

Система АСВК состоит из двух видеокамер, датчика наличия и движения автотранспортных средств, рабочей станции видеонаблюдения и модема-маршрутизатора. Перечисленная аппаратура размещается на двух высоких мачтах (по условиям вандалистости). Работает аппаратура следующим образом. При отсутствии поезда на участке приближения к переезду система АСВК находится в режиме ожидания, видеокамеры выключены. При вступлении поезда на участок перед переездом система видеоконтроля переключается в рабочий режим и осуществляется видеозапись подвижных и неподвижных предметов, находящихся в секторах обзора видеокамер. Если подвижный объект будет идентифицирован как автотранспортное средство, по радиолинии, через сеть «Интернет» начнется передача видеокадров автомобиля-нарушителя в адрес ДСП ближайшей к переезду станции, оператора ДНЦ, а также в электронный почтовый ящик «E-mail» системы АСВК. Одновременно по запрограммированным телефонным номерам пройдут уведомления в виде специального звукового сигнала и текстового сообщения. После ухода поезда с переезда система вернется в режим дежурного ожидания, а в электронном почтовом ящике сохранятся видеокадры зафиксированного события. Посмотреть содержимое почтового ящика можно причастным лицам с помощью специального пароля. Идентификация номеров автомобилей в дневное время суток обеспечивается на уровне 78 – 89 %, в ночное время этот показатель составляет 62 – 70 %.

Работоспособность макетного образца системы АСВК проверена при линейных испытаниях путем фиксации автомобилей в светлое и темное время суток, с автоматической передачей видеозаписей по запрограммированным адресам. Результаты испытаний подтверждены актом дорожной комиссии.

Стоимость оснащения одного переезда системой АСВК составляет 1650 у. е. Предлагаемая разработка предназначена для использования как на охраняемых, так и на неохраняемых переездах, и, в первую очередь, на «опасных», по сведениям Госавтоинспекции, переездах. Экономия денежных средств при внедрении АСВК может быть достигнута при использовании на ряде малодетальных переездов имитаторов аппаратуры АСВК.

УДК 656.212.5

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

В. ЛЮБИНСКИЙ, Л. СЕРГЕЕВА

Институт железнодорожного транспорта Рижского технического университета

Выбор стратегии технического обслуживания ЖАТ является одной из наиболее сложных задач, от правильности решения которой в значительной мере зависят как надежность функционирования техники, так и ее экономическая эффективность. Предлагаются математические модели для оценки стратегий технического обслуживания, проводится сравнительный анализ эффективности стратегий и обсуждаются условия их внедрения на железнодорожном транспорте.

Главной предпосылкой эффективной организации технического обслуживания является обоснованный выбор стратегии обслуживания, определяющей набор и периодичность выполнения регламентных работ на протяжении всего срока службы устройств с учетом различных режимов их функционирования. В зависимости от назначения устройств ЖАТ применяют три основные стратегии их обслуживания: профилактическую, статистико-профилактическую и восстановительную. Процесс технического обслуживания при выборе профилактической стратегии включает в себя регламентные работы, дополнительные работы, работы по восстановлению устройств после отказов и комплексные проверки состояния устройств. Объем работы при такой стратегии $Q_i(t)$ на определенном объекте i за время t определяется количеством и трудоемкостью отдельных операций, их периодичностью:

$$Q_i(t) = \sum_{j=1}^k T_{pj} t / t_{pj} + \sum_{C=1}^V T_{dc} + T_{cpbi} m_i + T_{ni} n_i, \quad (1)$$

где T_{pj} – нормированное время выполнения одной регламентной работы ($j = 1, 2, \dots, k$); k – число выполняемых работ; t_{pj} – периодичность j -й регламентной работы; T_{dc} – нормированное время выполнения s -й дополнительной работы по плану повышения надежности, в котором V работ; T_{cp-bi} – средние затраты труда на восстановление i -го объекта после отказа; m_i – среднее число отказов i -го объекта за период t ; T_{ni} – затраты труда на комплексную проверку устройств на i -м объекте; n_i – количество комплексных проверок i -го объекта за время t .

Анализ затрат труда на техническое обслуживание при использовании профилактической стратегии показал, что до 80 % суммарного времени, определяемого формулой (1), затрачивается на выполнение регламентных работ. Поэтому при оптимизации системы технического обслуживания основное внимание должно быть уделено совершенствованию и возможному сокращению их объема. Для этого, как видно из формулы (1), есть три пути: сокращение набора регламентных работ j ; управление периодичностью регламентных работ (t_{pj}); снижение трудоемкости (T_{pj}) отдельных операций за счет совершенствования технологии выполнения работ. Два из перечисленных путей – сокращение набора регламентных работ и управление их периодичностью – зависят от выбранной стратегии технического обслуживания.

