



И. К. Лакин¹, И. Ю. Хромов²

¹ Дорожный центр внедрения Красноярской железной дороги, г. Красноярск, Российская Федерация

² Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва, Российская Федерация

Дата поступления: 27 мая 2019 г.

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ ЗАЩИТ ЛОКОМОТИВОВ ОТ ОПАСНЫХ РЕЖИМОВ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация. Нарушения режимов эксплуатации на сети железных дорог России носят массовый характер. Примерно 1/3 от общего числа unplanned ремонтов происходит из-за таких нарушений. Современные отечественные локомотивы оборудованы микропроцессорными системами управления, основная задача которых – управление тяговым приводом. Для реализации автоматических и автоматизированных процессов управления в цепи обратной связи используют данные с датчиков, установленных в цепях и на оборудовании локомотивов. Датчики измеряют ток, напряжение, давление, температуру, линейную скорость и угловую скорость, бинарные параметры (например, включено / выключено) и др. Основные параметры управления и сигналы с датчиков сохраняются в памяти микропроцессорных систем управления, как правило, на жестком диске бортового компьютера (блока индикации), установленного в кабине машиниста. Реализация алгоритмических защит в бортовых микропроцессорных системах управления локомотивов должна значительно снизить количество нарушений режимов эксплуатации (оповещение локомотивной бригады с фиксацией инцидента в памяти микропроцессорной системы управления), а некоторые нарушения предотвратить полностью, за счет исключения возможности нарушить режимы эксплуатации локомотива (алгоритмы, не допускающие выход контролируемых параметров за пределы допустимых режимов работы). Таким образом, установка алгоритмических защит должна существенно повлиять на повышение надежности локомотивов. В статье приводится обоснование установки алгоритмических защит на локомотивах, оборудованных микропроцессорной системой управления.

Ключевые слова: алгоритмические защиты; нарушения режимов эксплуатации; локомотив; техническое обслуживание и ремонт; микропроцессорная система управления.

I. K. Lakin¹, I. Yu. Khromov²

¹ Krasnoyarsk railway introduction centre, Krasnoyarsk, the Russian Federation

² Russian University of Transport (RUT (MIIT)), Moscow, the Russian Federation

Received: May 27, 2019

THE RATIONALE FOR ALGORITHMIC PROTECTION OF LOCOMOTIVES AGAINST HAZARDOUS OPERATING MODES

Abstract. Violations of operating modes in railways of Russia are widespread. About 1/3 of the total number of unplanned repairs is due to violations of the operation modes. Modern domestic locomotives are equipped with microprocessor control systems (MCS), whose main task is to control the traction drive. To implement automatic and automated control processes in the feedback circuit, data from sensors installed in circuits and on the locomotive equipment are used. The sensors measure current, voltage, pressure, temperature, speed and rotation speed, binary options (for example, on/off), etc. The main control parameters and signals from the sensors are stored in the MCS memory - usually on a hard disk of the onboard computer (display unit) installed in the driver's cab. Implementation of algorithmic protection in on-board MCS locomotives should significantly reduce the number of violations of the operation modes (alerting the locomotive crew while recording the incident in the MCS memory), and, with respect to certain violations, it should prevent them completely by eliminating the ability to violate the operating modes of the locomotive (algorithms that do not allow the controlled parameters to exceed the acceptable operation modes). Thus, installing algorithmic protection should have a significant impact on the improvement of reliability of locomotives. The article substantiates the installation of algorithmic protection on locomotives equipped with the microprocessor control system.

Keywords: algorithmic protection, violation of operating modes, locomotive maintenance and repair.

Введение

Современные отечественные локомотивы оборудованы микропроцессорными системами управления (МСУ), основная задача которых – управление тяговым приводом. Для реализации автоматических и автоматизированных процессов

управления в цепи обратной связи используют данные с датчиков, установленных в цепях и на оборудовании локомотивов. Датчики измеряют ток, напряжение, давление, температуру, линейную скорость и угловую скорость, бинарные параметры (например, включено / выключено) и др.



Основные параметры управления и сигналы с датчиков сохраняются в памяти МСУ, как правило, на жестком диске бортового компьютера (блока индикации), установленного в кабине машиниста.

