор ООО НПП «ЭГО» (Москва)
М. Затравкин, главный конструктор
М. Игошев, ведущий программист
А. Каминский, генеральный директор
Л. Мухин, директор по производству ООО «Арзамасский электромеханический завод» (Нижегородская обл., г. Арзамас)

Для предотвращения и/или минимизации последствий аварий, инцидентов на опасных производственных объектах (ОПО), с учетом возможной потери жизни и/или здоровья людей введенные в действие Приказом Ростехнадзора от 12 ноября 2013 г. № 533 Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения (ПС)» требуют обязательного соблюдения соответствия оснащённости ПС регистраторами, ограничителями и указателями, указанными в паспорте ПС, а также требованиям обеспечения безопасности технологического процесса, обслуживаемого ПС.



вания (например, в модификациях ОНК-160С-13, ОНК-160С-58), что, очевидно, повышало стоимость и снижало надежность системы безопасности. Относительно невысокая производительность процессора контроллера блока обработки данных (БОИ) и ограниченный объем его внутреннего flash ПЗУ не позволяли реализовать в ОНК-160С необходимые для функционирования разработываемых новейших кранов сложные алгоритмы управляющей программы в реальном масштабе времени, а небогатый набор периферийных устройств контроллера ограничивали функциональные возможности системы. Наконец, при реализации сложных конфигураций координатной защиты, а также для повышения удобства монтажа, настройки и использования системы, а также ее эргономических характеристик предпочтительно использовать графический интерфейс оператора, не предусмотренный в аппаратуре ОНК-160С.

В 2010 г. были завершены заводские испытания системы безопасности грузоподъемного крана ОНК-160СГ с графическим цветным TFT-дисплеем (рис. 1), с блоком управления электрогидравликой с джойстиком, с возможностью подключения различ-

ных видов модемных устройств для приема-передачи информации по радиосвязи, включая GSM/ GPS/ ГЛОНАСС. Данная аппаратура была впервые продемонстрирована на 11-й международной специализированной выставке «Строительная техника и технологии» в 2010 г. в Москве. После четырех лет практической эксплуатации данное оборудование было подвергнуто дальнейшей модернизации в части расширения функциональных возможностей системы безопасности грузоподъемного крана и быстрой адаптации различных периферийных устройств к этой аппаратуре (рис. 1).

Исполнение прибора безопасности ОНК-160С-97 разработано на основе одноплатного компьютера «Тион-Про v2» – законченного решения на базе процессора Cirrus Logic EP9315 с ядром ARM9 (рис. 2).

Отличительными особенностями этого компьютера являются:

- формат PC/104, позволяющий устанавливать плату в ряд стандартных корпусов;
- богатейший набор периферии – один из самых развитых среди ARM процессоров;
- наличие встроенного видеоконтроллера с выходами VGA и на TFT матрицу напрямую;



Рис. 1
Модификация ограничителя грузоподъемности ОНК-160С-97 в кабине автокрана ЗАО «Газпром-Кран» (г. Камышин)