Из трех перечисленных выше стратегий технического обслуживания на железнодорожном транспорте традиционно применяется профилактическая стратегия, которая по трудовым затратам и, предположительно, по другим критериям является наименее эффективной. Поэтому в настоящее время весьма актуальным является изучение проблемных вопросов, связанных с переходом от профилактической к статистико-профилактической и восстановительной стратегиям. Первым шагом в научном обосновании перехода от профилактических к статистико-профилактической и восстановительной стратегиям технического обслуживания может быть моделирование этих стратегий и их сравнительная оценка по наиболее важным показателям надежности и экономической эффективности. С этой целью в данной работе предлагаются математические модели для оценки трех стратегий технического обслуживания с помощью таких показателей, как коэффициент готовности системы, коэффициент оперативной готовности, средние удельные затраты на техническое обслуживание, средняя удельная прибыль. Модели используются для вычисления оптимальных периодов профилактики (для профилактической и статистико-профилактической стратегий), оптимизирующих показатели эффективности, а также для вычисления численных значений показателей. По результатам расчета с помощью комплекса моделей проводится сравнительный анализ стратегий технического обслуживания устройства с гипотетическими характеристиками. Для каждой из трех стратегий используется по четыре модели – по числу используемых критериев оптимизации профилактических работ. Используя разные критерии, мы, в общем случае, получаем различные значения оптимальных периодов профилактики. Модели для каждого из показателей эффективности представлены в виде уравнений, связывающих характеристики устройства, параметры технического обслуживания и интервала τ между последовательными профилактическими работами. Оптимальное значение интервала τ определяется как корень соответствующего уравнения. Вычисленное значение τ используется для определения соответствующего критерия эффективности.

С целью контроля корректности вычислений корни уравнений вычисляются двумя методами: с помощью вычислительного блока Matchcad, задаваемого конструкциями Given и Find, и с помощью метода, который строится на основе вычислительного алгоритма Ньютона-Рафсона. Численные значения показателей эффективности технического обслуживания, полученные для трех стратегий обслуживания, демонстрируют явные преимущества восстановительной и статистико-профилактической стратегий. По-видимому, в перспективе неизбежно придется отказаться от традиционной профилактической стратегии и постепенно переходить к наиболее эффективной статистико-профилактической либо восстановительной стратегии. При этом для устройств с опасными отказами, угрожающими безопасности движения поездов, целесообразным является переход к статистико-профилактической стратегии. Для устройств с безопасными отказами в зависимости от назначения и особенностей технической системы возможен выбор между статистико-профилактической и восстановительной стратегиями технического обслуживания. Чисто профилактическая стратегия может быть использована лишь для технического обслуживания ограниченного набора аппаратуры, срок службы которой регламентирован временем работы.

Неизбежность перехода от профилактической стратегии технического обслуживания к статистико-профилактической и восстановительной обусловлена двумя основными факторами: экономиче-

ским фактором вследствие перехода от затратной экономики к рыночной и фактом появления новых эффективных средств контроля и диагностики технического состояния систем ЖАТ. При этом при использовании восстановительной стратегии цель технического обслуживания средств ЖАТ будет в полной мере достигнута при соблюдении двух условий: мгновенного обнаружения появившихся в системе отказов и устранения этого отказа за интервал времени τ_0 , который удовлетворяет условию $\tau_0 < \Delta\tau_n$, где τ_0 – допустимая длительность интервала времени, в течение которого устраняется опасный отказ; $\Delta\tau_n$ – интервал времени, в течение которого в состоянии управляемых объектов не могут произойти существенные изменения с необратимыми катастрофическими последствиями. Реализация указанных условий возможна при использовании современных микропроцессорных систем мониторинга технического состояния средств ЖАТ, обеспечивающих текущий контроль, диагностику и мгновенное обнаружение отказов в устройствах.

УДК 537.2.003.24

РЕШЕНИЕ ПЕРВОЙ ОСНОВНОЙ ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОСТАТИКИ ХОРОШО СХОДЯЩИМСЯ ИТЕРАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

В. С. МОГИЛА

Белорусский государственный университет транспорта

Д. В. КОМНАТНЫЙ

ПУ «Инфотех» РУП «ПО Белоруснефть»

Конструирование узлов микроэлектронной и микропроцессорной аппаратуры ЖАТ, связи и вычислительной техники, силовых кабелей и кабелей связи и многих других технических средств систем управления ответственными технологическими процессами требует расчета характеристик электрических полей. В силу сложной конфигурации граничных поверхностей в таких задачах расчеты ведутся путем численного решения интегральных уравнений, которые для плоскопараллельного поля имеют вид

$$\phi(Q) = \frac{1}{2\pi\epsilon_a} \int_l \tau(M) \ln \frac{1}{r_{QM}} dl, \quad (1)$$

$$\sigma(Q) = \int_l \tau(M) \frac{\cos(r_{QM}, n_Q)}{2\pi r_{QM}} dl, \quad (2)$$

где $\phi(Q)$ – потенциал в некоторой точке граничной поверхности Q , В; ϵ_a – абсолютная диэлектрическая проницаемость среды, Ф/м; $\tau(M)$ – линейная плотность заряда в точке граничной поверхности M , Кл/м; r_{QM} – расстояние между точками Q и M , м; $\sigma(Q)$ – поверхностная плотность заряда в точке Q , Кл/м²; n_Q – нормаль к граничной поверхности в точке Q ; l – длина граничной поверхности, м.

Если на границах задачи заданы потенциалы (первая задача электростатики), то обычно применяется уравнение (1). Методы численного решения этого уравнения имеют внутренние трудности сходимости и устойчивости. В то же время существует сходящийся итерационный метод решения уравнения (2). Чтобы применить его при решении первой основной задачи электростатики, предлагается вести расчет распределения линейной плотности заряда по границам задачи в два этапа. На первом этапе уравнение (1) сводится к системе алгебраических уравнений путем разделения границ задачи на небольшое число прямых граничных элементов. Полученная система уравнений имеет вид

$$[\phi] = [\alpha][\tau], \quad (3)$$

где $[\phi]$ – матрица-столбец потенциалов в центрах граничных элементов; $[\tau]$ – матрица-столбец линейных плотностей зарядов граничных элементов. Коэффициенты матрицы $[\alpha]$ определяются по формулам: