

1973. – 231 с.

Надійшла до редакції 20.11.2017

8. Чечкин А. В. Слабо формальные системы / А. В. Чечкин // Интеллектуальные системы. – М.: Изд. МГУ, 2007. – Том 11. – Вып. 1-4. – С. 137–158.

**Рецензент:** д.т.н., доц. Казакова Н. Ф. Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса.

**Ю. В. Щербина, к.т.н., С. Л. Волков, к.т.н.**

### МАРКОВСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

*В статье предложена марковская модель оценки качественного состояния автоматизированных систем контроля и управления. Показано что: источником данных для определения состояния автоматизированных систем выступают информационно-измерительные системы (ИИС), которые являются составляющими как систем управления, так и систем контроля; оценка состояния системы управления зависит от корректности работы системы контроля. Определено, что с учетом ограничений на наличие последействия, возможно использование марковского однородного процесса для построения модели качественного состояния систем контроля и управления.*

**Ключевые слова:** автоматизированные системы контроля и управления, интеллектуальная ИИС, оценка качественного состояния, марковская модель.

**Yu. V. Scherbina, PhD, S. L. Volkov, PhD**

### MARKOV MODEL OF ASSESSMENT OF THE QUALITY STATE OF AUTOMATED CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEMS

*The article proposes a Markov model for assessing the qualitative state of automated control and management systems. It is shown that: the source of data for determining the state of automated systems are information and measuring systems (IMS), which are components of both control and management systems; assessment of the state of the management system depends on the correct operation of control system. It is determined that, considering the limitations on the presence of aftereffects, it is possible to use the Markov homogeneous process to construct a model of the qualitative state of control and management systems.*

**Keywords:** automated control and management systems, intelligent IMS, qualitative state estimation, Markov model.

УДК 629.42:620.179

**А. И. Ваганов, д.т.н., С. В. Добровольская, Л. М. Возикова**

*Одесская государственная академия технического регулирования и качества.*

### ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

*В статье проведен анализ существующего состояния обеспечения предприятий железнодорожного транспорта современными средствами контроля и диагностики подвижного состава, проблемных вопросов обеспечения безопасности движения, внедрения современных, эффективных систем контроля и технической диагностики состояния узлов и деталей подвижного состава. Предложен комплекс мер по улучшению качества метрологического обеспечения процессов ремонта подвижного состава.*

**Ключевые слова:** подвижной состав, безопасность движения, техническая диагностика, ремонт, техническое обслуживание.

#### **Введение**

На железнодорожном транспорте вопросы безопасности движения являются приоритетны-

ми и требуют выполнения работ по ремонту и техническому обслуживанию подвижного состава и объектов железнодорожной инфраструктуры

высокого качества [1–5]. Это может быть достигнуто только за счет внедрения и ежедневного использования современных средств контроля и диагностики подвижного состава [6, 7]. Только такой подход позволит перейти от устаревшей, затратной системы планово-предупредительных ремонтов подвижного состава к ремонту по текущему состоянию [8, 9]. Вопросам контроля и технической диагностики подвижного состава давно уделяется значительное внимание, однако, из-за отсутствия системного подхода к решению этой проблемы, пока железнодорожные предприятия недостаточно оснащены современной измерительной техникой [10, 11].

#### Постановка задачи

В настоящее время практически все технологические процессы ремонта и технического обслуживания подвижного состава и объектов инфраструктуры недостаточно обеспечены современными методами измерений, что оказывает негативное влияние на безопасность движения, значительно (в несколько раз) повышает затраты на ремонт [1, 12, 13].

Для решения этих проблем интенсивно развиваются методы контроля и диагностики деталей и узлов подвижного состава.

Однако, практическое их использование, как правило, затруднено тем, что результаты исследований не полностью соответствуют потребностям практического использования, потребностям железнодорожного транспорта. Предлагаемые технические средства требуют сложного технического обслуживания, являются дорогостоящими и требуют высококвалифицированного персонала [14, 15].

В связи с этим, в настоящее время имеет место невысокая техническая обеспеченность современными средствами контроля и диагностики для следующего оборудования локомотивов:

1. Тепловозных дизелей.
2. Электрических машин.
3. Экипажной части.
4. Коммутирующего оборудования.

Такая ситуация требует нового системного подхода к решению задачи контроля и диагностирования подвижного состава, активной исследовательской работы в следующих основных направлениях:

- разработка и внедрение новых информационных технологий, автоматизированного анализа неисправностей, случаев простоя локомотивов, надежности деталей и узлов, затрат на ремонт;
- разработка и внедрение стационарных и установленных на подвижном составе систем диагностирования дизельного оборудования;
- разработка и внедрение виброакустических комплексов для диагностики деталей и узлов

подвижного состава.