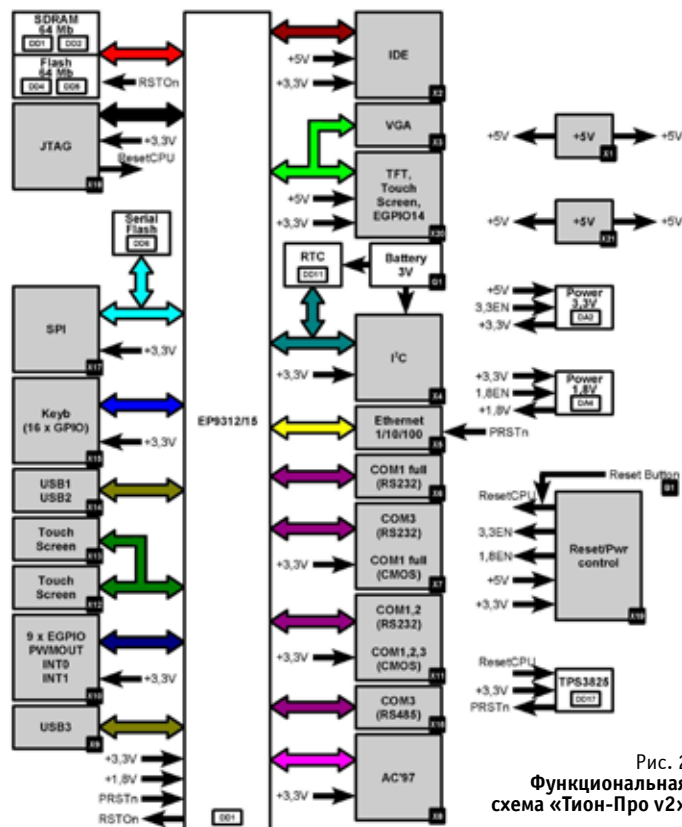


Рис. 2
Функциональная схема «Тион-Про v2»

- единственное питающее напряжение +5 В;
- низкое энергопотребление (два импульсных источника напряжения на плате);
- возможность установки Windows® CE 5.0, Windows® CE 6.0, Linux (вопрос об установке операционных систем в каждом конкретном случае поставки рассматривается отдельно);
- простота в работе: подключаются дисплей, мышь, клавиатура, Ethernet или Wi-Fi (при необходимости) – и система готова к работе как обычный desktop-компьютер.

Основные характеристики платформы «Тион-Про v2»:

- 200 МГц ARM920T процессор EP9315 (Cirrus Logic);
- 100 МГц системная шина;
- 16 кБайт кеш-инструкций;
- 16 кБайт кеш-данных;
- 64 МБайт ОЗУ;
- 64 МБайт ПЗУ (flash);
- последовательное ПЗУ (flash) – 4 Мбит;
- таймер реального времени

Для ООО «АЭМЗ» изготовители одноплатного компьютера «Тион-Про v2» выполнили специальную разводку печатной платы, исключив разъемы X3, X2, X14, X13 и X7 на рис. 2.

В качестве устройств отображения информации в новых модификациях приборов ОНК-160С были использованы TFT ЖК-дисплеи с LED-подсветкой японской фирмы SHARP, полностью соответствующие требованиям эксплуатации в промышленных условиях. Одним из представителей данной продуктовой линейки является дисплей LQ057Q3DG01 с сенсорной панелью и диагональю 5,7 дюймов. В данной серийной модели резистивная сенсорная панель встроена непосредственно в рамку ЖК-модуля и закрывает поверхность LCD-панели без воздушного зазора. Достоинствами данного дисплея, с одной стороны, являются превосходные оптические характеристики: яркость 320 кд/м² наряду с контрастным соотношением 500:1. С другой стороны, slim-конструкция данной панели также весьма привлекательна. При монтажной высоте в 13,8 мм дисплей с сенсорным экраном всего на 1,4 мм выше версии (LQ057Q3DG02) без сенсорного экрана. Благодаря резистивной технологии с тачскрином (touchscreen – сенсорный экран, чувствительный к нажатию) можно работать не только голыми руками, но также руками в

перчатках и ручкой. Данная особенность становится решающей для низкотемпературного использования дисплеев в кабине грузоподъемных кранов.

Также панель LQ057Q3DG01 характеризуется повышенной устойчивостью к механическим нагрузкам и расширенным рабочим температурным диапазоном: от -30 до +70 °С, соответствующим температурам кондиционируемых и/или отапливаемых зон кабины крана согласно ГОСТ 32575.2-2013 «Краны грузоподъемные. Ограничители и указатели. Часть 2. Краны стреловые самоходные (ISO 10245-2:1994, NEQ)». Обычные тачскрин-дисплеи чаще всего предназначены для эксплуатации в температурном диапазоне от 0 до примерно +50 °С. Расширенный температурный диапазон достигается из-за специальной конструкции корпуса, который фирма SHARP разработала для ЖК-панелей со светодиодной