Собираемую в МСУ информацию можно использовать не только для управления приводом, но и для мониторинга технического состояния локомотивов и режимов их эксплуатации. В группе компаний «ЛокоТех» накоплен уникальный опыт диагностирования по данным МСУ, для чего в 2012–2015 гг. в сервисных локомотивных депо были созданы группы диагностики, которые выявляли как отказы и предотказы, так и нарушения режимов эксплуатации локомотивов [1–4]. Диагностическая информация МСУ в настоящее время используется на постоянной основе при планировании технического обслуживания и ремонта (ТОиР) локомотивов в сервисных локомотивных депо (СЛД) «ЛокоТех» [5–8]. При этом используется автоматизированная система управления (АСУ) технологическими процессами ТОиР АСУ «Сетевой график».

Опыт мониторинга «ЛокоТех» показал, что, к сожалению, имеют массовый характер нарушения режимов эксплуатации (НРЭ) локомотивов, причинами которых являются как низкая технологическая дисциплина и недостаточная грамотность машинистов, так и предельные весовые нормы поездов и низкое качество инфраструктуры (путь, контактная сеть и др.). Поэтому «ЛокоТех» (ТМХ-Сервис) вышел с предложением в ОАО «РЖД» о защите от опасных НРЭ через реализацию в аппаратно-программном обеспечении локомотивов алгоритмов защиты от НРЭ, названных алгоритмическими защитами. Предложение было поддержано. В «ЛокоТех» совместно с ТМХ-Сервис и по согласованию с дирекцией тяги ОАО «РЖД» про-

ведены опытные работы, показавшие высокую эффективность алгоритмических защит. Признано целесообразным продолжить работы.

В рамках выполнения работ по внедрению алгоритмических защит произведен научно-технический анализ целесообразности реализации тех или иных алгоритмических защит. При этом использовалась статистика «ЛокоТех» об НРЭ и отказах оборудования. Определены риски от НРЭ. При этом использованы данные за 2018 г. по следующим сериям локомотивов производства ТМХ-Сервис: 2(3)ТЭ10МК, 2(3)ТЭ116У, 2(3)ТЭ116УД, 2ТЭ25А, 2ТЭ25КМ, 2ЭС4К, 3ЭС4К, 2ЭС5К, 3ЭС5К, 4ЭС5К, ТЭП70БС, ТЭП70У, ЭП1М(П), ЭП2К. В результате предложен комплекс алгоритмических защит и определены датчики, необходимые для их реализации.

Результатом исследования является научно обоснованный каталог алгоритмических защит с указанием необходимых датчиков, устанавливаемых на локомотиве [9].

Нарушения режимов эксплуатации

Рассмотрим самые распространенные НРЭ (рис. 1, 2), взяв за основу статистические данные компании «ЛокоТех» за 2018 г.:

1. Превышение допустимого времени работы дизеля на холостом ходу.

Нарушение заключается в том, что машинист допускает работу дизеля на холостом ходу в течение длительного времени. По инструкции работа на холостом ходу не должна превышать установленного значения по времени. При этом пороговые значения могут быть индивидуальны для каждого типа дизеля и каждой серии тепловоза. Данное НРЭ характерно для всех серий тепловозов.



Рис. 1. Самые распространенные нарушения режимов эксплуатации за 2018 г.