#### Требуемый комплекс технических средств для контроля и диагностирования подвижного состава.

В настоящее время, в первую очередь, актуальной является проблема диагностирования технического состояния дизеля тепловоза, которую необходимо решать, применяя спектральный анализ масла, контроля состояния топливной аппаратуры и турбокомпрессоров [4, 10].

Метод спектрального анализа масла позволяет выявлять дефекты трущихся деталей, когда они только начинают развиваться, определить межремонтный пробег.

При спектральном анализе масла определяется концентрация продуктов износа – железа, меди, свинца, алюминия, кремния, сурьмы, хрома и т. д. Техническое состояние узлов дизеля определяется по их концентрации (изменению по отношению к допустимым значениям).

Для этих целей для железнодорожных предприятий наиболее эффективным является использование атомно-эмиссионного метода. На практике целесообразно использовать фотоэлектрические установки с чувствительностью количественного анализа до 3 г/т ( $3 \cdot 10^{-6} \%$ ). В состав такого оборудования входят генератор дуги, блок управления, штатив, фокусирующие линзы, сферический корпус с входной щелью, дифракционная решетка, выходные щели.

При высокой температуре (4000–500°C) масло выгорает, возбуждаются атомы продуктов износа. Концентрация элементов в масле может меняться по следующим причинам:

- меди – из-за износа втулок, подшипников;
- железа – из-за износа поршневых колец, приводов;
- кремния – из-за загрязнения фильтров;
- олова – из-за износа поршней компрессора;
- натрия – из-за попадания воды в масло;
- свинца – из-за износа баббитового слоя подшипников;
- алюминия – из-за износа роторов.

При эксплуатации тепловозных дизелей основными являются два показателя – их эффективная мощность и удельный расход топлива. В процессе эксплуатации по ряду причин эти показатели ухудшаются, поэтому есть потребность в современных средствах контроля и диагностирования [1, 15].

В качестве оперативных методов и технических средств диагностирования можно рекомендовать:

- метод оценки теплотехнического состояния дизеля и качества сгорания топлива по содержанию продуктов сгорания в отходящих газах с использованием инфракрасных газоанализаторов.

затов;

- метод контролю давления сжатия, характеризующего компрессию в цилиндрах дизеля, с использованием штатного максиметра с шпалой 0-6 мПа.

- метод контроля качества работы форсунок по показателям вибродатчиков.

Для оценки технического состояния колесно-моторного блока (КМБ) перспективным является использование вибрационного метода, анализа спектра вибрации.

При работе электрических машин, коммутирующих аппаратов локомотивов могут иметь место отклонения времени срабатывания и отключения аппаратов; изменения сопротивления резисторов; переходного сопротивления силовых и блокировочных контактов, межвиткового замыкания обмоток и др.

Поэтому, в этом случае необходима система диагностирования, позволяющая измерять напряжение постоянного и переменного тока, сопротивление резисторов, индуктивность, временные интервалы, производить обработку измерительной информации.

При проведении диагностирования контролируются переходные сопротивления контактов, якорной цепи, наличие межвиткового замыкания, время включения и отключения реле.

#### **Выводы.**

При решении задач обеспечения надежности электровозов, тепловозов, безопасности движения будущее за информационными технологиями, встроенными бортовыми системами диагностирования.

В сфере информационных технологий для обеспечения безопасности движения, снижения эксплуатационных расходов будущее за ЕАМ – системами (Enterprise Asset Management), которые необходимы для решения трех задач управления:

- управление материально-техническим обеспечением;
- управление кадрами;
- управление финансами.

Внедрение ЕАМ-систем позволяет снизить издержки предприятия, сократить число аварий и время на устранение их последствий, обеспечивает прозрачность процесса управления финансами комплекса [16].

В настоящее время, в связи с усложнением конструкций электровозов и тепловозов, повышением массы поездов и размеров движения, психологическая нагрузка на локомотивные бригады увеличивается.

Решить эту проблему можно только одним путем – оснастить локомотивы встроенными бортовыми диагностическими системами.

Для разработки аппаратно-программного комплекса таких систем необходимо учитывать знания о действиях локомотивных бригад по ведению поезда, о характере повреждений локомотива в эксплуатации.

В целом, бортовые системы диагностирования локомотивов должны обеспечить:

1. Оценку текущего технического состояния основного и вспомогательного оборудования локомотива.
2. Определение причин отказов оборудования.
3. Накопление диагностической информации.
4. Передачу данных в стационарную диагностическую систему.

Таким образом, современные требования к системному улучшению безопасности движения предполагают решение широкого круга задач исследовательского характера.

