

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ПЕРИФЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ДВИЖЕНИИ

Бурченков В.В.

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Республика Беларусь

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы моделирования системы массового обслуживания для автоматической оценки качества работы периферийных устройств информационно-измерительной системы контроля поездов в движении. Предложена методика расчета вероятности свободности устройств от обслуживания, среднего числа требований ожидающих начала обслуживания, оценки времени задержки передачи пакета информации. При моделировании учтен абсолютный приоритет контроля проходящего поезда над передачей данных автодиагностики периферийных устройств. Показана эффективность модели автодиагностики с использованием системы массового обслуживания для контроля исправности периферийного оборудования и целостности соединительных линий.

Ключевые слова: математические модели, технический контроль, диагностика, автоматизация выявления отказов.

QUEUING SYSTEM MODEL FOR AUTOMATIC DIAGNOSTICS OF PERIPHERAL DEVICES FOR TECHNICAL CONTROL OF ROLLING STOCK IN MOTION

Burchenkov V.V.

Belarusian State University of Transport, Gomel, Republic of Belarus

Abstract. The article deals with the issues of modeling a queuing system for automatic evaluation of the quality of peripheral devices of an information-measuring system for monitoring trains in motion. A method is proposed for calculating the probability of devices being free from service, the average number of requests waiting for the start of service, and estimating the delay time for transmitting an information packet. At in the simulation, the absolute priority of the control of the passing train is given over the transmission of the auto-diagnostic data of the peripheral devices. The effectiveness of the self-diagnostic model with the use of a queuing system for monitoring the health of peripheral equipment and the integrity of connecting lines is shown.

Keywords: mathematical models, technical control, diagnostics, automation of failure detection.

Исходной информацией при построении математических моделей процессов функционирования сложных информационно-измерительных систем, к которым относятся многоуровневая Автоматизированная система контроля подвижного состава АСК ПС, служат данные об условиях работы периферийных устройств. Эта информация позволяет формулировать требования к разрабатываемой математической модели для подсистем автоматической самодиагностики, являющихся обязательной составной частью таких систем. В состав АСК ПС входят периферийные многофункциональные комплексы технических средств КТСМ, системы автоматического определения негабаритности вагонов и перевозимых грузов САОН.

Наличие дополнительных информационных входов в блоках КТСМ для подключения периферийных измерительных устройств позволяет расширить список дистанционно диагностируемых параметров контролируемого подвижного состава. Возможно подключение измерительной подсистемы LАSCA, предназначенной для контроля параметров колесных пар вагонов и локомотивов в движении. Периферийное измерительное устройство контроля сдвига буксовых узлов УКСБ имеет важное значение для повышения безопасной работы вагонных тележек. Датчики считывания идентификационных номеров ответственных деталей и узлов ходовой части вагонов ДСИН позволяют выявлять случаи использования контрафактных и повторно используемых старогодных изделий. Перечисленные устройства сравнительно просто могут быть подключены к модулю МЦМК периферийного контроллера ПК-05 комплекса КТСМ [1].

Передача результатов автоматической самодиагностики с периферийных устройств контроля проходящих поездов осуществляется системой передачи данных линейных пунктов СПД ЛП, а обработка принимаемых пакетов информации производится в Автоматизированных рабочих местах АРМ линейных и центральных пунктов контроля, соответственно АРМ ЛПК и АРМ ЦПК.

Для самодиагностики между периферийными контроллерами ПК-05, стационарными концентраторами информации КИ-6М и серверным центральным концентратором информации ЦКИ отделения железной дороги устанавливается реверсная передача информации для информационного обмена между ними. Учет абсолютного приоритета дистанционного технического контроля проходящих поездов, при передаче данных автоматической диагностики, обуславливает использование системы массового обслуживания МО для установления очередности передачи данных с периферийных пунктов контроля ПК-05 на серверный ЦКИ. Серверный ЦКИ, обслуживающий в режиме автодиагностики периферийные контроллеры ПК-05 и предоставляющий им для временной связи групповой канал передачи информации, представляет собой систему МО с приоритетами и ожиданием.

При установленном виртуальном соединении периферийный контроллер ПК-05 передает информацию о результатах самодиагностики через стационарный концентратор информации КИ-6М серверному концентратору ЦКИ. Проверяется исправность всех периферийных устройств контроля и целостность соединительных линий связи. Моменты времени поступления заявок в СПД ЛП от серверного ЦКИ образуют входящий поток, а моменты окончания передачи образуют выходящий поток полученных результатов.

