

2. Дизель-поезда с механической передачей // Железные дороги мира. 2006. №10. С.25-27.
3. Шафи Надери Али Асгар. Современные дизель-поезда // Железные дороги мира. 2003. №12. С.22-33.
4. Локомотив для Европы без границ // Железные дороги мира. 2008. №4. С.35-41.
5. Кулагін Д.О. Проектування систем керування тяговими електропередачами моторвагонних поїздів. Бердянськ: ФО-П Ткачук О. В., 2014. 154 с.
6. Алексеев А.Е., Бурков А.Т., Рудаков Б.В. Новое направление в тяговом приводе для электроподвижного состава // Усовершенствование систем электрического подвижного состава / Сб. науч. тр. Ленингр. ин-т инж. ж.-д. трансп. Л., 1972. №336. С.3-13.
7. Андриенко П.Д., Лобода В.Д., Мищенко А.В. Преобразователи частоты для электропередачи железнодорожного транспорта // Электротехника та електроенергетика. 2001. №1. С.55-58.
8. Басов Г.Г., Фалендиш А.П. Використання дизельного рухомого складу в приміському русі // Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов». 2003. №47. С.201-206.
9. Кулагін Д.О., Качур О.С., Андриенко П.Д. Розробка моделі модернізованого частотно-керованого тягового електроприводу зі змінним алгоритмом керування дизель-потяга ДЕЛ-02 // Електротехніка та електроенергетика. 2010. №1. С.30-34.
10. Носков В.И., Дмитренко В.Д., Заполовский Н.И., Леонов С.Ю. Моделирование и оптимизация систем управления и контроля локомотивов. Харьков: ХФИ «Транспорт Украины», 2003. 248 с.
11. Орловский И.А., Кулешов А. Н. Учет упругих связей и распределенной нагрузки при векторном управлении асинхронным тяговым приводом дизель-поезда // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. В. Лазаряна. 2007. №19. С.209-213.
12. Силовой агрегат Powerpack дизель-поезда Talent // Железные дороги мира. 2002. №2. С.21-23.
13. Тищенко А.И. Справочник по электроподвижному составу, тепловозам и дизель-поездам. М.: Транспорт, 1976. Т.1. 432 с.
14. Congfeng Jiang, Congfeng Jiang, Xianghua Xu, Jian Wan, Xindong You. Energy Management for Microprocessor Systems: Challenges and Existing Solutions // International Symposium on Intelligent Information Technology Application Workshops. 2008. pp.1071-1076.
15. Кулагін Д.О. Спосіб апроксимації кривої намагнічування тягового асинхронного двигуна // Електротехніка та електроенергетика. 2013. №2. С.66-70.

УДК 625.144.5/7

Фокин С.В., Бунаков П.Ю.

НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕВЫХ МАШИН: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Аннотация. В статье дается общее представление о необходимости применения бортовой системы мониторинга и диагностики на железнодорожных путевых машинах. Приводится методика выделения групп элементов, подлежащих диагностированию. Предлагается структурная схема, принцип организации человеко-машинного интерфейса и способ внедрения современной системы мониторинга и диагностики на железнодорожных путевых машинах.

Ключевые слова: система мониторинга и диагностики, путевые машины, диагностирование, человеко-машинный интерфейс.

Железные дороги – основная стратегическая транспортная сеть практически любого государства. Ритмичность и интенсивность железнодорожных перевозок является главным фактором, определяющим состояние экономики страны, поэтому состояние железнодорожного полотна служит ключом к обеспечению эффективного грузооборота. Для решения соответствующего комплекса проблем используются различные путевые машины. По этой причине, одним из важных направлений работы в железнодорожной отрасли является совершенствование специального подвижного состава. Высокая производительность и надежность машин дает возможность постоянно поддерживать состояние полотна в требуемом состоянии, гарантирующем высокий темп передвижения транспорта. Неисправность путевой машины часто приводит к значительным убыткам, поскольку нарушение графика ремонтных работ вызывает сбои в расписании движения поездов.

С развитием технологий ремонта и обслуживания пути, в конструкциях специального подвижного состава появляются новые агрегаты и узлы. Это приводит к повышению производительности путевых машин и снижению эксплуатационных затрат, а также дает возможность замены планового ремонта путевой техники ремонтом с учетом технического состояния подвижного состава. Решение данной задачи требует внедрения современных методов мониторинга, кон-

троля и диагностики, которые позволяли бы своевременно и достоверно оценивать состояние узлов и деталей. Мониторинг текущего состояния путевых машин дает возможность выявить проблемы в их работе ещё до того, как они станут причиной поломки оборудования. В условиях эксплуатации, перспективной является бортовая система мониторинга, обеспечивающая оперативный контроль состояния машины и предоставляющая достоверные данные о работе отдельных узлов в реальном времени. Она должна быть универсальной (адаптируемой к различным типам машин), быстро окупаемой, сравнительно недорогой, максимально простой в эксплуатации и потребляющей минимальное количество энергии [1].

