

20. Daniel S.E., Tsoulfas G.T., Pappis C.P., Rachaniotis N.P. Aggregating and evaluating the results of different Environmental Impact Assessment methods // Ecol. Ind., 4, 125(2004).
21. Kara S., Manmek S., Kaebnick H. An Integrated Methodology to Estimate the External Environmental Costs of Products // CIRP Annals, 56(1), 9 (2007).
22. Khan F.I., Sadiq R., Veitch B. Life cycle iNdeX (LInX): a new indexing procedure for process and product design and decision-making // J. Cleaner Prod., 12, 59 (2004).
23. Soares S.R., Toffoletto L., Desche L. Development of weighting factors in the context of LCIA // J. Cleaner Prod., 14, 649 (2006).
24. Humbert S., Margni M., Jolliet O. IMPACT 2002+: User Guide. Draft for version 2.1 [Electron. resource] // Risk Science Center of University of Michigan. – Access link: <http://www.sph.umich.edu/riskcenter>
25. Brentrup F. et al. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology: II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems // Europ. J. Agronomy, (20), 265 (2004).
26. Frischknecht et al. (2003). Ecoinvent Database: [Electron. resource]. – Access link: <http://www.ecoinvent.ch>
27. Climate Change 2001: The Scientific Basis [Electron. resource] // Intergovernmental Panel on Climate Change, UNEP, WMO. – Access link: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm
28. Humbert S., Margni M. and Jolliet O. IMPACT 2002+ – Methodology Description (2005) [Electron. resource] // Risk Science Center of University of Michigan. – Access link: <http://www.sph.umich.edu/riskcenter>
29. CML 2002 v2.6: Impact Assessment: [Electron. resource]. – Access link: http://www.cml.leiden.edu/characterisation_factors/juli2002.xls
30. Sleeswijk A.W. et al. Normalisation in product life cycle assessment: An LCA of the global and European economic systems in the year 2000 // Sc. Tot. Env., 390, 227 (2008)

УДК 629.4.067.3:629.4.027.11

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ БУКС

В.М. Петухов

Аспирант, старший преподаватель
Кафедра «Вагоны»

Украинская государственная академия железнодорожного
транспорта
пл.Фейербаха, 7, г.Харьков, Украина
Контактный телефон: (057) 730-10-35
e-mail: petuhowad@rambler.ru

Приводятся и анализируются тепловые статистические характеристики роликовых букс грузовых вагонов, такие как одномерные функции распределения амплитудных значений сигналов нормально греющихся и перегретых букс; двумерные и многомерные функции распределения амплитудных значений сигналов двух (или нескольких) букс вагона; вероятности появления сигналов от нормально греющихся и перегретых букс

Введение

Технология непосредственного контроля и диагностики буксовых узлов с помощью бортовых диагностических станций (БДС) призвана обеспечить раннее обнаружение и предупреждение о неисправностях букс [1].

Автоматическое распознавание неисправных букс осуществляется на основе анализа и обработки

по определенным алгоритмам характеристик телеметрических сигналов, поступающих от буксовых узлов.

Эти сигналы являются результатом преобразования температуры букс в цифровую форму. Изучение статистических характеристик телеметрических сигналов от букс имеет первостепенное значение при разработке методов и технических средств автоматического обнаружения аварийных букс.

Основная часть

Параметры телеметрических сигналов от букв определяются температурой подшипника (или шейки оси колесной пары). Температура подшипника на любом отрезке пути изменяется по экспоненте, параметры которой являются случайными величинами, зависящими от многих факторов: состояния буксового узла, температуры наружного воздуха, скорости поезда, нагрузки на ось и др.

Это означает, что установившийся режим теплообмена для каждой буквы наступает в «свое» время. Экспериментально установлено, что установившийся режим буквы наступает через 30–40 км от момента начала движения поезда[2].

Основными статистическими характеристиками телеметрических сигналов от букв являются: одномерные функции распределения амплитудных значений сигналов нормально греющихся и перегретых букв; двумерные и многомерные функции распределения амплитудных значений сигналов двух (или нескольких) букв вагона; вероятности появления сигналов от нормально греющихся и перегретых букв.