#### **Список использованных источников**

1. Криворудченко В. Ф. Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта / В. Ф. Криворудченко, Р. А. Ахмеджанов. – М.: Маршрут, 2005. – 436 с.
2. Гноев З. Г. Основы виброакустической диагностики электромеханических систем локомотивов / З. Г. Гноев. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на ж. д. транспорте», 2008. – 307 с.
3. Берников В. И. Техническое диагностирование и неразрушающий контроль узлов локомотивов / В. И. Берников, Е. Ю. Доронин, И. П. Зенин. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на ж. д. транспорте», 2008. – 332 с.
4. Петрусенко В. Я. Інноваційні методи та засоби діагностування та контролю вузлів та механізмів / В. Я. Петрусенко // Локомотив-інформ. – 2013. – № 6. – С. 42–45.
5. Шелест Д. А. Неразрушающий контроль деталей вагонов: магнитные методы контроля / Д. А. Шелест // Вагонный парк. – 2013. – № 13. – С. 52–58.
6. Тэттер В. Ю. Вибрационный контроль технического состояния буксовых узлов колесных пар / В. Ю. Тэттер // Локомотив-информ. – 2012. – №7. – С. 54–60.
7. Шелест Д. А. Неразрушающий контроль деталей вагонов: вихревой метод контроля, дефектоскопия проникающими веществами, ультразвуковая дефектоскопия / Д. А. Шелест // Локомотив-информ. – 2014. – № 1. – С. 22–27.

8. Бут С. В. Система контролю технічного стану буксових вузлів вантажних вагонів нового покоління / С. В. Бут // Вагонний парк. – 2013. – № 12. – С. 25–27.

9. Ступак А. Э. Анализ использования измерительной техники при контроле износа колесных пар / А. Э. Ступак, Э. Н. Ступак // Локомотив-информ. – 2013. – № 8. – С. 42–44.

10. Дьомін Р. Ю. Засоби інструментальної оцінки технічного стану рухомого складу // Вагонний парк. – 2012. – № 12, С. 10–15.

11. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / В. В. Клюев, Ф. Р. Соснин, В. Н. Фименов и др.; под ред. В. В. Клюева / – М.: Машиностроение, 1995. – 488 с.

12. Трестман Е. Е. Автоматизация контроля буксовых узлов в поездах / Е. Е. Трестман, С. Н. Лозинский, В. Л. Образцов. – М.: Транспорт, 1983. – 352 с.

13. Дробот Ю. Б. Неразрушающий контроль

усталостных трещин акустико-эмиссионным методом / Ю. Б. Дробот, А. М. Лазарев. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 128 с.

14. Клюев В. В. Визуальный и измерительный контроль / В. В. Клюев, Ф. В. Сосник, В. Ф. Мужицкий и др. – М.: РОНКТД, 1998. – 126 с.

15. Соколов М. М. Диагностирование вагонов / М. М. Соколов. – М.: Транспорт, 1990. – 184 с.

16. Обеспечение эксплуатационной надежности локомотивов на этапах жизненного цикла: сб. научн. тр. / Под ред А. Т. Осяева, А. Б. Подшивалова. – М.: Интекст, 2006. – 159 с.

*Надійшла до редакції 17.11.2017*

**Рецензент:** д.т.н, доц. Боряк К. Ф., Одеська державна академія технічного регулювання та якості, Одеса.

**О. І. Ваганов, д.т.н., С. В. Добровольська, Л. М. Возикова**

#### **ПЕРШОЧЕРГОВІ ЗАВДАННЯ РОЗРОБКИ І ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ КОРТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТИКИ СТАНУ РУХОМОГО СКЛАДУ**

*В статті проведено аналіз існуючого стану забезпечення підприємств залізничного транспорту сучасними засобами контролю і діагностики рухомого складу, проблемних питань забезпечення безпеки руху, впровадження сучасних, ефективних систем контролю і технічної діагностики стану вузлів і деталей рухомого складу. Запропоновано комплекс заходів щодо поліпшення якості метрологічного забезпечення процесів ремонту рухомого складу.*

**Ключові слова:** рухомий склад, безпека руху, технічна діагностика, ремонт, технічне обслуговування.

**A. I. Vaganov, DSc, S. V. Dobrovolskaya, L. M. Vozykova**

#### **PRIORITIES OF DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF MODERN MEANS OF CONTROL AND STATUS DIAGNOSTICS OF ROLLING STOCK**

*The article analyzes the existing state of providing railway transport enterprises with modern means of monitoring and diagnostics of rolling stock, problematic issues of traffic safety, introduction of modern, effective control systems and technical diagnostics of the condition of units and parts of rolling stock. A set of measures is proposed to improve the quality of metrological support for rolling stock repair processes.*

**Keywords:** rolling stock, traffic safety, technical diagnostics, repair, maintenance.