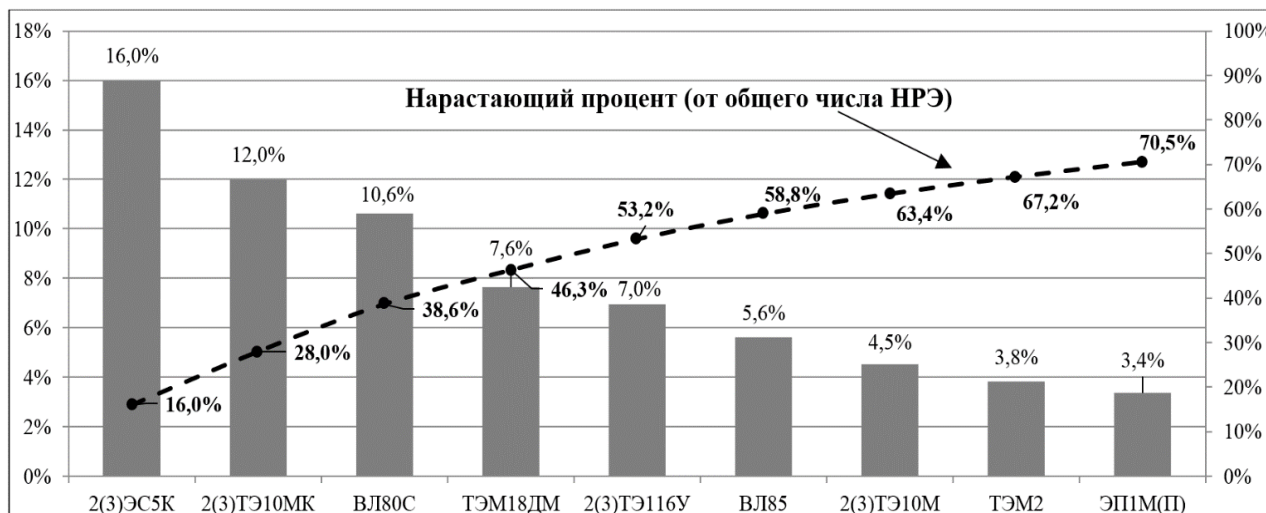


Рис. 2. Распределение нарушений режимов эксплуатации по сериям локомотивов за 2018 г.

По данным за 2018 г. примерно 1,5 % случаев превышения допустимого времени работы дизеля на холостом ходу привели к отказам в течение 40 дней.

2. Следование на лимитирующий подъем с поездом критической массы со скоростью ниже расчетной.

Нарушение заключается в том, что машинист допускает снижение скорости поезда ниже установленного значения на руководящем подъеме с полновесным составом, либо отправляется с поездом, масса которого превышает норму по условиям трогания с места без вспомогательного локомотива. При этом пороговые значения (веса, скорости) могут быть индивидуальными для каждой серии локомотива. Данное НРЭ характерно для всех серий локомотивов.

По данным за 2018 г. примерно 3 % случаев следования с пониженной скоростью привели к отказам в течение 40 дней.

3. Непринятие мер по случаю боксования колесных пар.

Нарушение заключается в том, что во время боксования колесных пар машинист не предпринимает необходимых действий: не снижает позицию контроллера машиниста и не осуществляет подачу песка (если автоподача выключена). Данное НРЭ характерно для всех серий локомотивов.

По данным за 2018 г. примерно 3,5 % случаев боксования привели к отказам в течение 40 дней.

4. Остановка дизеля при превышенной температуре теплоносителей.

Нарушение заключается в том, что машинист выключает дизель при температуре теплоносителей, превышающей допустимое значение. По инструкции машинист должен продолжить работу дизеля на холостом ходу, пока температура не опустится ниже установленного значения. При

этом пороговые значения могут быть индивидуальными для каждого типа дизеля и каждой серии тепловоза. Данное НРЭ характерно для всех серий тепловозов.

По данным за 2018 г. примерно 3 % случаев остановки дизеля при превышенной температуре привели к отказам в течение 40 дней.

Алгоритмические защиты локомотивов

Алгоритмические защиты интегрируются в программное обеспечение бортовых МСУ с целью контроля параметров и работы систем локомотива, и предотвращения ошибочных действий локомотивными бригадами во время эксплуатации. Реализация алгоритмических защит в бортовых МСУ локомотивов должна значительно снизить количество НРЭ (оповещение локомотивной бригады о случившемся факте НРЭ с фиксацией инцидента в памяти МСУ), а некоторые нарушения предотвратить полностью за счет исключения возможности нарушить режимы эксплуатации локомотива (алгоритмы, не допускающие выход контролируемых параметров за пределы допустимых режимов работы, при этом пороговые значения контролируемых параметров могут быть индивидуальными для каждой серии локомотива).

На примере одного из самых распространенных НРЭ (остановка дизеля при превышенной температуре теплоносителей) разберем принцип действия алгоритмической защиты:

1. После поступления команды от машиниста «выключить дизель» проверить температуру теплоносителей (воды и масла).

2. Если температура теплоносителей в норме, то выполнить команду.

3. Если температура превышена, то команду не выполнять и вывести соответствующее сообщение на экран бортового компьютера в кабине



машиниста. Продолжить работу дизеля до достижения требуемой температуры.

