

УДК 656.257

Сергей Валентинович Бушуев, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Мария Леонидовна Ускова, аспирант кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Антон Николаевич Попов, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА НА НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Sergey Valentinovich Bushuev, PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Automation, Telemechanics and Communication in Railway Transport, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, Mariya Leonidovna Uskova, graduate student, Department of Automation, Telemechanics and Communication in Railway Transport, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg, Anton Nikolayevich Popov, PhD in Engineering, Senior Lecturer, Department of Automation, Telemechanics and Communication in Railway Transport, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg

Impact assessment of technical diagnosis and monitoring systems on performance reliability of railway automation and telemechanics devices in operation

Аннотация

В статье рассмотрены существующие направления оценки влияния средств диагностирования на надежность работы устройств железнодорожной автоматики и телемеханики в эксплуатации и сделан анализ такой оценки с использованием методологии УРРАН.

Ключевые слова: эксплуатационная надежность, интенсивность отказов, системы технической диагностики и мониторинга, устройства железнодорожной автоматики и телемеханики.

Summary

The article examines existing directions of assessment of diagnostic means impact on performance reliability of railway automation and telemechanics (RAT) devices in operation and gives the analysis of such assessment with use of methodology of the resource management and risk analysis of reliability (URRAN system).

Keywords: performance reliability, failure rate, technical diagnosis and monitoring systems, railway automation and telemechanics (RAT) devices.

Бесперебойная организация перевозочного процесса обеспечивается устройствами железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ). В свою очередь, для контроля за их исправной работой создаются специализированные сетевые и дорожные центры, функционирование которых основано на использовании систем технической диагностики и мониторинга (СТДМ), таких как АПК-ДК, АСДК, АДК-СЦБ и др. Деятельность этих центров направлена на снижение количества отказов за счет своевременного выявления предотказных состояний, сокращения времени поиска и устранения отказов, а также на повышение эффективности технического обслуживания устройств ЖАТ при помощи автоматизации [1, 2]. Для автоматизации обслуживания устройств разработчиками СТДМ вводятся в эксплуатацию адаптированные карты технологических процессов, в соответствии с которыми средствами диагностирования выполняется ряд измерений: времени переключения огней светофора с разрешающего показания на более запрещающее, силы тока электродвигателей, параметров электрических рельсовых цепей и др. [3, 4]. Следует отметить, что автоматизация позволяет не только сократить трудозатраты до 20%, но и снизить влияние человеческого фактора, а значит, повысить надежность работы устройств ЖАТ [5].

На 1 января 2013 г. по сети железных дорог России доля станций, оборудованных СТДМ, составила 32, перегонов – 25 % [6], что соответственно на 10 и 2 % больше по сравнению с 2011 г. В настоящее время центры технической диагностики и мониторинга работают на шести железных дорогах:

Октябрьской, Московской, Западно-Сибирской, Северо-Кавказской, Свердловской, Горьковской. До 2015 г. предусмотрено создание подобных центров еще на пяти дорогах [3, 4]. Таким образом, системы диагностирования получают все большее распространение, а значит, должны оказывать влияние на надежность работы устройств ЖАТ.

В настоящее время это влияние определяют на основе: качественной оценки; анализа частных случаев улучшения работы устройств ЖАТ; оценки экономической эффективности.

В процессе качественной оценки рассматриваются общие мнения, делаются выводы о влиянии диагностики на показатели надежности работы устройств. При этом снижение количества отказов, сокращение времени технического обслуживания объясняется результатом эффективного использования средств диагностирования [1]. Тем не менее не стоит забывать, что улучшение параметров надежности работы устройств достигается не только за счет СТДМ, но и за счет их постепенной модернизации, использования малообслуживаемого полного оборудования, обучения персонала [5]. Таким образом, безотказная работа устройств ЖАТ зависит от многих факторов, и качественная оценка не позволяет определить влияние на нее СТДМ.

Частные случаи также свидетельствуют о том, что при использовании средств диагностирования надежность устройств повышается. Например, улучшение работы устройств (с сокращением отказов до 20 %) в первые годы эксплуатации было отмечено на Октябрьской железной дороге после строительства центра технической диагностики и мониторинга (ЦТДМ) [7]. Снижение количества отказов при использовании СТДМ АПК-ДК характерно и для высокоскоростной магистрали Санкт-Петербург — Москва. Данные примеры свидетельствуют об эффективности использования СТДМ, но в то же время следует учитывать, что это образцовые полигоны, частные случаи, и они не дают гарантии получения подобного результата на другом объекте.

В работе [8] влияние диагностики предлагается оценивать через экономический эффект. Создание СТДМ считается оправданным, если максимальные суммарные затраты на строительство, на разработку и адаптацию программного обеспечения, на заработную плату пусконаладочного и обслуживающего персонала будут значительно меньше сэкономленных средств от выявленных предотказов с учетом тяжести их возможных последствий. Оценить экономический эффект от использования СТДМ в эксплуатации за рассматриваемый период наблюдения [0; T] по одной из существующих методик [8] предлагается с помощью выражения

$$\sum_{i=0}^T [p_j \cdot (N - N_{\text{он}} + N_{\text{нн}} + N_{\text{нн}})] + \sum_{i=0}^T (E_{\text{д}})_i > \sum_{i=0}^T K_i, \quad (1)$$

где p_j — средние потери от возникновения одного отказа;
 N — общее число отказов за весь период наблюдения;
 $N_{\text{он}}$ — число обнаруженных и не предотвращенных отказов;
 $N_{\text{нн}}, N_{\text{нн}}$ — число необнаруженных и незафиксированных отказов;
 $E_{\text{д}}$ — экономия средств за рассматриваемый период работы;

K_i — суммарные капитальные затраты за весь период эксплуатации (внедрение, строительство, амортизация, эксплуатация СТДМ).

Однако для расчета экономического эффекта по выражению (1) необходимы данные, информация по которым не всегда известна и доступна.

Таким образом, определить влияние средств диагностирования на надежность работы устройств при эксплуатации затруднительно — на сегодняшний день ни одно из существующих направлений не позволяет это сделать. Поэтому разработка эффективного метода оценки до сих пор остается актуальной проблемой.

В настоящее время на сети железных дорог внедряется методология управления ресурсами, рисками и анализом надежности (УРРАН). Но УРРАН не учитывает влияние СТДМ на безотказность работы устройств ЖАТ. В методологии диагностика не выделяется в отдельный эталонный объект и не учитывается системой поправочных коэффициентов [9].

С использованием методологии УРРАН можно предложить метод, позволяющий оценить влияние СТДМ на основе сравнения показателей надежности работы устройств на станциях, оборудованных и не оборудованных диагностикой. Структурное изображение этого метода представлено на рис. 1.

Сопоставить работу станций, оборудованных и не оборудованных диагностикой, можно по интенсивностям отказов ($\lambda_{\text{ф}}$), интенсивностям времени восстановления ($\mu_{\text{ф}}$) и по времени технического обслуживания ($T_{\text{ф}}$).

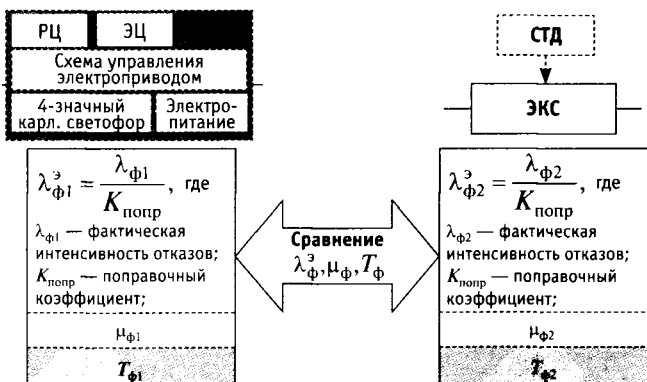
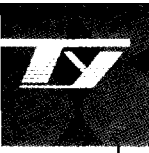


