

УДК 658.513.012.12

С.К. Мещанинов (д-р техн. наук, проф.),
В.В. Багрий (канд. техн. наук, доц.), М.А. Лижнык
Днепродзержинский государственный технический университет, г. Днепродзержинск
кафедра электроники
E-mail: sergey.meshaninov@mail.ru; max.lizhnyk@mail.ru

ОЦЕНКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОЙ СИСТЕМЫ

Приведены данные аналитической оценки эффективности обеспечения управления надежностью функционирования человеко-машинной системы в условиях современного производства. В основу рассмотрения положено исследование надежности функционирования подсистемы «человек-оператор» в смысле его взаимодействия с электронной контрольно-управляющей системой. Получены аналитические выражения, позволяющие выбирать оптимальное соотношение между надежным и наиболее эффективным режимами эксплуатации человеко-машинной системы. Сформулирована задача оптимального управления надежностью функционирования человеко-машинной системы.

Ключевые слова: эффективность, человеко-машинная система, надежность, сложная техническая система, человек-оператор.

Введение. В настоящее время все острее возникает необходимость обеспечить безотказную работу машин и различного рода технологического и иного оборудования в различных сферах производства и других сферах человеческой деятельности. Имеющийся на сегодняшний день опыт эксплуатации человеко-машинных систем (ЧМС) в условиях современного высокотехнологичного производства показал, что наиболее существенное влияние на качество решения сложных задач управления технологическим процессом оказывает именно информационная эффективность процесса управления [1, 2]. При этом под информационной эффективностью будем понимать состав и объем перерабатываемой и отображаемой информации, а также качество и своевременность этих операций.

Постановка задачи исследований. При эксплуатации сложных машин и комплексов человек и машина становятся объединенными в одну сложную техническую систему (СТС). В процессе ее функционирования в подсистеме ЧМС происходит приспособление (адаптация) человека и остальных ее подсистем, в результате чего надежность функционирования в целом по системе может быть, как повышена, так и понижена. В целом, ЧМС является восстанавливаемой и обслуживаемой. Поэтому она обладает структурным, информационным и функциональным резервированием и ее надежность, в целом, может быть выше надежности остальных подсистем СТС. Работоспособность и надежность ЧМС в значительной степени зависят от психофизиологических особенностей человека и от приспособленности машин к взаимодействию с человеком. При этом, как правило, определяющее значение в смысле обеспечения надежного и эффективного функционирования ЧМС имеет качество принятия решения (ПР) человеком-оператором. В связи с этим, **целью настоящей работы** является исследование информационной эффективности управления надежностью функционирования ЧМС.

Основная часть. В качестве критерия оценки качества ПР человеком-оператором выберем вероятность своевременного и безошибочного (оптимального) решения задач управления [2] P . В предположении независимости вероятностей своевременного P_t и безошибочного (оптимального) решения P_{opt} , интегральный критерий качества может быть записан

в следующем виде:

$$P = P_t \cdot P_{opt}. \quad (1)$$

Связь между временем переработки информации T_0 человеком-оператором и ее объемом I определяется законом Хика-Хаймена [3, 4]:

$$T_0 = \alpha_0 + \beta_0 \cdot I, \quad (2)$$

где α_0 и β_0 – константы, определяемые экспериментально и зависящие от характера решаемой задачи.

Для определения вероятности своевременного и оптимального решения управленческих задач человеком-оператором использована интерпретация его действий одноканальной системой массового обслуживания с ограниченным временем ожидания [5]. Для подобной системы можно записать следующее выражение:

$$P_t = \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{1 + \beta} + \frac{\alpha}{1 + \beta} \sum_{s=1}^{\infty} \frac{\alpha^s}{\prod_{m=1}^n [1 + (1 + m)\beta]}}, \quad (3)$$

где $\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$; $\beta = \frac{g}{\mu}$; $g = \frac{1}{T_{дон}}$; λ – интенсивность возникновения задач; $T_{дон}$ – допустимое время ожидания.

Увеличение объема перерабатываемой информации приводит к возрастанию эффективности управления [6, 7]:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\max} \left[1 - B_0 \exp\left(-\frac{I}{I_0}\right) \right], \quad (4)$$

где \mathcal{E}_{\max} – эффективность идеально работающей системы при наличии полной и точной информации; B_0 – начальная энтропия (неупорядоченность) системы; I_0 – константа (объем информации перед началом эксплуатации системы); $B_0 = 1 - P_0$; P_0 – вероятность успешного (правильного) решения задачи управления (принятия решения) в условиях полной неопределённости.

Тогда вероятность оптимального решения задач человеком-оператором можно найти из соотношения:

$$P_{opt} = 1 - P_0 \exp(-\gamma I), \quad (5)$$

где γ – константа, характеризующая ценность (значимость) информации с точки зрения принимаемых оператором решений.