Технические характеристики дисплеев LQ057Q3DG01

Размер дисплея	5,7 дюйма/ 14,5 см
Разрешение	320×240 пикселей
Геометрические размеры Размеры активной зоны	144,0×103,8×13,8 мм 115,2×86,4 мм
Яркость	320 кд/м ²
Контрастность	500:1
Количество цветов дисплея	262 144
Температурный диапазон	-30...+70 °С
Интерфейс	CMOS, 18-битовое управление (6 бит/цвет)
Особенности	сенсорный экран
Напряжение питания	+3.3V DC
Ударопрочность	50 г
Виброустойчивость (тест)	5-57 Гц, амплитуда 0,076 мм; 58-500 Гц, ускорение 1g - 11 минут
Масса	230 г

носятся быстрота срабатывания светодиодов даже при очень низких температурах, хорошая регулируемость яркости подсветки во всем диапазоне яркости светодиодов, а также отсутствие высоковольтного инвертора.

Система безопасности грузоподъемного крана (рис. 3) содержит связанные с помощью обще-

расширения входов/ выходов и цифровые датчики 9 измеряемых или контролируемых параметров грузоподъемного крана [2].

Вычислительно-управляющее устройство 2, приспособленное для установки компонентной, многозадачной, многопоточной, многоплатформенной операционной системы с поддержкой реального времени Windows® CE 6.0, содержит: микропроцессорный контроллер 10, оперативное 11 и перепрограммируемое энерго-независимое 12 запоминающие устройства, энергонезависимые часы 13 реального времени, контроллер 14 стандартного последовательного интерфейса CAN и приемопередатчик 15 этого интерфейса для подключения к общему последовательному интерфейсному каналу 1, контроллер 16 стандартного последовательного интерфейса UART, входящий в состав микропроцессорного контроллера 10, и приемопередатчик 17 интерфейса RS-232 для подключения к компьютеру либо другому внешнему устройству, с помощью которого производится программирование и отладка программного обеспечения системы, и несколько стандартных компьютерных портов (USB, COM порт, опционально Ethernet), для подключения к хост-компьютеру либо других внешних устройств, поддерживаемых операционной системой, например, веб-камеры, приемника глобальной спутниковой системы определения координат ГЛОНАСС и/ или GPS, приемопередающего модуля мобильной связи GSM/ GPRS, модуля беспроводной связи и т. д.

Микропроцессорный контроллер 10, приспособленный для выполнения как 32-битно-

го, так и 16-битного набора инструкций, содержит: процессор 18 с сопроцессором для выполнения математических операций с плавающей запятой, устройство 19 прямого доступа к памяти, периферийные устройства 20 (контроллеры универсальной последовательной шины USB, последовательного периферийного интерфейса SPI, I²C шины, последовательного аудиоинтерфейса I²C или AC'97, Ethernet MAC, универсального асинхронного приемопередатчика UART, жидкокристаллического дисплея) для сопряжения с внешними устройствами, однократно программируемое постоянное запоминающее устройство 21 с программой начальной загрузки и входы 22 управления конфигурацией системы и исполнением программы загрузки.

Блок 3 расширения входов/ выходов включает в себя: микропроцессорный контроллер 23 со встроенным аналогово-цифровым преобразователем; формирователь 24 управляющих воздействий; преобразователи 25 сигналов датчиков 8 измеряемых или контролируемых параметров грузоподъемного крана; входящий в состав микропроцессорного контроллера контроллер 26 последовательного интерфейса и приемопередатчик 27 этого интерфейса для подключения к общему проводному или беспроводному интерфейсному каналу.

Для обеспечения возможности параллельного выполнения нескольких процессов при реализации сложных алгоритмов в реальном масштабе времени микропроцессорный контроллер 10 имеет еще один процессор (процессорное ядро) 28.

Для ограничения несанкционированного использования крана и предотвращения нежелательного вмешательства в работу системы безопасности данная система может быть снабжена (по отдельному заказу) приемником 29 идентификатора оператора и уровня доступа, подключенным к вычислительно-управляющему устройству 2.

Система безопасности грузоподъемного крана (рис. 4) работает следующим образом.

В однократно программируемое запоминающее устройство 21 микропроцессорного кон-



Рис. 3
Комплект аппаратуры ОНК-160 с TFT ЖК-дисплеем, блоком расширения, джойстиком, датчиками давления, длины стрелы, азимута

подсветкой. Благодаря непосредственному температурному контакту LED-системы задней подсветки с механическими частями корпуса дисплея избыточное тепло от системы задней подсветки отводится на заднюю стенку ЖК-модуля и затем рассеивается в окружающей среде.