Рис. 1. Метод оценки влияния СТДМ с использованием методологии УРРАН

Сложность сравнения заключается в необходимости учета различных фактических условий эксплуатации ЖАТ и СТДМ. Поэтому к интенсивностям отказов и интенсивностям времени восстановления в методологии УРРАН разработана система поправочных коэффициентов, учитывающая оснащенность ($k_{\text{осн}}$), интенсивность движения ($k_{\text{д}}$) и климатические условия эксплуатации ($k_{\text{к}}$). К сожалению, о возможности применения поправочных коэффициентов к времени технического обслуживания в методологии ничего не говорится. Для сравнения работы станций по времени технического обслуживания и интенсивностям времени восстановления, по мнению авторов, возможна разработка дополнительных коэффициентов, учитывающих



удаленность от центра, квалификацию обслуживающего персонала, укомплектованность дистанции техническими средствами и другие влияющие факторы.

С использованием предложенного метода появляется возможность оценить влияние СТДМ на надежность работы устройств ЖАТ при эксплуатации, а также расширить применение методологии УРРАН.

Для проверки влияния СТДМ на надежность ЖАТ и использования предложенного метода сравним статистические данные по одной из железных дорог за последние три года. Данные по отказам перегонных систем разделим на две группы: оборудованные и не оборудованные диагностикой, по отказам станционных систем — на три группы: релейные системы ЭЦ, оборудованные и не оборудованные диагностикой, и микропроцессорные системы (МПЦ), оснащенные диагностикой.

Влияние СТДМ при опробовании метода оценим сравнением интенсивностей отказов по выделенным группам. При этом ожидаем подтверждения следующих гипотез:

системы, оснащенные СТДМ, за счет своевременного выявления предотказных состояний должны иметь меньшую интенсивность отказов, меньше время поиска и устранения отказов;

МПЦ являются резервируемыми системами со встроенными самопроверяемыми средствами диагностирования, поэтому должны иметь наименьшую интенсивность отказов среди всех выделенных групп ЭЦ [10];

применение коэффициентов УРРАН в процессе обработки данных должно приводить к выравниванию интенсивности отказов релейных и микропроцессорных систем на 1 ЭКС.

Для выделенных групп станционных устройств определим среднюю фактическую интенсивность отказов $\lambda_{ф.ср.}$, приведенную на один эталонный комплекс управления стрелой (1 ЭКС), т.е. с учетом коэффициентов методологии УРРАН, и приведенную на стрелку без учета коэффициентов (1 С), с использованием выражений (2) и (3):

$$\lambda_{ф.ср.1ЭКС} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_{ф.i}}{N_i \cdot k_i}, \quad (2)$$

где n — число рассматриваемых станций;
 $\lambda_{ф.i}$ — фактическая интенсивность отказов на i -й станции;
 N_i — число стрелок на i -й станции;
 k_i — поправочные коэффициенты, для i -й станции, предлагаемые в методологии УРРАН;

$$\lambda_{ф.ср.1С} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_{ф.i}}{N_i}. \quad (3)$$

Аналогично определим среднюю фактическую интенсивность отказов для выделенных групп перегонных устройств, приведенную на один эталонный блок-участок (с учетом поправочных коэффициентов методологии УРРАН — 1 ЭБУ) и на один блок-участок без учета коэффициентов (1 БУ).

Результаты средней фактической интенсивности отказов для перегонных и станционных систем показаны на рис 2.

Полученные результаты средних фактических интенсивностей отказов для перегонных и станционных систем, оборудо-

ванных диагностикой, не подтверждают выдвинутые гипотезы, что можно объяснить наличием неучтенных факторов, сильно действующих на интенсивность отказов.