Приведем логику срабатывания алгоритмической защиты в виде простейшей блок-схемы (рис. 3).

Возможные последствия данного НРЭ заключаются в снижении интенсивности теплоотвода от элементов дизеля после его остановки, что приводит к перегреву воды и, в свою очередь, ведет к разрушению цилиндрических крышек дизеля и уплотнений водяной системы с последующей течью по контрольным отверстиям (МКО и БКО), повышению интенсивности старения (окисления) дизельного масла вследствие его перегрева.

Негативное влияние наличия неисправного агрегата (узла) на сопрягаемые с ним составные части локомотива - повышенный износ уплотнений водяной системы вследствие перегрева; образование задиров цилиндропоршневой группы и коленчатого вала дизеля, а также вала турбокомпрессора вследствие работы с разжиженным или обводненным дизельным маслом.

Датчики, необходимые для реализации алгоритмических защит

С помощью описанных в отчете [9] алгоритмических защит, возможно предотвратить большинство НРЭ без установки на локомотив дополнительных датчиков. Однако, для реализации защит от всех НРЭ, требуется установка следующих датчиков:

1. Датчик температуры меди в обмотках тягового электродвигателя (ТЭД) – якорная, обмотка главных и добавочных полюсов. Перегрев обмоток ТЭД – один из самых дорогих и, к сожалению, массовых НРЭ, который связан с движением тяжеловесных поездов без достаточных испытаний. Машинисты часто не выдерживают минимально заданную скорость движения на руководящем подъеме, что приводит к перегреву изоляции и ее преждевременному старению с последующим пробоем.

Температура контролируется косвенно по минимальной скорости, которую устанавливают эмпирическим способом.

К сожалению, таких датчиков нет и их реализация проблематична. Однако возможно вычисление температуры по сопротивлению R с использованием формулы:

$$R = R_0(1 + \alpha \times \Delta t),$$

где R_0 – сопротивление при температуре 20 °С, а Δt – разность температур; $\alpha = 0,004$ для меди и алюминия.

2. Датчик температуры окружающей среды – полезен как дополнительный параметр при контроле режимов работы оборудования.

3. Вибродатчики на экипажной части локомотива. Датчики необходимы для контроля динамического воздействия пути (инфраструктуры) на механическую часть локомотива. Сами датчики достаточно известны на рынке, но требуется выполнить научно-исследовательские работы для выбора места их установки.

Заключение

В обосновании установки алгоритмических защит приведены результаты научно-практических исследований, выполненных в Инжиниринговом центре группы компаний «ЛокоТех». В основу лег накопленный в 2012–2019 гг. опыт работы групп диагностики, созданных по заданию председателя совета директоров «ЛокоТех-Сервис» (тогда – «ТМХ-Сервис») в сервисных локомотивных депо, имеющих на обслуживании локомотивы с МСУ и системами диагностики. Именно группами диагностики были выявлены многочисленные нарушения режимов эксплуатации, которые потом были обобщены в Инжиниринговом центре группы компаний «ЛокоТех» (первоначально – в департаменте научно-технического развития ТМХ-Сервис).

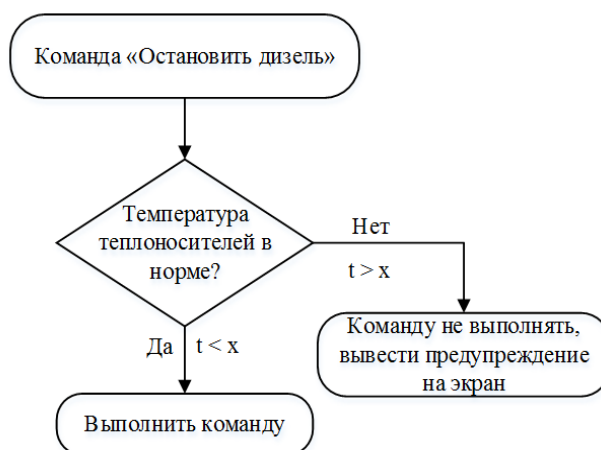


Рис. 3. Блок-схема алгоритмической защиты



Результатом обобщения опыта мониторинга режимов эксплуатации локомотивов по данным МСУ стало распоряжение ОАО «РЖД» № ЦТ-47/р от 1 марта 2016 г. [10], а позже № ЦТ-289/р от 28 декабря 2018 г. [11], в которых был утвержден «Порядок оценки качества эксплуатации и ремонта локомотивов, предполагающий взаимный контроль и повышение прозрачности отнесения виновности за допущенные отказы». Приложением к этому распоряжению является «Классификатор видов и причин нарушений режимов эксплуатации локомотивов, выявляемых в процессе расшифровки данных бортовых локомотивных систем», который и положен в основу разработки настоящего документа.