При выборе и оценке критериев эффективности системы МО принято, что поток заявок от серверного концентратора ЦКИ на предоставление временного соединения для информационного обмена, представляет собой простейший поток с параметром λ , а время использования канала связи распределено по показательному закону с параметром μ .

Временем обслуживания заявки будет являться время, затраченное на информационный обмен между периферийным контроллером ПК-05, стационарным концентратором информации КИ-6М и серверным концентратором ЦКИ. Периферийный контроллер ПК-05 формирует пакеты информации при заходе и освобождении поездом участка контроля, при обнаружении перегретой буксы в вагоне, а также при запросе с АРМ ЦПК текущего состояния и результатов самодиагностики.

Для оценки качества работы системы автоматической диагностики периферийных устройств выбран участок Белорусской железной дороги между узловыми станциями Гомель и Калинковичи. Структурная схема передачи данных приведена на рисунке 1. Концентраторы информации КИ-6М установлены на промежуточных станциях Василевичи, Речица и Центролит.

Среднее время между поступлением заявок на обслуживание, при установленных скоростях движения грузовых поездов на рассматриваемом участке железной дороги, принято равным $T = 0,476$ с., поток заявок на обслуживание принят равным $\lambda = 1,587$. При этих условиях время обслуживания заявки составит для КТСМ $\mu_{ктсм} = 3,33$, а время обслуживания

заявки для САОН, с учетом перспективного увеличения количества дополнительных периферийных устройств контроля, составит $\mu_{саон} = 6,66$.

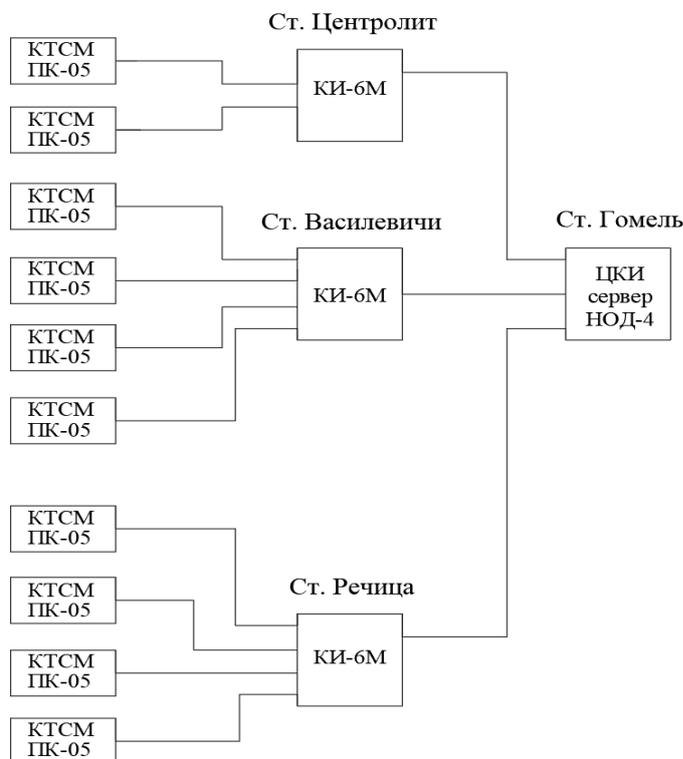


Рис. 1 – Структурная схема включения концентраторов информации КИ-6М и ЦКИ отделения дороги НОД-4 на участке железной дороги Гомель - Калинковичи

Принятые значения среднего времени передачи информации и среднего времени между заявками на информационный обмен выбраны для момента прохождения поезда по участку контроля и не учитывают простоя аппаратуры во время отсутствия поезда. Все возможные состояния замкнутой системы МО выражаются системой дифференциальных уравнений, приведенных в [2]. Решение данной системы уравнений, позволяет формализовать критерии эффективности для системы МО.

Вероятность того, что все приборы свободны от обслуживания:

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{k=0}^n \frac{m!}{k!(m-k)!} \cdot \alpha^k + \sum_{k=n+1}^m \frac{m! \cdot \alpha^k}{n^{k-n} \cdot n!(m-k)!} \cdot \alpha^k \right]}, \quad (1)$$

где m – наибольшее число заявок в системе МО;

n – количество периферийных контроллеров ПК-05 в системе МО;

α – параметр, равный $\frac{\lambda}{\mu}$.