В результате LQ057Q3DG01, как, впрочем, и все дисплеи с LED-подсветкой фирмы SHARP, сочетают устойчивость к внешним воздействиям, необходимую для промышленного применения, с преимуществами, предоставляемыми светодиодной подсветкой, по сравнению, например, с CCFL-подсветкой (Cold Cathode Fluorescent Lamps – флюоресцентные лампы с холодным катодом). К таким преимуществам от-

го мультиплексного последовательного канала передачи данных 1 вычислительно-управляющее устройство 2 и блок 3 расширения входов/ выходов, а также подключенные к вычислительно-управляющему устройству 2 через устройства 4 согласования устройство отображения информации в виде дисплея 5, звуковой сигнализатор 6 и устройство 7 ввода команд и информации (рис. 4). Система содержит также стандартные датчики 8 измеряемых или контролируемых параметров грузоподъемного крана с дискретными и аналоговыми выходными сигналами (положения крюковой обоймы, рукояток управления, азимута, параметров силового агрегата и др. от ОНК-160С), подключенные к блоку 3

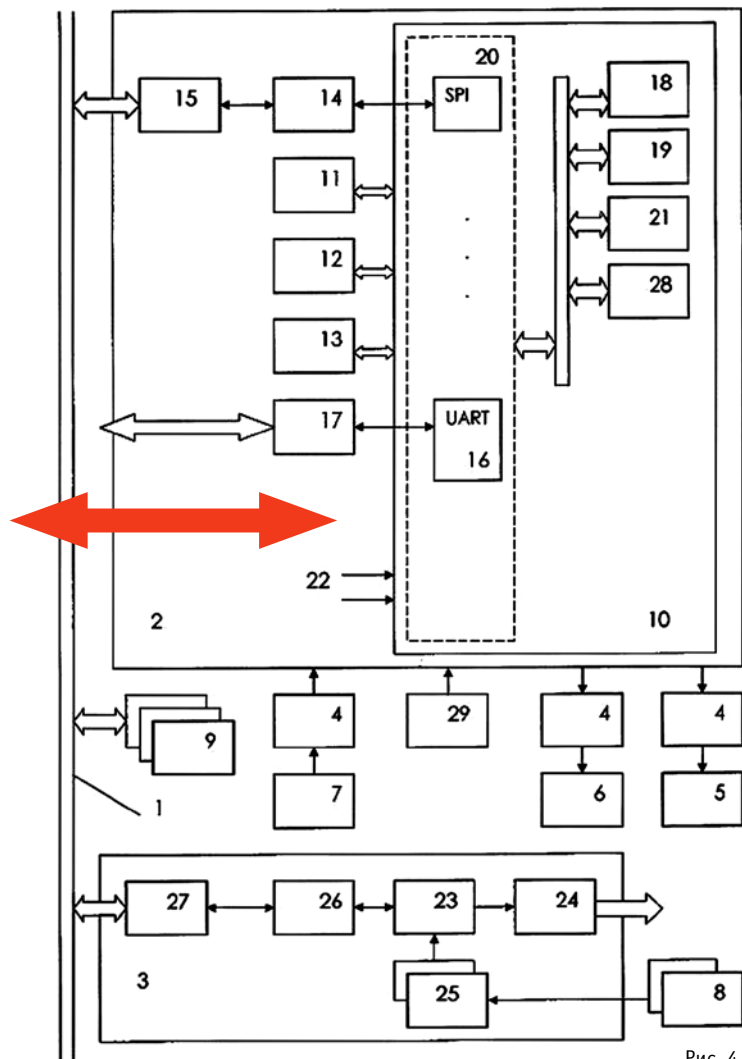


Рис. 4
Блок-схема модернизированной системы безопасности грузоподъемного крана ОНК-160С

троллера 10 прошивается программа начальной загрузки мачочным способом либо по JTAG интерфейсу с последующим пережиганием перемычки, либо иным способом, исключаящим последующее изменение этой области памяти. В перепрограммируемое энергонезависимое запоминающее устройство 12 устанавливается операционная система реального времени.

Алгоритм работы системы безопасности определяется рабочей программой, подготовленной на компьютере в пользовательской среде, например, с использованием программного комплекса Code Composer Studio фирмы Texas Instruments. Причем в связи с наличием операционной системы в вычислительно-управляющем устройстве 2 при разработке рабочей программы нет необходимости в глубоких знаниях архитектуры примененных в системе микропроцессорных контрол-

леров. Полученный программный код заносится в энергонезависимое запоминающее устройство 12 из компьютера, подключенного с помощью стандартного последовательного интерфейса RS-232 (COM-порт) к вычислительно-управляющему устройству 2 через приемопередатчик 17. Сформированный программный код может быть предварительно зашифрован для предотвращения использования его посторонними лицами. Загрузка программного кода в энергонезависимое запоминающее устройство 12 производится под управлением программы-загрузчика, которая осуществляет проверку сертификата и производит дешифровку загружаемого кода рабочей программы. После программирования, установки и подключения составных частей системы на кране она готова к работе.

При включении питания под управлением программы-загруз-

чика производится загрузка операционной системы и рабочей программы в оперативное запоминающее устройство 11. Причем источник, из которого производится загрузка, и порядок загрузки определяются состоянием входов 22 управления конфигурацией системы, что позволяет загружать только те программные модули, которые соответствуют данной конкретной конфигурации системы безопасности и рабочей программе, и снижает требования к объему оперативного запоминающего устройства 11.

Программа начальной загрузки в зависимости от состояния входов 22 управления конфигурацией системы позволяет загружать операционную систему в оперативное запоминающее устройство из перепрограммируемой энергонезависимой памяти для ее исполнения или записывать образ операционной системы в энергонезависимую память при ее начальной установке, получая данные от хост-компьютера по одному из стандартных компьютерных портов.

После завершения процесса загрузки запускается программа самодиагностики системы безопасности. В процессе загрузки и самодиагностики микропроцессорный контроллер 10 не формирует команды разрешения движений крана. Микропроцессорный контроллер 10 также опрашивает приемник 29 идентификатора оператора и уровня доступа и сравнивает коды доступа, содержащиеся в этой информации, с хранящимися в однократно программируемом

запоминающем устройстве 21, либо в перепрограммируемом энергонезависимом запоминающем устройстве 12.

После завершения самодиагностики системы, в случае подтверждения прав оператора, запускается рабочая программа, определяющая алгоритм функционирования системы безопасности, либо программа настройки (при получении соответствующего сигнала от устройства 7 ввода команд и информации).

В процессе выполнения рабочей программы микропроцессорный контроллер 10 опрашивает через общий канал 1 последовательного интерфейса значения рабочих параметров крана, измеренных датчиками 8 и 9.

На основании принятых сигналов от датчиков 8 и 9 микропроцессорным контроллером 10 производится вычисление рабочих параметров крана и анализ его состояния, определяются разрешенные и опасные движения. В зависимости от результатов этого анализа микропроцессорный контроллер 10 формирует информацию о разрешенных движениях крана, возможных скоростях движений и т. п., которая по общему интерфейсному каналу 1 передается в микропроцессорный контроллер 23 блока 3 расширения

управляющие выходные сигналы (релейные, ШИМ, аналоговые). Для согласова-



ния вида и уровня этих сигналов с параметрами исполнительных управляющих устройств грузо-подъемного крана к выходам контроллера 23 подключен формирователь 24 управляющих воздействий. Разрешаются только те движения крана, которые безопасны в данный момент.

Одновременно микропроцессорным контроллером 10 осуществляется формирование сигналов управления устройством отображения информации – дисплеем 5 и звуковым сигнализатором 6, а также формирование в выделенной области оперативного запоминающего устройства информации для ее отображения на дисплее. Сформированная информация пересылается из этой выделенной области памяти в устройство отображения информации с помощью устройства 18 прямого доступа к памяти. Ход исполнения программы и отображения параметров контролируется с помощью устройства 7 ввода команд и информации.