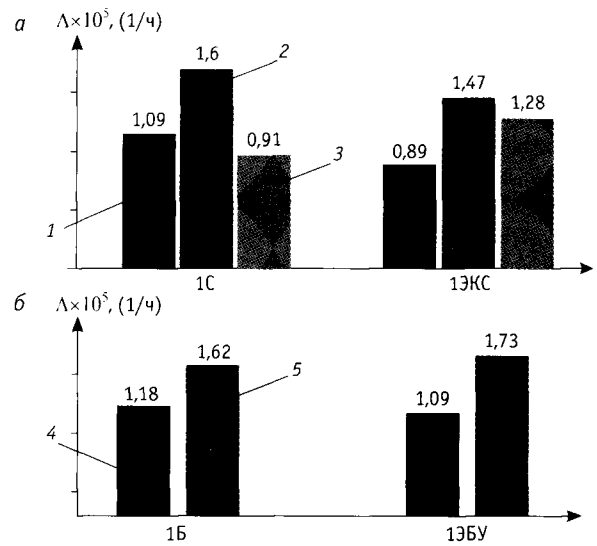


Рис. 2. Среднее значение фактических интенсивностей отказов ($\lambda = \lambda_{ф.ср.}$) для станционных (а) и перегонных (б) систем, $\lambda \cdot 10^5$, (1/ч); 1 — для всех ЭЦ без диагностики; 2 — для релейных ЭЦ с диагностикой; 3 — для МПЦ с диагностикой; 4 — для всех перегонов без диагностики; 5 — для перегонов с диагностикой

Первым фактором может быть снижение качества обслуживания устройств из-за «завышенного ожидания» от использования диагностики на фоне более четкой фиксации фактов отказов. Средствами диагностирования выполняется только измерение и передача обслуживающему персоналу контролируемой информации о параметрах работы устройств для ее последующего анализа и выявления предотказных состояний. К сожалению, часто не уделяется должного внимания зафиксированным системой диагностики фактам предотказов (возможно, из-за их значительного количества и недостатка времени на устранение). Поэтому не стоит забывать, что за работниками дистанций СЦБ никто не выполнит своевременного ремонта и замены оборудования, так как эти функции диагностика не выполняет.

Другим фактором высокой интенсивности отказов по данным статистики для систем, оборудованных диагностикой, может быть период послепусковой приработки. СТДМ внедряются при строительстве ЭЦ последние 10 лет, а для вновь построенных станций существует период приработки, который продолжается до пяти лет и характеризуется наибольшим числом отказов и дефектов [11].

Для проверки гипотезы о влиянии приработки на интенсивность отказов используем данные о времени строительства ЭЦ на станциях. На основе тех же данных и методики найдем интенсивности отказов для групп стрелок (станций) с учетом срока эксплуатации (построенных в разное время). Полученные значения средней интенсивности отказов, приведенной на стрелку по периодам строительства, изображены на рис. 3.

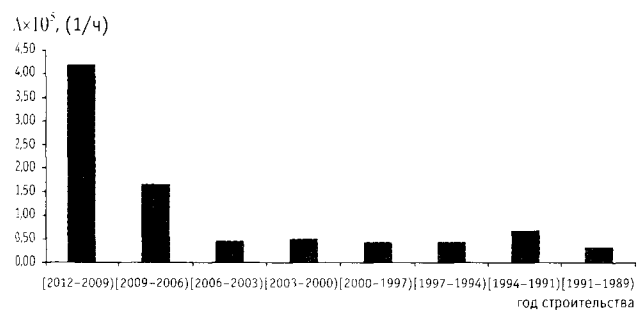


Рис. 3. Средняя интенсивность отказов на стрелку ($\lambda = \lambda_{ф.ср.1с}$) для всех ЭЦ, $\lambda \cdot 10^5$, (1/ч)

Интенсивности отказов, приведенные на стрелку по периодам строительства с разложением по типу ЭЦ и наличию СТДМ, показаны на рис. 4.

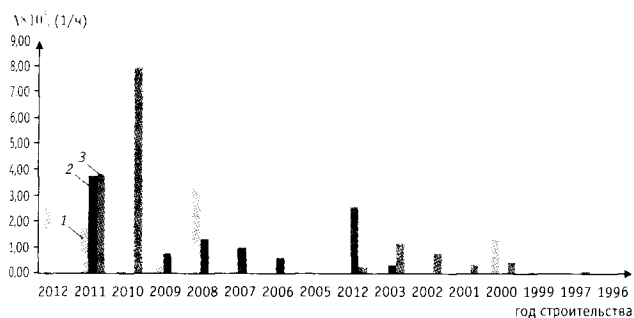


Рис. 4. Средняя интенсивность отказов на стрелку ($\lambda = \lambda_{ф.ср.1с}$) с разложением по типу ЭЦ и наличию СТДМ, $\lambda \cdot 10^5$, (1/ч): 1 — для ЭЦ с диагностикой; 2 — для МПЦ с диагностикой; 3 — для ЭЦ без диагностики