Вероятность того, что в системе находится k заявок, из них n обслуживаются, а $(k - n)$ ожидают обслуживания:

$$P_k = \frac{m! \cdot \alpha^k}{n^{k-n} \cdot n!(m-k)!} \cdot P_0. \quad (2)$$

Среднее число заявок, ожидающих начала обслуживания:

$$M_0 = \sum_{k=n+1}^m \frac{(k-n) \cdot m! \cdot \alpha^k}{n^{k-n} \cdot n! (m-k)!} \cdot P_0. \quad (3)$$

Определим данные критерии для концентраторов информации в системе передачи сообщений СПД ЛП, в которой могут возникать очереди на обслуживание. В данном случае число одновременно диагностируемых периферийных контроллеров ПК-05 в системе МО $n = 1$ и формулы (1 – 3) примут вид:

$$P_0 = \frac{1}{1 + m \cdot \alpha + \sum_{k=2}^m \frac{m! \cdot \alpha^k}{(m-k)!}}; \quad (4)$$

$$P_k = \frac{m! \cdot \alpha^k}{(m-k)!} \cdot P_0; \quad (5)$$

$$M_o = \sum_{k=2}^m \frac{(k-1) \cdot m! \cdot \alpha^k}{(m-k)!} \cdot P_0. \quad (6)$$

Центральный концентратор информации ЦКИ, установленный в Гомельском отделении НОД-4 Белорусской железной дороги, обслуживает заявки от трех станционных концентраторов КИ-6М. В свою очередь, концентратор КИ-6М станции Центролит обслуживает заявки от двух периферийных контроллеров ПК-05, а концентраторы КИ-6М станций Василевичи и Речица обслуживают заявки от четырех контроллеров ПК-05. Для оценки работы серверного концентратора ЦКИ принято, что он обслуживает станционные концентраторы КИ-6М по группам из двух и четырех периферийных контроллеров ПК-05, при общем числе $m = 10$. Численные значения критериев функционирования концентраторов КИ-6М для станций Центролит, Василевичи, Речица и серверного ЦКИ отделения дороги определены по формулам (4 – 6). Результаты расчетов моделирования автоматической диагностики периферийных комплексов КТСМ для концентраторов КИ-6М и ЦКИ НОД-4 станции Гомель приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика работы концентраторов КИ-6М и ЦКИ НОД-4 для системы КТСМ

Параметр	Станция	Центролит	Василевичи	Речица	ЦКИ, сервер НОД-4
Вероятность того, что концентраторы информации КИ-6М и ЦКИ свободны от обслуживания		0,416	0,106	0,106	$5,629 \cdot 10^{-5}$
Вероятность нахождения в системе МО одной заявки		0,396	0,202	0,202	$2,68 \cdot 10^{-4}$
Вероятность нахождения в системе МО двух заявок		0,189	0,288	0,228	$1,149 \cdot 10^{-3}$
Вероятность нахождения в системе МО трех заявок		–	0,247	0,247	$4,376 \cdot 10^{-3}$
Вероятность нахождения в системе МО четырех заявок		–	0,131	0,131	0,015
Вероятность нахождения в системе МО десяти заявок		–	–	–	0,122
Среднее количество заявок, ожидающих начала обслуживания		0,189	1,288	1,228	4,837
Время задержки передачи пакета информации, с.		0,057	0,368	0,368	2,07

Аналогичным образом осуществлены расчеты для периферийной системы автоматического определения негабаритности подвижного состава САОН и концентраторов информации КИ-6М, ЦКИ. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика работы концентраторов КИ-6М и ЦКИ НОД-4 для системы САОН

Параметр	Станция			
	Центролит	Василевичи	Речица	ЦКИ, сервер НОД-4
Вероятность свободы концентраторов информации КИ-6М и ЦКИ от обслуживания	0,629	0,33	0,33	$7,087 \cdot 10^{-3}$
Вероятность нахождения в системе МО одной заявки	0,198	0,101	0,101	$1,34 \cdot 10^{-4}$
Вероятность нахождения в системе МО двух заявок	0,047	0,072	0,072	$2,872 \cdot 10^{-4}$
Вероятность нахождения в системе МО трех заявок	–	0,034	0,034	$5,47 \cdot 10^{-4}$
Вероятность нахождения в системе МО четырех заявок	–	$8,161 \cdot 10^{-3}$	$8,161 \cdot 10^{-3}$	$9,117 \cdot 10^{-4}$
Вероятность нахождения в системе МО десяти заявок	–	–	–	$1,196 \cdot 10^{-4}$
Количество заявок, ожидающих начала обслуживания	0,071	0,5147	0,514	4,837
Время задержки передачи информации, с	0,011	0,077	0,077	0,726

Характеристики зависимости времени задержки передачи пакетов информации для периферийных устройств КТСМ и САОН приведены на рисунке 2.