Наиболее сложной задачей при построении систем мониторинга и технической диагностики является выделение групп элементов, подлежащих диагностированию. Для разработки такой системы классификации целесообразно использовать технико-экономические критерии.

В число диагностируемых включаются те элементы подвижного состава, исправность которых в наибольшей степени обеспечивает безопасность движения и работоспособность каждой единицы подвижного состава. Отказы диагностируемых элементов непосредственно вызывают нарушение графика движения поездов, а также приводят к значительным энергозатратам на перевозки. Приоритетными для ди-

агностирования являются элементы, ресурс которых лимитирован. Устранение отказов в этих элементах приводит к длительным простоям подвижного состава и большим материальным затратам.

К недиагностируемым элементам каждой единицы подвижного состава относится оборудование, диагностирование которого экономически нецелесообразно или технически невозможно. Недиагностируемые элементы должны обладать высоким уровнем безотказности, несущественным влиянием отказов на работоспособность подвижного состава, небольшими материальными затратами на устранение отказов. Нецелесообразность диагностирования может обуславливаться значительностью затрат на создание средств диагностирования или методической сложностью разработки средств определения предотказного состояния оборудования с требуемой достоверностью [2].

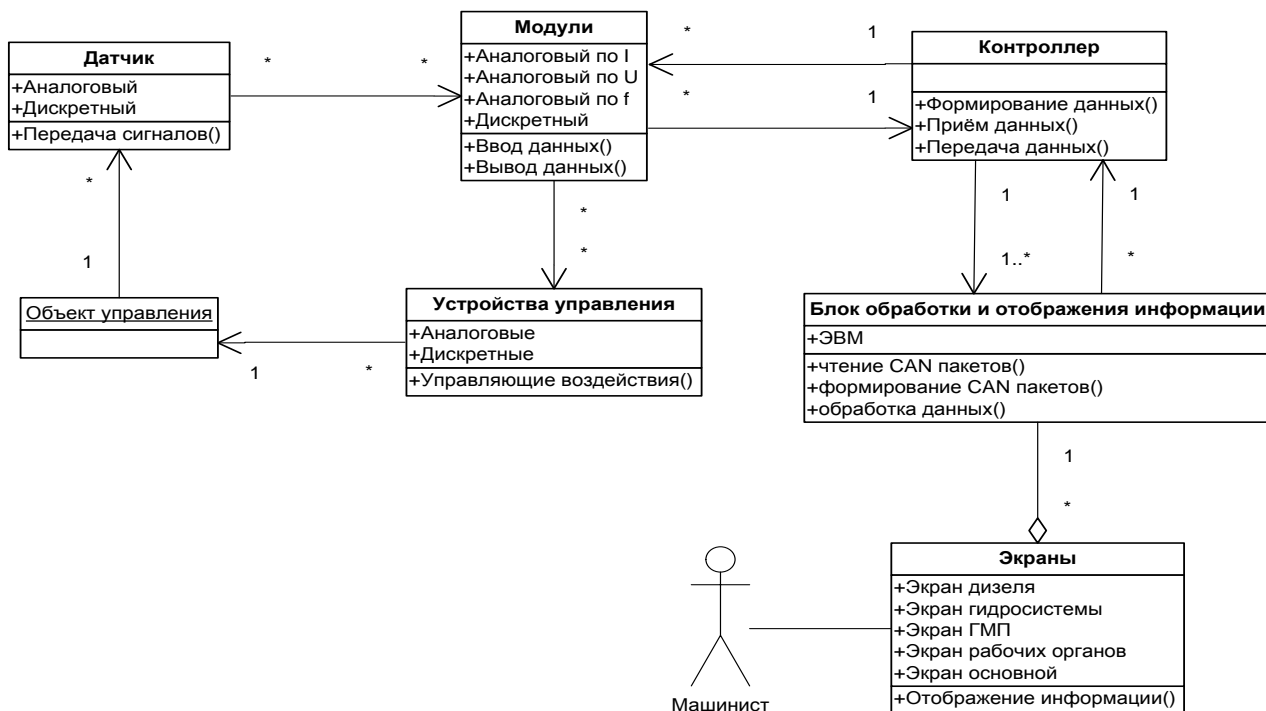
Функциональность системы диагностики в значительной степени зависит от наличия датчиков в цепях путевого машины. Именно они определяют совокупность диагностических сигналов, которые можно использовать при мониторинге технического состояния путевого машины [3].