Используя соотношения (1), (3) и (5) были произведены расчеты значений $P_t(I)$, $P_{opt}(I)$ и $P(I)$ в предположении, что человек-оператор решает логические задачи. Полученные результаты в графической форме приведены на рис. 1. Как видно из полученных данных, для различных условий работы человека-оператора, характеризуемых различной интенсивно-

стью возникновения задач управления λ , существует определенное значение оптимального объема перерабатываемой информации, которое может быть оценено при помощи предлагаемого в данной работе подхода. Более детально описать полученные результаты.

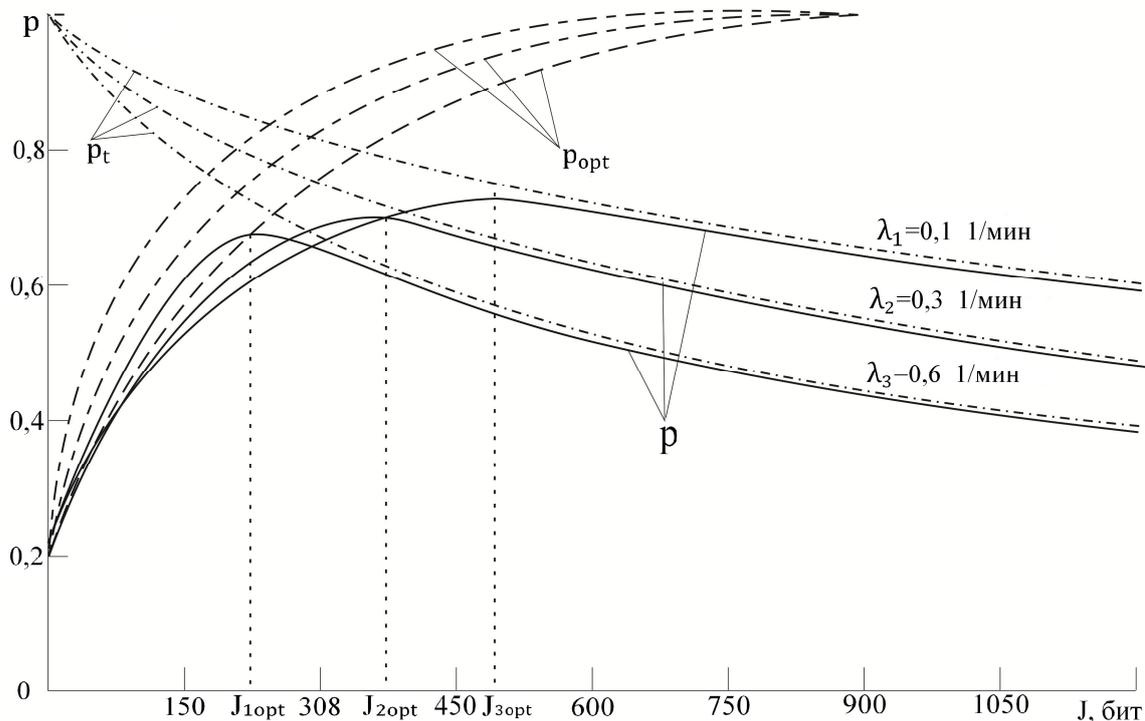


Рисунок 1 – Зависимость вероятности решения задачи управления от объема перерабатываемой информации

Относительная ценность элементов информационной модели может быть определена как приращение интегрального показателя качества принимаемых решений за счет увеличения объема перерабатываемой информации:

$$C_{\Delta I} = \frac{P(I + \Delta I) - P(I)}{\Delta I}. \tag{6}$$

При рассмотрении информационной модели следует помнить, что ее основным управляющим звеном, как правило, является человек-оператор, и, следовательно, одной из задач исследования такой системы есть задача выявления связей между различными факторами, характеризующими ее поведение в пространстве состояний. На рис. 2 представлены схематически входы информации (x_1, x_2, \dots, x_m) и выходы управляющие сигналы и решения – (y_1, y_2, \dots, y_n) информационной модели, которую, учитывая то, что в ее основе находится человек-оператор, можно также, с определенной точки зрения, рассматривать как биосистему [6].

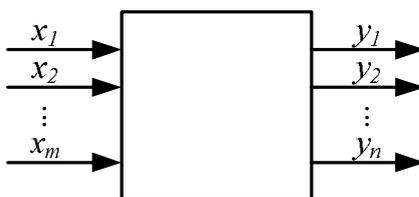


Рисунок 2 – Входы и выходы информационной модели (биосистемы)

При исследовании процесса управления с участием человека-оператора, на наш взгляд, наиболее целесообразно пользоваться математическим аппаратом нелинейной многофакторной регрессии, что дает возможность исследовать влияние нескольких факторов на один управляющий сигнал. В этом случае, зависимости выходных управляющих сигналов y_1, y_2, \dots, y_n от входных возмущений x_1, x_2, \dots, x_m могут быть выражены следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} y_1 &= f_1(t) + \sum_{i=1}^m a_{11}x_i + \sum_{i=1}^m a_{12}x_i^2 + \dots + \sum_{i=1}^m a_{1k}x_i^k; \\ y_2 &= f_2(t) + \sum_{i=1}^m a_{21}x_i + \sum_{i=1}^m a_{22}x_i^2 + \dots + \sum_{i=1}^m a_{2k}x_i^k; \\ &\dots \\ y_n &= f_n(t) + \sum_{i=1}^m a_{n1}x_i + \sum_{i=1}^m a_{n2}x_i^2 + \dots + \sum_{i=1}^m a_{nk}x_i^k. \end{aligned} \quad (7)$$