Одномерные функции распределения амплитуд сигналов букв

Телеметрические сигналы от букв представляют собой последовательность однополярных импульсов, строго говоря, такая последовательность не является ни стационарным, ни эргодическим процессом, так как средние значения амплитуд импульсов отличаются как от реализации к реализации (например, от одного поезда к другому), так и во времени. Первое обстоятельство обусловлено режимом движения поезда по участку безостановочного следования, его загрузкой; второе – климатическими условиями.

Поэтому при определении статистических характеристик телеметрических сигналов букв проводилось усреднение, как по множеству реализаций, так и во времени.

Статистические характеристики, полученные в результате такого усреднения, не зависят от времени и номера реализации и характеризуют некоторую обобщенную последовательность сигналов. В дальнейшем под термином «телеметрические сигналы от букв» будем понимать такую «среднестатистическую» импульсную последовательность.

Плотность вероятности значений амплитуд сигналов нормально греющихся $W_{11}(x)$ и перегретых $W_{12}(x)$ букв хорошо аппроксимируется логарифмически-нормальными законами распределения[2]:

$$W_{1k}(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } \infty < x \leq 0 \\ \frac{1}{\sqrt{2\pi y_k x}} \exp\left[-\frac{(\ln x - a_k)^2}{2y_k^2}\right] & \text{при } x > 0 \end{cases} \quad (1)$$

где a_k, σ_k – параметры логарифмически-нормального распределения; $k \in \{1, 2\}$ - индекс, указывающий на принадлежность параметра соответственно к классу нормально греющихся и перегретых букв.

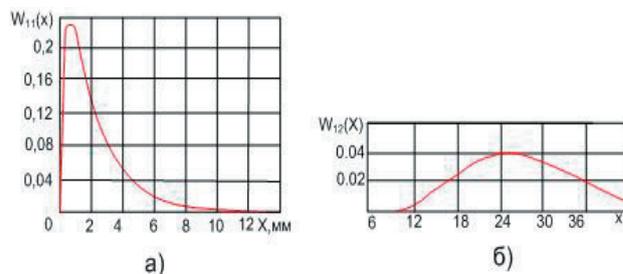


Рисунок 1. Непрерывные законы распределения плотности вероятности амплитуд сигналов нормально греющихся (а) и перегретых (б) роликовых букв

Исследования показывают, что распределения амплитуд сигналов нормально греющихся роликовых букв, а также амплитуд сигналов перегретых роликовых букв с достаточной точностью также могут быть аппроксимированы логарифмически-нормальными законами. На рис.1а, показаны гистограммы и непрерывные законы распределения амплитуд сигналов нормально греющихся роликовых букв $W_{11}(x)$, а на рис. 1б – перегретых роликовых букв $W_{12}(x)$. Параметры, по которым на указанных рисунках построены непрерывные законы, приведены в табл.1.

Таблица 1

Значения параметров и моментов законов распределения амплитуд сигналов от роликовых букв

Класс букв	Параметры законов распределений		Моменты законов распределений					
	a_k	σ_k^2	t_1	M_2	M_3	M_4	K	γ
Нормально греющиеся	0,17	0,75	1,72	3,32	26,35	546,4	4,35	46,5
Перегретые	3,33	0,13	29,67	123,5	1400	98500	1,1	3,5

Положительные значения коэффициентов асимметрии нормально греющихся и перегретых букв ($K=4,35$) указывают на то, что среди множества значений сигналов букв каждого из классов могут встречаться значения сигналов, значительно превышающие их средний уровень.

При решении некоторых вероятностных задач, связанных с автоматическим распознаванием греющихся букв, необходимо знать значения моментов распределения амплитуд сигналов букв. Пользуясь общими выражениями начальных (t_n) и центральных (M_n) моментов распределения[3]

$$m_n = \int_{-\infty}^{+\infty} x^n W_{1k}(x) dx ; M_n = \int (x - m_1)^n W_{1k}(x) dx ,$$

где t_1 – математическое ожидание случайной величины x . и подставляя в эти выражения формулу закона распределения амплитуд сигналов (1), после интегрирование и преобразований найдем соотношения между моментами и параметрами закона распределения амплитуд сигналов букв:

$$m_1 = \exp\left(a_k + \frac{\sigma_k^2}{2}\right); \tag{2}$$

$$M_2 = \exp\left(2a_k + \sigma_k^2\right)\left[\exp(\sigma_k^2) - 1\right]; \tag{3}$$

$$M_3 = \exp\left(3a_k + \frac{3}{2}\sigma_k^2\right)\left[2 - 3\exp(\sigma_k^2) + \exp(3\sigma_k^2)\right] \tag{4}$$

$$M_4 = \exp\left(4a_k + 2\sigma_k^2\right)\left[\exp(6\sigma_k^2) - 4\exp(3\sigma_k^2) + 6\exp(\sigma_k^2) - 3\right]. \tag{5}$$