Для системы мониторинга и диагностики целесообразно выбрать структурную модель, представленную на рисунке. На диагностируемых агрегатах путевого машины расположены датчики, осуществляющие первичное преобразование наблюдаемого параметра в сигнал. Сигнал с датчиков поступает на модули ввода-вывода, входящие в состав блока низкоуровневой обработки данных, которым управляет специализированный контроллер. Модули ввода-вывода имеют достаточно широкий ассортимент и их можно подобрать практически под любой вид датчика. Контроллер,

опрашивая всю линейку модулей ввода-вывода, формирует пакеты данных в соответствующем протоколе (например, CAN), которые содержат информацию обо всех диагностируемых агрегатах путевого машины и передает их в блок обработки и отображения информации (БООИ). Помимо этого он способен принимать данные от БООИ и выдавать управляющие сигналы на модули ввода-вывода. Для реализации человеко-машинного интерфейса и алгоритмов работы системы в целом используется БООИ, основанный на персональной ЭВМ. Он принимает пакеты данных от контроллера и на их основе формирует изображения приборов, наглядно показывающих машинисту состояние агрегатов. Кроме этого, в БООИ происходит анализ состояния агрегатов и формирование управляющих команд. Оконечным звеном структурной модели является монитор системы контроля и диагностики. Именно он обеспечивает непосредственную реализацию человеко-машинного интерфейса. Монитор разделен на тематические экраны, переключение между которыми осуществляется с помощью сенсорных кнопок на этом же мониторе.

Следует заметить, что создание специализированных бортовых систем диагностирования без функций управления представляется нецелесообразным из-за проблем их технического обслуживания, поскольку возможность эксплуатации путевого машины при неработающей системе диагностирования приводит к постепенному выходу машины из строя. Если же диагностирование является одной из функций бортовой системы, то её эксплуатация будет успешной [3].

Человеко-машинный интерфейс автоматизированной информационной системы отражает все те аспекты работы путевого машины, с которыми непо-



Структурная схема системы контроля и диагностики путевых машин

средственно соприкасается пользователь (машинист). Эффективный пользовательский интерфейс должен обеспечивать простоту освоения и запоминания операций, а также быстроту достижения целей, установленных для решаемых системой задач. Особенностью создания человеко-машинного интерфейса бортовой системы диагностики является решение вопросов представления информации в наиболее простых и интуитивно понятных для человеческого восприятия формах. Помимо этого необходимо решить задачи структурирования отображения информации на экране таким образом, чтобы привлечь внимание пользователя к наиболее важным информационным элементам. По этим причинам эффективная реализация пользовательского интерфейса бортовой системы мониторинга и диагностики весьма существенна для обеспечения целевой функции – достижения требуемого качества условий работы машиниста [4].

Поскольку путевая машина является сложным техническим объектом и, следовательно, число контролируемых агрегатов и систем достаточно велико, необходимо разбить приборы на функциональные группы. Рассмотрим решение данной проблемы на примере путевой машины «Распределитель и планировщик балласта РПБ-01» производства ОАО «Калугапутьмаш». В ней выделяется пять групп приборов, отображающих:

- рабочие органы путевой машины;
- состояние агрегатов гидросистемы;
- состояние двигателя;
- состояние агрегатов гидропередачи (ГМП);
- общее текущее состояние машины.

Целесообразно разместить информационные блоки о работе этих приборов на отдельных экранах системы мониторинга для того, чтобы машинист мог работать в требуемом режиме и видеть только необходимые ему в данный момент данные. Переключение между экранами происходит с помощью сенсорных кнопок. Фон, цветовая гамма, внешний вид приборов и их размеры регламентируются «Методика аттестации рабочих мест по условиям труда для локомотивных бригад. МПС России от 25.06.99 № ЦТ-21.2-99». Помимо визуального отображения, обязательно наличие звукового сигнала для информирования об аварийном событии и требования ответной реакции машиниста. Для этого на пульт машиниста вынесена специальная тревожная кнопка, которая при возникновении аварийной ситуации начинает мигать в течение пяти секунд, после чего зуммер издает громкий звук, отключить который можно лишь нажатием на тревожную кнопку. При этом кнопка продолжает светиться до тех пор, пока аварийная ситуация остается актуальной. Такая система оповещения дублируется тревожными сообщениями на мониторе системы диагностики и контроля, а также необходимыми информационными сообщениями. Всё это в комплексе позволяет максимально привлечь внимание машиниста в случае возникновения тревожной ситуации и помогает принять меры по её ликвидации.

