

УДК 658.513.012.12

С. К. Мещанинов, д-р техн. наук

ЗАДАЧА О МАКСИМУМЕ ПРОИЗВЕДЕНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Аннотация. Представлены результаты аналитических исследований оценки надежности и эффективности использования контролирующей–управляющей электронной аппаратуры как сложной технической эволюционирующей системы с использованием задачи о максимуме произведения. Рассмотрена классификация факторов, определяющих эффективность функционирования электронной аппаратуры различного назначения.

Ключевые слова. Электронная аппаратура, сложная техническая система, вероятность, электронная система, максимум произведения, подсистема, эффективность, надежность, эволюция, режим эксплуатации

S. K. Meshaninov, ScD.

A TASK ABOUT A MAXIMUM OF A MULTIPLICATION APPLIED TO THE RELIABILITY ESTIMATION OF ELECTRONIC SYSTEMS FUNCTIONING

Abstract. The are presented results of analytical researches of estimation the reliability and efficiency of the use the control electronic apparatus as a difficult technical system evolving by the use of task about a maximum of product. There are considered the classification of factors, qualificatory efficiency of functioning electronic apparatus in the different setting.

Keywords. Electronic apparatus, complex technical system, probability, electronic system, maximum of product, subsystem, efficiency, reliability, evolution, mode of exploitation

С. К. Мещанинов, д-р техн. наук

ЗАДАЧА ПРО МАКСИМУМ ДОБУТКУ СТОСОВНО ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

Анотація. Наведено результати аналітичних досліджень оцінки надійності і ефективності застосування контрольно-керуючої електронної апаратури як складної технічної еволюціонуючої системи з використанням задачі про максимум добутку. Розглянуто класифікацію факторів, що визначають ефективність функціонування електронної апаратури різного призначення.

Ключові слова. Електронна апаратура, складна технічна система, ймовірність, електронна система, максимум множини, підсистема, ефективність, надійність, еволюція, режим експлуатації

Введение. Анализ работы современных управляюще–контролирующих электронных систем (ЭС) любого типа целесообразно осуществлять с использованием задачи о максимуме произведения. На сегодняшний день практически во всех отраслях промышленности они находят свое широкое применение. В частности, при контроле и управлении уровнем промышленной безопасности в угольных шахтах известны и широко применяются следующие их типы: «Trollex», «Transmitton» и другие [1]. Известно на сегодняшний день большое число электронно–управляющих систем для угольной промышленности, часть из них описана в работах [2 – 10] В соответствии с работой [11], задача о максимуме произведения формулируется следующим образом: необходимо найти N неотрицательных чисел, сумма которых не

превосходит заданного числа $a > 0$ и которые имеют при этом максимальное произведение.

Постановка задачи исследований. Для ЭС как одной из наиболее технологически нагруженных управляющих элементов современного производства эта задача может быть сформулирована следующим образом.

Пусть $0 < a \leq 1$ – вероятность безаварийной работы; $P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n$ – произведение вероятностей безотказной работы подсистем ЭС; n – число подсистем ЭС.

Тогда должно выполняться условие

$$\begin{cases} 0 < \sum_{i=1}^n P_i \leq 1 \\ \prod_{i=1}^n P_i \rightarrow \max \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} P_1(t) &= f_{1t}[P_1(t-1), P_1(t)]; \\ P_2(t) &= f_{2t}[P_2(t-1), P_2(t)], \\ P_n(t) &= f_{nt}[P_n(t-1), P_n(t)]. \\ J &= \sum_{i=1}^n P_i(t), \end{aligned} \quad (7)$$

где f_{it} – вектор-функция.

Таким образом, задача оптимального управления надежностью функционирования ЭС заключается в том, чтобы, зная его начальное состояние $\{P_1(0), P_2(0), \dots, P_n(0)\}$, выбрать такое допустимое управление $\{P_1(t), P_2(t), \dots, P_n(t)\}$, которое придаст функционалу (7) максимальное значение.

Более корректно соотношение (7) запишем так:

$$\begin{cases} J_1 = \sum_{i=1}^l a_i(t), \\ J_2 = \sum_{j=1}^k b_j(t), \\ \dots \dots \dots \\ J_n = \sum_{h=1}^q d_h(t). \end{cases} \quad (8)$$

Рассмотрим стационарный процесс, который, пользуясь результатами работы [12], разобьем на $n = \frac{t}{\Delta t}$ интервалов, где t продолжительность процесса; Δt – длительность интервала. Обозначим P_1 – вероятность не превышения уровня x за время Δt . Тогда можно записать следующее приближенное выражение:

$$P_x(t) \approx P_1^n.$$

Для оценки вероятности P_1 используем оценку [11 – 14]:

$$P_x(t) \geq P_0 - N_x(t), \text{ при } t \leq P_0[N_x(t)]^{-1}, \quad (9)$$

где P_0 – вероятность не превышения заданного уровня в начальный момент времени.

$$N_x(t) = \int_0^t n_x(\tau) d\tau, \quad (10)$$

где $n_x(\tau)$ – среднее число выбросов в единицу времени за уровень x .