В заключение следует оценить ожидаемую эффективность предлагаемых алгоритмических защит. Локомотивы на сервисном обслуживании ООО «ЛокоТех–Сервис» оборудованы бортовыми МСУ примерно на 55 %. С учетом фактов вандализма и изъятия съемных носителей в процессе эксплуатации, несвоевременного предоставления файлов из эксплуатационных локомотивных депо

(ТЧЭ), отсутствия дистанционной передачи данных (GSM), отсутствия штатных единиц на пунктах технического обслуживания локомотивов и в сервисных локомотивных депо, а также с частичным сокращением групп диагностики считывание данных МСУ составляет порядка 31 %. С учетом доли оборудованных МСУ локомотивов и данных мониторинга общий процент локомотивов, попавших под мониторинг режимов эксплуатации составляет $55 \cdot 31 = 17$.

В 2018 г. 5,8 % от общего числа неплановых ремонтов, по данным ОАО «РЖД», произошли из-за нарушений режимов эксплуатации (зафиксированы по данным МСУ). С учетом мониторинга можно предположить, что реальная доля неплановых ремонтов, произошедших из-за нарушений режимов эксплуатации, составляет $5,8 / 17 = 34$ %.

Таким образом, более трети всех отказов происходит из-за нарушений режимов эксплуатации. Установка предлагаемых алгоритмических защит должна существенно повлиять на повышение надежности локомотивов [12–15].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мониторинг технического состояния и режимов эксплуатации локомотивов. Теория и практика / под общ. ред. И.К. Лакина. М. : Локомотивные Технологии, 2015. 212 с.
2. Аболмасов А.А. Мельников В.А., Лакин И.И. Алгоритмическая защита локомотивов // Локомотив. 2015. № 3. С. 8–10.
3. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых микропроцессорных систем управления / К.В. Липа, и др. М. : ТМХ-Сервис, 2013. 156 с.
4. Лакин И.И. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых аппаратно-программных комплексов : дис. ... канд. техн. наук. М., 2016. 211 с.
5. Аболмасов А.А. Управление техническим состоянием тягового подвижного состава в условиях сервисного обслуживания : дис. ... канд. техн. наук. М., 2017. 180 с.
6. Пат. 2593729 Рос. Федерация. Способ контроля режимов эксплуатации локомотивов / Липа К.В. и др. № 2015101911/11 ; заявл. 22.01.15 ; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 22. 4 с.
7. Автоматизированная система управления надёжностью локомотивов (АСУНТ). Концепция ТМХ-Сервис / К.В. Липа и др. М. : ТМХ-Сервис, 2012. 160 с.
8. Белинский, А.А., Лакин И.К., Аболмасов А.А. Принцип «Встроенное качество» в информационных системах локомотиворемонтного комплекса // Бюл. результатов науч. исслед. 2015. № 3-4. С. 13–28.
9. Комплексный мониторинг режимов эксплуатации локомотивов и предложения по совершенствованию бортовых МСУ, исключающие ошибочные действия локомотивных бригад : отчет о НИР (промежуточ.) / ООО «ЛокоТех» ; рук. Лакин И.К. М., 2019. 211 с. РТЛС.003.002.001.006К.
10. Порядок оценки качества эксплуатации и ремонта локомотивов, предполагающий взаимный контроль и повышение прозрачности отнесения виновности за допущенные отказы» с приложением «Классификатор видов и причин нарушений режимов эксплуатации локомотивов, выявляемых в процессе расшифровки данных бортовых локомотивных систем : распоряжение ОАО «РЖД» № ЦТ-47/р от 1.03.2016.
11. О внесении изменений в «Порядок оценки качества эксплуатации и ремонта локомотивов, предполагающий взаимный контроль и повышение прозрачности отнесения виновности за допущенные отказы : распоряжение ОАО «РЖД» № ЦТ-289/р от 28.12.2018 : утв. распоряжением № ЦТ-47/Р от 1.03.2016.
12. Кочерга В.Г. Надежность тепловозов : учеб. пособие. Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2012. 66 с.
13. Горский А.В., Воробьев А.А. Надежность электроподвижного состава // М. : УМЦ ЖДТ. 2005. 303 с.
14. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. Введ. 1990–07–01. М. : Изд-во стандартов, 1989. 37 с.
15. Эксплуатация и техническое обслуживание подвижного состава : учеб. пособие / В.И. Киселев и др.; под общ. ред. В.А. Гапановича. М. : ИРИС Групп, 2012. 576 с.