Результаты, представленные на рис. 3, подтверждают пятилетний период приработки [11] и показывают, что сравнивать интенсивности отказов систем с разным сроком эксплуатации некорректно. Из рис. 3 видно, что для станций, построенных за последние три года (в период с 2010 по 2012 г.), интенсивность отказов без учета типа ЭЦ в 5 раз больше, чем у систем, для которых период приработки закончился. Начиная с периода 1989–2006 гг. средняя интенсивность отказов по интервалам строительства остается практически неизменной, т.е. рис. 3 отображает информацию об интенсивностях отказов при эксплуатации на стадиях приработки и устойчивого режима.

Деление данных на три категории по типам применяемых систем (см. рис. 4), к сожалению, привело к снижению стабильности результатов. Тем не менее из графика средней интенсивности отказов с разложением по типу ЭЦ и наличию СТДМ видно, что с 2007 по 2012 г. строились все типы станционных систем — и с диагностикой, и без нее. В целом значения интенсивностей отказов по выделенным интервалам строительства для ЭЦ с диагностикой меньше, что свидетельствует о положительном влиянии последней на надежность работы устройств ЖАТ.

Таким образом, при анализе влияния технической диагностики на надежность систем железнодорожной автоматики и телемеханики нельзя пренебрегать периодом приработки, в котором интенсивность отказов в 5 раз выше, чем в установившемся режиме эксплуатации. Поскольку массовое внедрение СТДМ и МПЦ со встроенными средствами диагностики происходило последние 10 лет, то анализ влияния этих устройств нужно проводить с учетом срока эксплуатации. Незначительное в статистическом смысле количество стрелок, вводимых в эксплуатацию на дороге в течение года, не позволяет с помощью предложенной в статье методики получить достаточно стабильные данные для оценки влияния СТДМ на среднюю интенсивность отказа ЭЦ. Однако эти результаты показывают, что такая связь существует, поэтому при расширении выборки возможно установить ее численно.

Литература

- Насонов Г. В. Цель — повышение надежности устройств ЖАТ // Автоматика, связь, информатика. 2012. № 6. С. 2–4. ISSN 0005-2329.
- Ефанов Д. В., Басалаев Е. В., Алексеев В. Г. Функциональное диагностирование стрелочных электроприводов переменного тока // Транспорт Урала. 2012. № 4 (35). С. 26–29. ISSN 1815-9400.
- Технологический процесс автоматизированного контроля параметров устройств СЦБ средствами технического диагностирования и мониторинга автоматизированной системы диспетчерского контроля АПК-ДК : сборник карт технологического процесса. М., 2013.
- Пахомова Н. Развивать технологию диагностики и мониторинга // Автоматика, связь, информатика. 2011. № 3. С. 3–4. ISSN 0005-2329.
- Насонов Г. Ф. Оптимизация невозможна без инноваций // Автоматика, телемеханика и связь. 2013. № 9. С. 2–5. ISSN 0005-2329.