Центральные моменты третьего M_3 и четвертого M_4 порядков являются критериями для оценки соответственно асимметрии и эксцесса закона распределения, который характеризуется коэффициентом асимметрии [3]

$$K = \frac{M_3}{\sqrt{M_2^3}} \tag{6}$$

и коэффициентом эксцесса

$$\gamma = \frac{M_4}{M_2^2} - 3 \tag{7}$$

Значения параметров законов распределения и моментов, рассчитанных по формулам (2) – (7) для амплитуд сигналов нормально греющихся и перегретых букс, сведены в табл. 1.

Многомерные функции распределений амплитуд сигналов букс

Для записи многомерных законов распределения совокупности амплитуд сигналов букс одного вагона, необходимых при аналитическом определении законов распределения различных признаков распознавания греющихся букс, надо располагать сведениями о корреляции амплитуд сигналов различных пар букс в вагоне.

Мерой такой корреляции являются коэффициенты корреляции r_{ij} между амплитудами сигналов i -й и j -й букс, которые представляют собой средние значения произведений нормированных отклонений пар случайных амплитуд сигналов. Экспериментальные исследования показали, что если цифровыми индексами последовательно обозначить номера осей одного вагона, то коэффициенты корреляции между амплитудами сигналов букс каждой из сторон четырехосного вагона можно записать в виде корреляционной матрицы

$$r_{ij} = D_n = \begin{bmatrix} 1 & 0.4 & 0.3 & 0.3 \\ & 1 & 0.3 & 0.3 \\ & & 1 & 0.4 \\ & & & 1 \end{bmatrix} \tag{11}$$

Коэффициенты корреляции между амплитудами сигналов букс одной колесной пары $r_{ij} = 0,6$. Как следу-

ет из приведенных матриц, коэффициент корреляции амплитуд сигналов букс одной тележки, как правило, на 0,1–0,2 выше коэффициента корреляции амплитуд сигналов разных тележек, а коэффициент корреляции амплитуд сигналов букс одной колесной пары на 0,1–0,2 выше коэффициента корреляции амплитуд сигналов букс одной тележки.

Корреляция амплитуд сигналов букс зависит от загрузки вагона.

В незагруженных составах корреляция между температурой нагрева корпусов букс менее выражена, а иногда и вовсе отсутствует.

Сведения о коэффициентах корреляции и специфический вид выражения одномерного закона распределения амплитуд сигналов позволяют записать выражение многомерного закона распределения плотности вероятности логарифмов амплитуд сигналов любого числа букс в вагоне:

$$W_{nk}(\ln x_1, \dots, \ln x_n) = \frac{1}{\sigma_{1k}, \dots, \sigma_{nk} \sqrt{(2\pi)^2 D_{nk}}} \exp\left\{-\frac{1}{2D_{nk}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n D_{ij} \frac{\ln x_i - a_{ik}}{\sigma_{ik}} \frac{\ln x_j - a_{jk}}{\sigma_{jk}}\right\} \tag{12}$$

где $a_{ik}, a_{jk}, \sigma_{ik}, \sigma_{jk}$ – параметры распределения; D_{nk} , – определитель n -го порядка; D_{jk} – алгебраическое дополнение элемента g_{ij} в определителе D_{nk} .

Для букс одной колесной пары или двух букс одной стороны тележки вагона формула (12) имеет вид

$$W_{2k}(\ln x_1, \ln x_2) = \frac{1}{2\pi \sigma_{1k} \sigma_{2k} \sqrt{1 - r_{12k}^2}} \times \exp\left\{-\frac{1}{2(1 - r_{12k}^2)} \left[\frac{(\ln x_1 - a_{1k})^2}{\sigma_{1k}^2} - 2r_{12k} \frac{(\ln x_1 - a_{1k})(\ln x_2 - a_{2k})}{\sigma_{1k} \sigma_{2k}} + \frac{(\ln x_2 - a_{2k})^2}{\sigma_{2k}^2} \right]\right\} \tag{13}$$

Как видно из выражений (12) и (13), переход от амплитуд сигналов букс к их логарифмам позволяет в качестве закона распределения амплитуд сигналов использовать n -мерную функцию нормального распределения.