Тогда

$$P_x(t) = (F_x - n_x \Delta t)^{t/\Delta t}, \quad (11)$$

где F_x – функция распределения величины x .

Положив $\Delta t = 1$, получим

$$P_x(t) = (F_x - n_x \Delta t)^t. \quad (12)$$

Для стационарного процесса выражение (12) может быть переписано в виде

$$P_x(t) = \exp[t \ln(F_x - n_x)]. \quad (13)$$

Для нестационарного процесса –

$$P_x(t) = \exp\left\{ \int_0^t \ln[F_x(\tau) - n_x(\tau)] d\tau \right\}. \quad (14)$$

При обосновании этих зависимостей не делалось никаких предположений о законе распределения ординаты процесса и его длительности. Поэтому выражение (14) можно использовать для произвольного процесса любой длительности, что удовлетворяет условиям функционирования ЭС.

Таким образом, зависимости (1) и (6) являются **условиями** оптимального соотношения между надежностью и эффективностью функционирования контрольно–управляющей ЭС.

Выводы. Получены аналитические выражения, позволяющие выбирать оптимальное соотношение между безопасным и наиболее эффективным режимами эксплуатации ЭС.

Список использованной литературы

1. Мещанинов С. К. Методы моделирования и управления надежностью функционирования горных выработок / С. К. Мещанинов. – Днепропетровск : РИК НГУ, 2011. – 360 с.
2. Поцелуев А. В. Статистический анализ и синтез сложных динамических систем / А. В. Поцелуев. – М. : Машиностроение, 1984. – 208 с.
3. Шульгин В.А. Контроль и управление в больших системах. – Л. : Изд-во Ленингр. Ун-та, 1981 – 172 с.
4. Сабынин А. В. Концептуальный подход к созданию системы управления современной шахтой / А. В. Сабынин, В. Г. Курносов, А. Р. Вовченко // Уголь Украины. – 2006. – № 5. – С. 7–11.

5. Иванов А. А. Автоматизация процессов подземных горных работ /А. А. Иванов., И. А. Бражников, В. В. Ткачев и др. – К. : Вища шк., 1987. – 328 с.

6. Шенброт И. М. Распределенные АСУ технологическими процессами / И. М. Шенброт, М. В. Антропов, К. Я. Давиденко. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 324 с.

7. Чехлатый Н. А. Средства приема и передачи информации о состоянии угольного массива / Н. А. Чехлатый, А. Н. Чехлатый // Уголь Украины. – 1997. – № 12. – С. 42 – 43.

8. Курносов В. Г. Модульно-адаптивная прогностическая система управления угольной шахтой / В. Г. Курносов, О. Ю. Кузьмич, Г. В. Курносов // Уголь Украины. – 2006. – № 4. – С. 11 – 12.

9. Диколенко Е. Я. Опыт использования, тенденции и перспективы развития шахтных информационно-управляющих систем / Е. Я. Диколенко, Э. С. Лапин, В. С. Афондикив // Уголь. – 2003. – № 3. – С. 33 – 37.

10. Свергот Ф. Система дистанционного газоизмерения CST-40 / Ф. Свергот, А. Пашек // Уголь Украины. – 2002. – № 12. – С. 48 – 52.

11. Червонный А. А. Надежность сложных систем [изд. 2-е, перераб. и доп.] / А. А. Червонный, В. И. Лукьященко – М. : Машиностроение, 1976. – 288 с.

12. Переверзев Е.С. Модели накопления повреждений в задачах долговечности / Е. С. Переверзев – К. : Наукова думка, 1995. – 360 с.

13. Suhir E.abc. Could Electronics Reliability be Predicted, Quantified and Assured? *Microelectronics Reliability a University of California, Santa Cruz*, Vol. 53, Issue 7, July 2013, pp. 925 – 936. ISSN: 00262714 CODEN: MCRLASource, doi:10.1016/j.microrel.2013.03.011Document, url: <http://sci-hub.org/pdfcache/2ce7e5ff03cd0652de59c50f6c441a26.pdf>.

14. Yang G. Life Cycle Reliability Engineering (Book), Ford Motor Company, Dearborn, Michigan, United States 23 March 2007, pp. 1 – 517. ISBN: 978-047171529-0 Original language: (In English), doi: 10.1002/9780470117880. Document Type: Book Publisher: John Wiley & Sons, Inc.

Получено 24.10.2013

References

1. Meshaninov S. K. *Metody modelirovaniya i upravleniya nadezhnost'yu funktsionirovaniya gornyx vyrabotok* [Methods of Design and Management Reliability of Functioning of the Mining Workings], (2011), Dnipropetrovsk, Ukraine, *Editing and Publishing Complex of National Mining University*, 360 p. (In Russian).

2. Potseluev A. V. *Statisticheskii analiz i sintez slozhnykh dinamicheskikh system*, [Statistical Analysis and Synthesis of the Complex Dynamic Systems], (1984), Moscow, Russian Federation, *Mashinostroenie Publ.*, 208 p. (In Russian).

3. Shulgin V. A. *Kontrol' i upravlenie v bol'shikh sistemakh*, [Control and Management is in the Big Systems], (1981), Leningrad, Russian Federation, *University of Leningrad Publ.*, 172 p. (In Russian).

4. Sabynin A. V., Kurnosov V. G, Vovchenko A. R., and Sabynin A. V. *Kontseptual'nyi podkhod k sozdaniyu sistemy upravleniya sovremennoi shakhtoi* [Conceptual Going Near Creation of Control System by a Modern Mine], (2006), Kiev, Ukraine, *Ugol Ukrainy Publ*, Vol. 5, pp. 7 – 11 (In Russian).

5. Ivanov A. A., Braznikov I. A., Tkachev V. V. and others. *Avtomatizatsiya protsessov podzemnykh gornyx rabot*, [Automation of Processes of Underground Mountain Works], (1987), Kiev, Ukraine, *Vishcha Shkola Publ*, 328 p. (In Russian).

6. Shenbrot I. M., Antropov M. V., and Davidenko K. Ya. *Raspredelelynye ASU tehnologicheskimi protsessami*, [Distributed Automated Systems of Management Technological Processes], (1985), Moscow, Russian Federation, *Energoatomizdat Publ.*, 324 p. (In Russian).

7. Chehlatiy N.A., Chehlatiy A.N., and Chekhlatyi N.A. *Sredstva priema i peredachi informatsii o sostoyanii ugol'nogo massiva* [Facilities of Reception and State Information Transfer Coal Massive], (1997), Kiev, Ukraine, *Ugol Ukrainy Publ.*, Vol. 12, pp. 42 – 43 (In Russian).

8. Kurnosov V. G., Kuzmich O. Yu., and Kurnosov G. V. *Modul'no-adaptivnaya prognosticheskaya sistema upravleniya ugol'noi*

shakhtoi [Module-adaptive Predictive Control System by the Coal Mine], (2006), Kiev, Ukraine, *Ugol Ukraine Publ.*, Vol. 4, pp. 11 – 12 (In Russian).

9. Dikolenko E. Ya, Lapin E. S, and Afendikov V. S. Opyt ispol'zovaniya, tendentsii i perspektivy razvitiya shakhtnykh informat-sionno-upravlyayushchikh system, [Experience of the Using, Tendencies and Prospects of De-velopment the Mine Informatively–managing Systems], (2003), Moscow, Russian Federation, *Ugol Publ.*, Vol. 3, pp. 33 – 37 (In Russian).

10. Svergot F., Pashek A. Sistema distant-sionnogo gazoizmereniya CST–40, [Gas–testing System CST–40], (2002), Kiev, Ukraine, *Ugol Ukraine Publ.*, Vol. 12, pp. 48 – 52 (In Rus-sian).

11. Chervoniy A. A., Lukiyashenko V. I. Nadezhnost' slozhnykh sistem [Reliability of the Complex Systems], (1976), Moscow, Russian Federation, *Mashinostroenie Publ.*, 288 p. (In Russian).

12. Pereverzev E.S. Modeli nakopleniya povrezhdenii v zadachakh dolgovechnosti, [Models of Accumulation of Damages in the Tasks of Longevity], (1995), Kiev, Ukraine, *Naukova Dumka Publ.*, 360 p. (In Russian).

13. Suhir E. Could Electronics Reliability be Predicted, Quantified and Assured Microe-lectronics Reliability a University of California, Santa Cruz, Vol. 53, Issue 7, July 2013, pp. 925 – 936. ISSN: 00262714 CODEN: MCRLA Source, doi:10.1016/j.microrel.2013.03.011Document, url: <http://sci-hub.org/pdfcache/2ce7e5ff03cd0652de59c50f6c441a26.pdf>.

14. Yang G. Life Cycle Reliability Engi-neering (Book), Ford Motor Company, Dear-born, Michigan, United States 23 March 2007, pp. 1 – 517. ISBN: 978-047171529-0 Original language: (In English), doi: 10.1002/9780470117880. Document Type: Book Publisher: John Wiley & Sons, Inc.



Мещанинов Сергей
Карминович, д–р
техн. наук, профессор
каф. электроники
Днепродзержинского
государственного
ун-та, тел: 066-4029579
E-mail:
sergey.meshaninov@mail.ru