References

- Nasonov G. V. Tsel — povyshenie nadezhnosti ustrojstv ZhAT [The objective is to increase the reliability of RAT (railway automation and telemechanics) devices] // Avtomatika, svyaz, informatika. 2012. № 6. S. 2–4. ISSN 0005-2329.
- Efanov D. V., Basalayev E. V., Alexeyev V. G. Funktsionalnoe diagnostirovanie strelochnykh elektroprivodov peremennogo toka [Functional diagnostics of AC electric switch mechanisms] // Transport of the Urals. 2012. № 4 (35). S. 26–29. ISSN 1815-9400.
- Tekhnologicheskij protsess avtomatizirovannogo kontrolya parametrov ustrojstv SCSB sredstvami tekhnicheskogo diagnostirovaniya i monitoringa avtomatizirovannoj sistemy dispetcherskogo kontrolya APK-DK : sbornik kart tekhnologicheskogo protsessa [Technological process of automated control of signaling devices' parameters by means of technical diagnosis and monitoring of automated dispatch control system (APK-DK) : hardware-software complex of dispatch control]. M., 2013.
- Pakhomova N. Razvivat tekhnologiju diagnostiki i monitoringa [To develop the technology of diagnosis and monitoring] // Avtomatika, svyaz, informatika. 2011. № 3. P. 3–4. ISSN 0005-2329.
- Nasonov G. F. Optimizatsiya nevozmozhna bez innovatsij [Optimization is not possible without innovation] // Avtomatika, telemehanika i svyaz. 2013. № 9. S. 2–5. ISSN 0005-2329.



6. Анализ состояния безопасности движения поездов, надежности работы систем и устройств ЖАТ в хозяйстве автоматики и телемеханики в 2012 году. М., 2013.
7. Ефанов Д. В. О методе выявления логических ситуаций в системах технической диагностики и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики // Вестник РГУПС. 2010. № 4. С. 66–70. ISSN 0201-727X.
8. Эффективность систем технической диагностики и мониторинга состояния устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Вл. В. Сапожников, А. А. Лыков, Д. В. Ефанов и др. // Транспорт Российской Федерации. 2010. № 4 (29). С. 47–49. ISSN 1994-831X.
9. Управление ресурсами, рисками на этапах жизненного цикла и анализом надежности в хозяйстве железнодорожной автоматики и телемеханики. М., 2012.
10. Средства технической диагностики и удаленного мониторинга STD-MPK / А. Б. Никитин, С. В. Бушуев, К. В. Гундырев и др. // Автоматика, телемеханика и связь. 2012. № 10. С. 6–8. ISSN 0005-2329.
11. Штульман Н. А. О надежности систем железнодорожной автоматики в период послепусковой приработки // Автоматика, телемеханика и связь. 1974. № 2. С. 18–21. ISSN 0005-2329.
6. Analiz sostojaniya bezopasnosti dvizheniya poezdov, nadezhnosti raboty sistem i ustrojstv ZhAT v hozjajstve avtomatiki i telemekhaniki v 2012 godu [Analysis of safety of train traffic, performance reliability of railway automation and telemechanics devices in automation and telemechanics facilities in 2012]. M., 2013.
7. Efanov D. V. O metode vyjavlenija logicheskikh situatsij v sistemakh tekhnicheskoy diagnostiki i monitoringa ustrojstv zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki [On identification method of logistic situations in technical diagnosis and monitoring systems of railway automation and telemechanics devices] // Vestnik RGUPS. 2010. № 4. S. 66–70. ISSN 0201-727X.
8. Effektivnost sistem tekhnicheskoy diagnostiki i monitoringa sostoyaniya ustrojstv zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki [Efficiency of technical diagnosis and monitoring systems of railway automation and telemechanics devices status] / Vl. V. Sapozhnikov, A. A. Lykov, D. V. Efanov i dr. // Transport Rossijskoj Federatsii. 2010. № 4 (29). S. 47–49. ISSN 1994-831X.
9. Upravleniye resursami, riskami na etapakh zhiznennogo tsikla i analizom nadezhnosti v khozjajstve zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki [Control of resources, risks on stages of lifecycle and reliability analysis in railway automation and telemechanics facilities]. M., 2012.
10. Sredstva tekhnicheskoy diagnostiki i udalennogo monitoringa STD-MPK [Means of technical diagnosis and remote monitoring] / A. B. Nikitin, S. V. Bushuev, K. V. Gundyrev i dr. // Avtomatika, telemekhanika i svyaz. 2012. № 10. S. 6–8. ISSN 0005-2329.
11. Shtulman N. A. O nadezhnosti sistem zheleznodorozhnoj avtomatiki v period poslepuskovoj prirobotki [On reliability of railway automation systems in the period of post completion break in] // Avtomatika, telemekhanika i svyaz. 1974. № 2. S. 18–21. ISSN 0005-2329.