Это позволяет в аналитическом виде решать задачи, связанные с исследованием методов обнаружения перегретых букс.

Вероятностные характеристики классов нормально греющихся и перегретых букс.

При решении задач оптимизации обнаружения перегретых букс и других задач статистического распознавания необходимо иметь сведения о вероятности классов распознаваемых объектов.

Специфическим моментом в случае обнаружения перегретых букс является зависимость вероятности классов нормально греющихся и перегретых букс от размеров движения поездов по участку контроля, от расстояния, пройденного поездом до точки контроля других факторов.

На рис.2 показана усредненная зависимость вероятности появления перегретой буксы $P(n)$ от расстояния, пройденного поездом до точки его контроля.

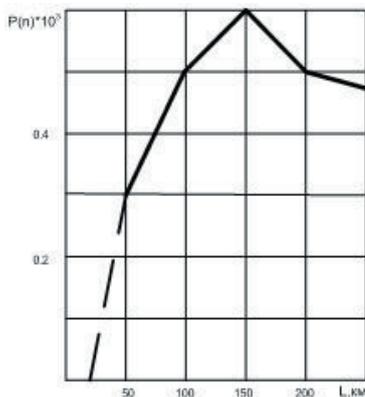


Рисунок 2. Вероятность появления перегретой буксы в зависимости от длины пробега поезда

Априорная вероятность появления в поезде перегретой буксы определялась отношением числа перегретых букс N_n к общему количеству букс в поездах N_0 :

$$P(n) = \frac{N_n}{N_0}$$

Априорную вероятность появления нормально греющейся буксы можно найти из соотношения $P(n) = 1 - P(n)$.

Вывод

Таким образом в статье были проанализированы основные тепловые статистические характеристики сигналов от роликовых букс для дальнейшего их использования в системе распознавания, используемой для технологии непосредственного контроля и диагностики буксовых узлов с помощью бортовых диагностических станций.

Литература

1. Петухов В.М. Буксовая диагностическая станция//Сб. науч. работ. - Донецк: ДонИЖТ, 2008.-Вып.№13.-С.96-101.
2. Е.Е.Трестман, С.Н. Лозинский, В.Л.Образцов Автоматизация контроля буксовых узлов в поездах. – М.: Транспорт, 1983. – 352 с.
3. Н.В.Смирнов, И.В. Дунин-Барковский Курс теории вероятности и математической статистики для технических приложений.—М.: Наука, 1965.—511с

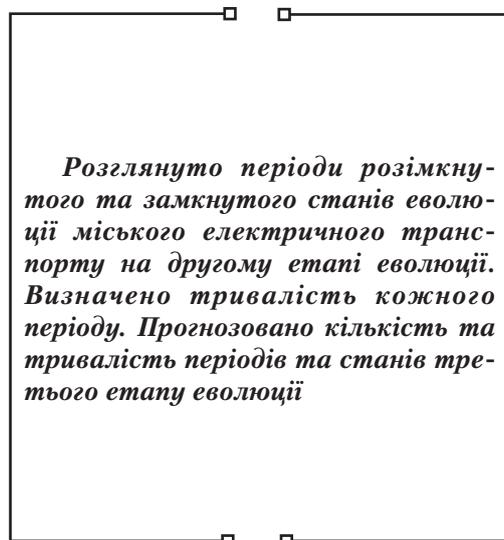
УДК 656.135

ДО ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Я. В. Санько

Асистент

Кафедра транспортних систем і логістики
Харківська національна академія міського господарства
вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61002
Контактний тел.: (057)755-23-99



1. Вступ

Проголошення у вересні 1991 року України як незалежної держави відкрило реальні перспективи для переходу від командно-адміністративних методів господарювання до радикальних змін всієї сукупності виробничих відносин, до створення відкритого народного господарства ринкового типу з високим

рівнем мотивації праці, структурною збалансованістю й організаційно-технологічною досконалістю.

Перехід до ринкових методів господарювання вимагає ліквідації командно - адміністративної системи керування економікою держави, широкого реформування форм власності, комерціалізації й приватизації державних підприємств, корінної перебудови фінансово - кредитної системи й ін. Інакше кажучи, нові