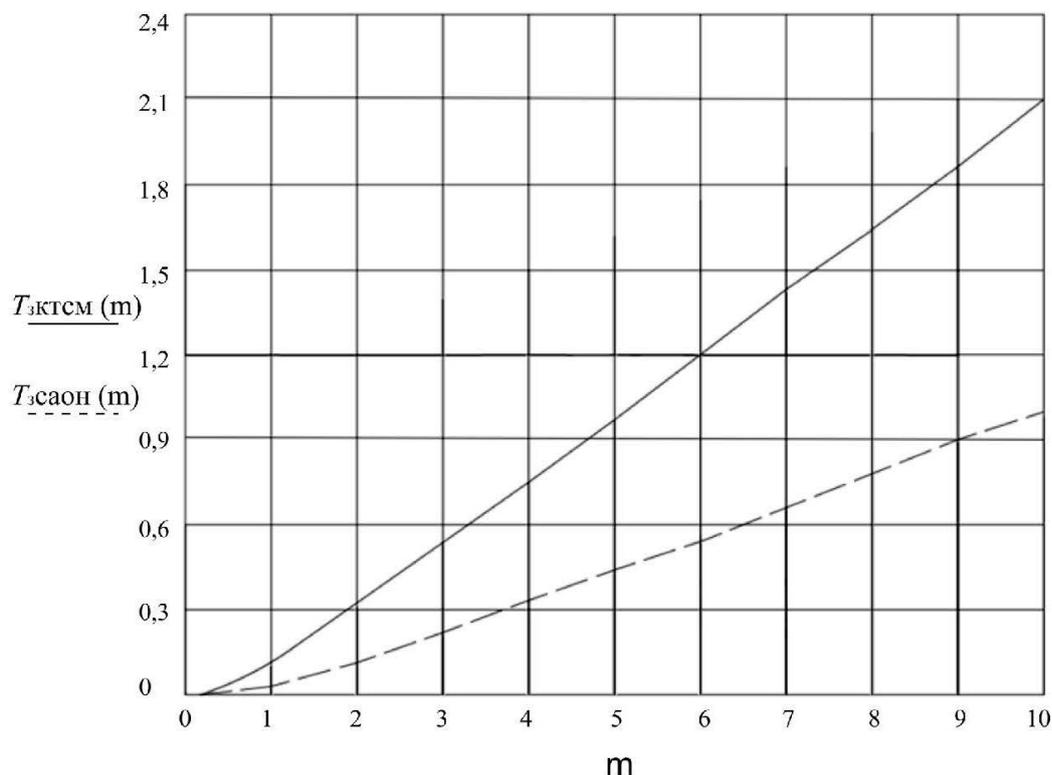


Рис. 2 – Характеристики зависимости времени задержки передачи пакетов информации для систем КТСМ и САОН

Установлено, что с увеличением числа обслуживаемых периферийных устройств диагностики ПК-05 и САОН время задержки передачи информации увеличивается, приближаясь к прямой пропорциональной зависимости с достаточно высокой крутизной.

Характеристика вероятности свободности серверного концентратора информации ЦКИ от числа обслуживаемых периферийных устройств КТСМ и САОН приведена на рисунке 3.