В зависимости от условий эксплуатации, специ-

фики работы путевой машины и климатических условий, рабочие зоны агрегатов могут различаться. К примеру, в соответствии с заводскими техническими требованиями частота оборотов двигателя в рабочем режиме должна быть не менее 1000 об./мин. В том случае, когда машина будет работать в зоне пониженных температур, минимальная частота работы двигателя составляет уже 1100 об./мин., и при 1000 об./мин. не все агрегаты путевой машины могут функционировать. Следовательно, если машина будет работать в северных условиях, то необходимо изменить границу допустимых значений параметра оборотов двигателя. Интерфейс должен позволять сделать это силами обслуживающего персонала путевой машинной станции (ПМС), которая эксплуатирует данную путевую машину. В противном случае, если функцию изменения допустимых границ приборов сможет выполнить только разработчик программы, обслуживание системы контроля и диагностики будет затруднительно и экономически неоправданно дорого. Аналогичная ситуация имеет место с тарировкой датчиков. В процессе эксплуатации характеристики различных датчиков могут изменяться, поэтому возникает необходимость в их тарировке. Данная задача должна решаться силами обслуживающего персонала ПМС, а не специалистами фирмы-разработчика. Другими словами, человеко-машинный интерфейс системы контроля, диагностики и управления путевой машины, помимо наглядного отображения информации о состоянии агрегатов, должен обеспечивать возможность выполнения необходимых корректировок собственных параметров настройки.

Поскольку реализация человеко-машинного интерфейса напрямую связана с разработкой программного обеспечения (ПО), необходимо обеспечить защиту программ от нежелательных вмешательств. Кроме этого необходимо вести журнал событий и хранить его в зашифрованном виде, чтобы обеспечить возможность восстановления цепи событий в случае поломки или какого-либо происшествия на путевой машине. Для этих целей операционная система (ОС) системы контроля и диагностики работает в защищенном режиме, то есть все изменения происходят только в оперативной памяти, и при перезагрузке ОС возвращается в заданное разработчиком состояние. В то же время ПО БОИ постоянно с заданной периодичностью записывает данные в зашифрованном виде на диск, где они хранятся в течение определенного промежутка времени и могут быть проанализированы обслуживающим персоналом.

Система контроля и диагностики включает в себя самые различные элементы – от первичных преобразователей параметров (датчиков) до интерфейса машиниста, поэтому целесообразно разделить программное обеспечение на программу низкого уровня, осуществляющую сбор сигналов датчиков и преобразующую их в пакеты, доступные для обработки программой высокого уровня, которая, в свою очередь, обеспечит реализацию человеко-машинного интерфейса. Подробное разделение повышает надежность

ПО, а, следовательно, и всей системы в целом, а также позволяет распределить вычислительную нагрузку между контроллером низкого уровня и ЭВМ БООИ. Для регулирования нагрузки на контроллер возможно регулировать частоту опроса модулей ввода-вывода. Например, опрос модулей, получающих быстроизменяющиеся данные (частота вращения двигателя и т.п.), происходит в несколько раз чаще, нежели опрос модулей, следящих за медленноменяющимися параметрами (температура двигателя и т.п.).

Связь между контроллером и БООИ происходит по протоколу CAN. Это обусловлено хорошей помехоустойчивостью CAN-канала, его распространенностью в транспортной сфере и высокой степенью надежности [5].

Предлагаемая система диагностики может быть установлена как на разрабатываемую перспективную путевую технику, так и на серийно производимую. Однако удобнее процесс внедрения и наладки выполнять на новых машинах, чтобы иметь возможность внесения корректив в конструкторскую документацию для обеспечения оптимального расположения блоков системы на борту машины.

Рассмотренная система является современной системой контроля и диагностики путевой машины для

соответствующих условий эксплуатации. Она отличается от существующих применением современных более производительных модулей и высокой степенью универсальности, что позволяет использовать её для любых путевых машин самого различного назначения. Важным преимуществом системы является минимальное время, необходимое на ее адаптацию к заданным техническим параметрам.