Микропроцессорный контроллер 10 может также производить запись и хранение в специально выделенной области перепрограммируемого энерго-независимого запоминающего устройства 12 рабочих параметров крана и данных об операто-

ре (регистрация параметров), которая затем может быть считана в компьютер для расшифровки и последующей обработки непосредственно через приемопередатчик 17 стандартного последовательного интерфейса, либо с помощью специализированного считывающего устройства, подключаемого к вычислительно-управляющему устройству 2 с помощью проводного или беспроводного интерфейса. Регистрируемые рабочие параметры крана выполнены в виде таблицы базы CEDB в ОС Windows® CE 6.0, которая работает под управлением СУБД Microsoft SQL Server. По запросу от хост-компьютера, сформированному с помощью структурированного языка запросов (SQL), по каналам связи GSM/GPRS из вычислительно-управляющего устройства 2 передаются только те данные, которые отвечают критериям запроса, например, за определенный промежуток времени, при превышении какого-либо параметра заданного значения и т. д., причем все функции отбора данных и передачи берет на себя СУБД.

При полной взаимозаменяемости с блоком обработки (БОИ) данных ОНК-160С (с монохромным четырехстрочным ЖКИ, выпускаемым в настоящее время),

БОИ нового прибора имеет ряд преимуществ, а именно:

- существенно увеличена его память, причем с возможностью ее наращивания, что позволяет производить накопление оперативной информации о работе крана и его механизмов в течение всего срока службы крана;
- увеличены быстродействие прибора и его надежность, оборудование имеет защиту от несанкционированного доступа (в качестве опции);

- стали более удобны монтаж, настройка, ремонт и сервисное обслуживание системы;
- обеспечивается возможность программирования данной аппаратуры широким кругом специалистов;

- имеется возможность сопряжения системы безопасности с различными видами модемных устройств для приема-передачи информации по радиосвязи, включая GSM/ GPRS/ GPS/ ГЛОНАСС, предусмотрена передача оперативной информации для заинтересованных лиц, а также возможно дистанционное блокирование работы ОНК с целью недопущения работы крана при определенных условиях (штормовое предупреждение и т. д.);

- улучшены эргономика прибора (без существенного удоро-

жания) в связи с наличием сенсорной панели на графическом дисплее, а также наглядность выводимой информации, в частности, о работе крана в условиях координатной защиты с отображением зон возможной работы крана и местонахождения его рабочих органов с привязкой к строительной площадке;

- обеспечивается возможность подключения различного рода компьютерных устройств, например компьютерной клавиатуры, что упрощает ввод данных в память прибора;

- перепрограммирование БОИ осуществляется через USB-порт, через который также считывается информация из регистратора параметров на практически любой вид накопителя с десятков грузоподъемных кранов, вместо стандартного считывателя СТИ-3 для ОНК-160С, в котором память ограничена лишь 256 кБ и имеется возможность хранения информации всего с одного крана.

Описанная выше система безопасности для грузоподъемных кранов по техническим параметрам не уступает аналогичному оборудованию известных мировых фирм-производителей, таких как PAT-Hirschmann, The Greer Company, Rayco Wylie Systems, Loadwise International Limited, Robway Crane Safety Systems Pty LTD, Tadano-Faun, Liebherr, Load Systems International, причем стоимость ее существенно ниже.

Арзамасский электромеханический завод совместно с ООО НПП «ЭГО» постоянно занимаются совершенствованием своей продукции и подавляющее большинство своих инновационных разработок доводят до практического воплощения.

Литература

В.А. Алексанкин, Ю.И. Гудков, И.Г. Фёдоров, Л.С. Каминский, С.Н. Неговлов. «Ограничители серии ОНК-160 для грузоподъемных машин». – Механизация строительства, 2009 г., № 6, стр. 24–25.

А.В. Ерзутов, М.И. Затравкин, Л.С. Каминский, А.В. Курбаков, И.А. Пятницкий, И.Г. Федоров. «Система безопасности грузоподъемного крана». – Патент РФ на полезную модель № 91062. – БИ № 3 от 21.01.2010 г.