REFERENCES

1. Lipa K.V., Belinskii A.A., Pustovoi V.N., Lyangasov S.L., Abolmasov A.A., Mel'nikov V.A., Lakin I.I., Barkunova A.A., Pustovoi I.V. Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya i rezhimov ekspluatatsii lokomotivov. Teoriya i praktika [Monitoring of technical condition and modes of operation of locomotives. Theory and practice]. Moscow: ООО «Lokomotivnye Tekhnologii» Publ., 2015.



2. Abolmasov A.A., Mel'nikov V.A., Lakin I.I., Algoritmicheskaya zashchita lokomotivov [Algorithmic protection locomotives]. *Lokomotiv [Locomotive]*, 2015, No. 3, pp. 8 – 10.
3. Lipa K.V., Grinenko V.I., Lyangasov S.L., Lakin I.K. et al. Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya lokomotivov po dannym bortovykh mikroprotssessornykh sistem upravleniya [Monitoring of technical condition of locomotives on microprocessor control systems]. ООО «ТМКh-Servis» Publ., 2013, pp. 156.
4. Lakin I.I. Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya lokomotivov po dannym bortovykh apparatno-programmnykh kompleksov. Dissertatsiya na soiskanie uchyonoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Monitoring of technical condition of locomotives on hardware-software complexes. Ph.D. (Engineering) diss.]. RUT (MIIT) Publ., 2016, pp. 211.
5. Abolmasov A.A. Upravlenie tekhnicheskim sostoyaniem tyagovogo podvizhnogo sostava v usloviyakh servisnogo obsluzhivaniya. Dissertatsiya na soiskanie uchyonoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Technical condition management of locomotives in service conditions. Ph.D. (Engineering) diss.], RUT (MIIT) Publ., 2017, pp. 180.
6. Lipa K.V., Grinenko A.V., Lyangasov S.L., Lakin I.K. et al. *Sposob kontrolya rezhimov ekspluatatsii lokomotivov [Way of controlling modes of operation of locomotives]*. Pat. 2593729 RF, MPK B 61 L 27/00, 2006.01; applicant and patentee is «ТМh-Service». No. 2015101911/11; applied 22.01.15; publ. 10.08.2016, Bull. No. 22. 4 p.: il.
7. Lipa K.V., Grinenko V.I., Lyangasov S.L., Lakin I.K., Abolmasov A.A., Mel'nikov V.A. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya nadyozhnost'yu lokomotivov (ASUNT). Kontseptsiya ТМh-Servis [Automated control system reliability of locomotives (ASUNT). ТМh-Service Concept]. ООО «ТМh-Servis» Publ., 2012, 160 p.
8. Belinskii A.A., Lakin I.K., Abolmasov A.A. Printsip «Vstroennoe kachestvo» v informatsionnykh sistemah lokomotivoremontnogo kompleksa [The principle of Integrated quality information systems of locomotive repair complex]. *Byulleten' rezul'tatov nauchnykh issledovaniy [The Bulletin of research results]*, 2015, No. 3-4, pp. 13 –28.
9. Lakin I.K., Khromov I.Yu. Kompleksnyi monitoring rezhimov ekspluatatsii lokomotivov i predlozheniya po sovershenstvovaniyu bortovykh MSU, iskluchayushchie oshibochnye deistviya lokomotivnykh brigad: otchyot nauchno-issledovatel'skoi raboty [Comprehensive monitoring of the modes of operation of locomotives and suggestions for improving on-board microprocessor control systems, excluding the erroneous actions of the locomotive crew: Scientific Research], ООО «LocoTech» Publ., 2019, pp. 211
10. Rasporyazhenie OAO «RZHD» No. CT-47/r ot 1 marta 2016 goda «Poryadok otsenki kachestva ekspluatatsii i remonta lokomotivov, predpolagayushchii vzaimnyi kontrol' i povyshenie prozrachnosti otneseniya vinovnosti za dopushchennye otkazy» s prilozheniem «Klassifikator vidov i prichin narushenii rezhimov ekspluatatsii lokomotivov, vyavlyaemykh v protsesse rasshifrovki dannykh bortovykh lokomotivnykh sistem» [The Decree of Russian Railways No. TsT-47 / r dated March 1, 2016 “Procedure for assessing the quality of operation and repair of locomotives, involving mutual control and increasing transparency of attributing guilt for permitted failures” with the appendix “Classifier of types and causes of violations of locomotive operation modes identified during the decryption of data from onboard locomotive systems”].
11. Rasporyazhenie OAO «RZHD» No. CT-289/r ot 28 dekabrya 2018 goda «O vnesenii izmenenii v «Poryadok otsenki kachestva ekspluatatsii i remonta lokomotivov, predpolagayushchii vzaimnyi kontrol' i povyshenie prozrachnosti otneseniya vinovnosti za dopushchennye otkazy, utverzhdyonnyi rasporyazheniem ot 1 marta 2016 g. No. CT-47/R» [The Decree of Russian Railways OJSC No. ЦТ-289 / r dated December 28, 2018 “On Amendments to the “Procedure for assessing the quality of operation and repair of locomotives, implying mutual control and increased transparency of attributing guilt for permitted failures, approved by order of March 1, 2016 g. No. CT-47 / R”].
12. Kocherga V.G. Nadezhnost' teplovozov: ucheb. posobie [The reliability of the locomotives: a textbook]. Khabarovsk: DVGUPS Publ., 2012, pp. 66.
13. Gorskii A.V., Vorob'yov A.A., Nadyozhnost' elektropodvizhnogo sostava [Reliability of electric rolling stock]. UMC ZHDT Publ., 2005, pp. 303.
14. GOST 27.002-89. Nadyozhnost' v tekhnike. Osnovnye ponyatiya. Terminy i opredeleniya [Dependability in technics. Basic concepts. Terms and definitions]. Intr. 1990-07-01, Izd-vo standartov Publ., 1989, pp. 37.
15. Kiselyov V.I., Gapanovich V.A., Lakin I.K. et al; Ekspluatatsiya i tekhnicheskoe obsluzhivanie podvizhnogo sostava. Ucheb. posobie [Operation and maintenance of rolling stock. A textbook], In Gapanovich V.A. (gen. ed.) IRIS Grupp Publ., 2012, pp. 576.