Список литературы

1. Коровина М.С. Перспективы применения систем тестово-функционального мониторинга специального самоходного подвижного состава в условиях эксплуатации // Системы автоматизированного проектирования на транспорте / 2 междунар. науч.-практ. семинар студентов, аспирантов и молодых ученых. Спб.: 2011. С.14-16.
2. Наговицын В.С., Калмыков А.А., Елфимов В.И. Комплексная информационно-измерительная система технического диагностирования подвижного состава // Автоматика, связь, информатика. 1999, №10. С.46-48.
3. Липа К.В. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых микропроцессорных систем управления. М.: ТМХ-Сервис, 2013. 155 с.
4. Чигирева И.В. Методы и средства создания человеко-машинного интерфейса мультимедийных автоматизированных обучающих систем: дис. ... канд. техн. наук. Пенза: ПГУ, 2005. 241 с.
5. IXXAT Automation GmbH. Сравнение CAN и RS-485. URL: [www.datamicro.ru/download/CAN_vs_RS485\[EA,%20rus\].pdf](http://www.datamicro.ru/download/CAN_vs_RS485[EA,%20rus].pdf). Дата обращения [14.04.2013].

Сведения об авторах

Фокин Сергей Владимирович – аспирант, Московский государственный областной социально-гуманитарный институт, инженер-программист, ОАО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава», г. Коломна, Россия. Тел: +7-916-983-45-29. E-mail: Sergei-Kolomna@mail.ru.

Бунаков Павел Юрьевич – д-р техн. наук, проф. кафедры «Информатика», Московский государственный областной социально-гуманитарный институт, г. Коломна, Россия. Тел: +7-916-679-38-86. E-mail: pavel_jb@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

RELIABILITY OF RAILWAY TRAVELLING MACHINES OPERATION: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Fokin Sergey Vladimirovich – Postgraduate Student, Moscow State Regional Social and Humanitarian Institute, Software Engineer, JSC «Research and Design-technology Institute of a Rolling Stock», Kolomna, Russia. Phone: +7-916-983-45-29. E-mail: Sergei-Kolomna@mail.ru.

Bunakov Pavel Yur'evich – D.Sc.(Eng.), Professor, Department «Informatics», Moscow State Regional Social and Humanitarian Institute, Kolomna, Russia. Phone: +7-916-679-38-86. E-mail: pavel_jb@mail.ru.

Abstract. The article gives an overview of the need for on-board monitoring and diagnostic system for railway track machines. The technique of separation of groups of elements to be diagnosis. Offered a block diagram organizing principle of human-computer interface and method of implementing a modern system for monitoring and diagnosis on railway track machines.

Keywords: Monitoring and diagnostic system, railway track maintenance machines, diagnostic, human-computer interface.

References

1. Korovina M.S. Perspektivy primeneniya sistem testovo-funktional'nogo monitoringa special'nogo samohodnogo podvizhnogo sostava v usloviyah jekspluatatsii [Prospects for the use of test systems and functional monitoring of special self-propelled rolling stock in service conditions] // Sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya na transporte [Computer-Aided Design at Transport] / 2 mezhdunar. nauch.-prakt. seminar studentov, aspirantov i molodykh uchenykh [2 international scientific and practical seminar of students, graduate students and young scientists]. St. Petersburg., 2011, pp.14-16.
2. Nagovicyn V.S., Kalmykov A.A., Elfimov V.I. Kompleksnaja informacionno-izmeritel'naja sistema tehničeskogo diagnostirovaniya podvizhnogo sostava [Comprehensive information-measuring system of technical diagnostics of rolling stock] // Avtomatika, svjaz', informatika [Automation, communication, computer science]. 1999, no.10. pp.46-48.
3. Lipa K.V. Monitoring tehničeskogo sostojanija lokomotivov po dannym bortovyh mikroprocessornyh sistem upravlenija [Monitoring the technical condition of locomotives according onboard microprocessor control systems]. Moscow: TMH-Servis, 2013, 155p.
4. Chigireva I.V. Metody i sredstva sozdaniya čeloveko-mashinnogo interfejsa m'ultimedijnyh avtomatizirovannyh obučajushih sistem [Methods and tools for creating HMI multimedia automated training systems]. Penza: PSU, 2005, 241p.
5. IXXAT Automation GmbH. Sravnenie CAN i RS-485 [IXXAT Automation GmbH. Comparing CAN and RS-485]. [Online]. Available: [www.datamicro.ru/download/CAN_vs_RS485\[EA,%20rus\].pdf](http://www.datamicro.ru/download/CAN_vs_RS485[EA,%20rus].pdf) [2013, April 14].