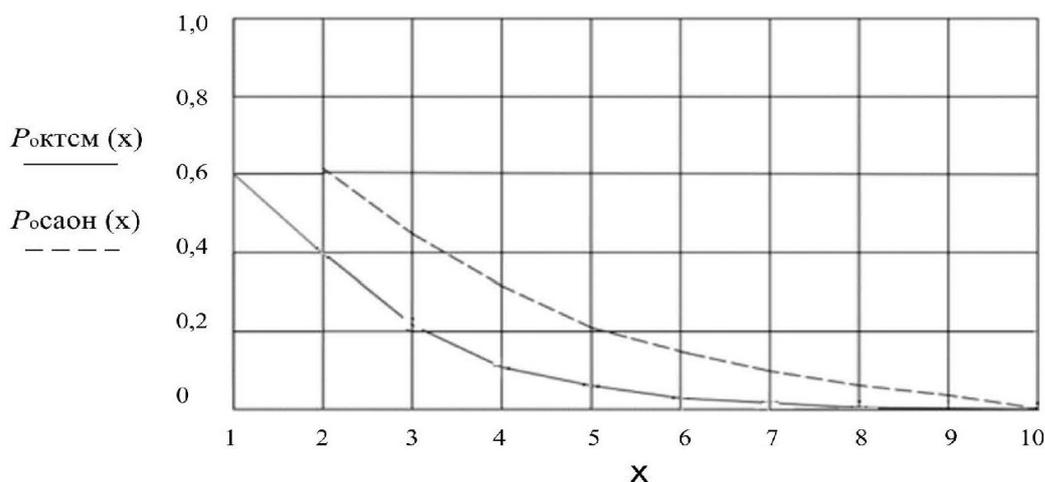


Рис. 3 – Характеристика вероятности свободности ЦКИ от числа обслуживаемых периферийных устройств КТСМ и САОН

Из характеристики, приведенной на рисунке 3, следует, что с увеличением числа периферийных устройств контроля вероятность свободности ЦКИ уменьшается с переменной крутизной. Для улучшения этих показателей вероятности следует переходить на более высокие стандартизованные скорости передачи информации при соблюдении требований по достоверности.

Характеристика среднего количества заявок для периферийных устройств КТСМ и САОН, ожидающих начала обслуживания, приведена на рисунке 4 (x: 1..10).

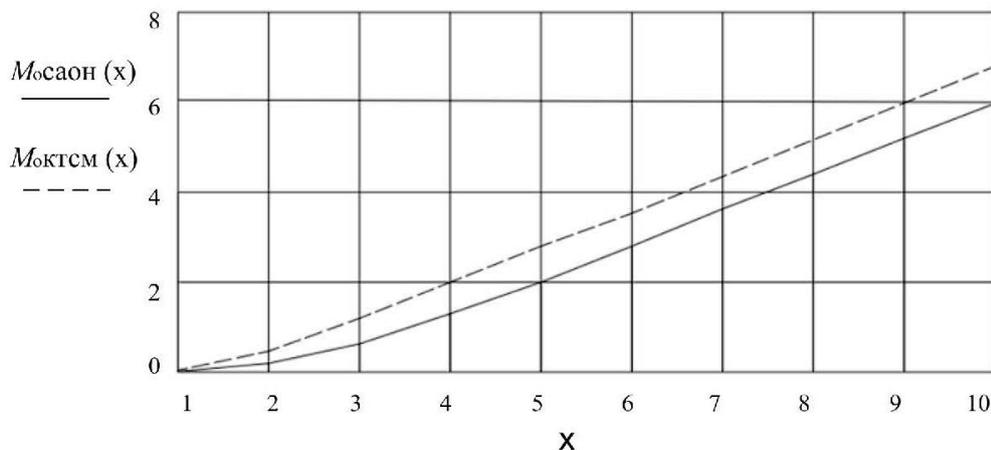


Рис. 4 – Характеристика среднего количества заявок для периферийных устройств КТСМ и САОН, ожидающих обслуживания

Установлено, что увеличение количества заявок незначительно зависит от числа дополнительных периферийных устройств. Это указывает на возможность подключения в системе АСК ПС дополнительных концентраторов КИ-6М и увеличения числа периферийных устройств контроля подвижного состава, например LASCA, УКСБ, ДСИН.

Заключение.

В представленной модели системы МО реализован учет абсолютного приоритета технического контроля проходящего поезда при передаче данных автодиагностики периферийных устройств, что обуславливает использование ее для установления очередности передачи данных с периферийных приборов контроля на серверный АРМ. Сформулирована

рекомендация о переходе на более высокие скорости передачи информации с учетом защитного шифрования от помех. Модель автодиагностики с использованием преимуществ, обеспечиваемых системой МО, существенно повышает эффективность и надежность работы системы АСК ПС в целом.

Список литературы

1. Бурченков, В. В. Автоматизация технического контроля и диагностики подвижного состава железных дорог : монография / В. В. Бурченков // Гомель, БелГУТ. – 2020. – 252 с.
2. Овчаров, Л.А. Прикладные задачи по теории массового обслуживания / Л.А. Овчаров. – М.: Машиностроение, 1969. – 324 с.