Информация об авторах

Лакин Игорь Капитонович – д. т. н., профессор, первый заместитель генерального директора АО «Дорожный центр внедрения Красноярской железной дороги», г. Красноярск, e-mail: i.k.lakin@dcv.ru

Хромов Игорь Юрьевич – аспирант кафедры электропоездов и локомотивов, Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва, e-mail: KhromovIYu@yandex.ru

Authors

Igor' Kapitonovich Lakin – Doctor of Engineering Science, Professor, First Deputy General Director of Joint-Stock Company Krasnoyarsk railway introduction centre, Krasnoyarsk, e-mail: i.k.lakin@dcv.ru

Igor' Yur'evich Khromov – Ph.D. student of the Subdepartment of Electric Trains and Locomotives, Russian University of Transport (RUT (MIIT)), Moscow, e-mail: KhromovIYu@yandex.ru

Для цитирования

Лакин И. К. Обоснование необходимости алгоритмических защит локомотивов от опасных режимов их эксплуатации / И. К. Лакин, И. Ю. Хромов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 64, № 4. – С. 102–107. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.4(64). 102-107

For citation

Lakin I. K., Khromov I. Yu. Obosnovanie neobkhodimosti algoritmicheskikh zashchit lokomotivov ot opasnykh rezhimov ikh ekspluatatsii [The rationale for algorithmic protection of locomotives against hazardous operating modes]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie [Modern Technologies. System Analysis. Modeling]*, 2019. Vol. 64, No. 4. Pp. 102–107. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.4(64). 102-107