где $f_m(t)$ – функционал, учитывающий стохастический характер входных сигналов возмущений); a_{nk} – группа неизвестных коэффициентов нелинейного уравнения регрессии, которые определяются с помощью метода наименьших квадратов путем решения системы алгебраических уравнений [6]; t – время.

Эффективность функционирования контролирующе-управляющей системы (КУС) зависит от своевременного и правильного решения человеком-оператором возникающих информационно-управленческих задач [1]:

$$W = F(P_1, \dots, P_i, \dots, P_N), \quad (8)$$

где P_i – вероятность своевременного и правильного решения человеком-оператором i -ой задачи ($i=1 \dots N$).

Разложив (8) в ряд Маклорена и ограничившись первыми членами ряда, получаем следующее выражение:

$$W \approx W_0 + \sum_{i=1}^N \frac{\partial W}{\partial P_i} P_i, \quad (9)$$

где $W_0 = F(x_i)$ – эффективность системы при отсутствии участия оператора в процессе управления; $\frac{\partial W}{\partial P_i} = C_i$ – величина, характеризующая степень влияния i -ой задачи на эффективность работы системы (степень важности задачи).

Для упрощения дальнейших математических выкладок, однотипные управленческие задачи целесообразно объединить в группы. Тогда выражение (9) можно переписать в виде:

$$W \approx W_0 + \sum_{i=1}^N C_i N_i K_i P_i, \quad (10)$$

где N_i, P_i – количество возникших задач i -ой группы и вероятность своевременного и правильного их решения, соответственно; K_i – коэффициент, характеризующий интенсивность информационной нагрузки на человека-оператора при возникновении управленческих задач i -ой группы.

Сумма в выражении (10) является приростом эффективности системы управления за счет действий оператора и может, таким образом, служить обобщенным критерием эффективности ПР человеком-оператором:

$$Q = \sum_{i=1}^N C_i N_i K_i P_i. \quad (11)$$

Следует отметить, что на сегодняшний день, коэффициенты C_i обычно определяются экспертами, и, являются, по сути, так называемыми «весовыми коэффициентами», невысокая информационная эффективность которых хорошо известна [7, 8].

Исходя из этого, вопросы повышения эффективности и надежности функционирования ЧМС более целесообразно, на наш взгляд, рассматривать с использованием задачи о максимуме произведения, которая формулируется следующим образом [9]:

Пусть $0 < a \leq 1$ – вероятность безаварийной работы; $P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n$ – произведение вероятностей безотказной работы подсистем ЧМС; n – число ее подсистем. Тогда должно выполняться условие:

$$\begin{cases} 0 < \sum_{i=1}^n P_i \leq 1; \\ \prod_{i=1}^n P_i \rightarrow \max. \end{cases} \quad (12)$$

Величины $\sum_{i=1}^n P_i$ и $\prod_{i=1}^n P_i$ являются фазовыми координатами, а произведения величин $P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n$ – управляющими параметрами.

Если выполняется условие (12), то соотношение между надежностью и эффективностью функционирования ЧМС оптимально с точки зрения использования задачи о максимуме произведения.

Таким образом, для оптимального режима функционирования ЧМС должны выполняться следующие условия:

$$\begin{cases} P_{i \text{ доп}} \leq P_i(t) \leq 1 - P_i(t-1); \\ P_i(t) \in [P_{i \text{ доп}}; 1] = \Omega. \end{cases} \quad (13)$$

где Ω – область управления, $P_{i \text{ доп}}$ – допустимая вероятность безаварийной работы.

Будем считать, что время t может принимать лишь дискретное множество значений: $t = 0; 1, \dots, N$, причем N – время непрерывной (безотказной) работы системы. Тогда управление может быть выражено с помощью следующего соотношения:

$$\{P_1(t), P_2(t), \dots, P_n(t)\}. \quad (14)$$

В каждый момент времени t состояние ЧМС характеризуется n фазовыми координатами: x_1, x_2, \dots, x_n , т.е. точкой X пространства E^n . Итак, каждый момент времени t фазовое состояние $X(t)$ имеет n координат. Таким образом, состояние каждой из подсистем управляемой технологической системы характеризуется соответственно наборами l, k, m, q, \dots координат (параметров).

Тогда, окончательно, для любого момента времени фазовые состояния ЧМС могут быть аналитически описаны так:

$$P_1(t) = f_1\{a(t)\} = \{a_1(t), a_2(t), \dots, a_l(t)\}; P_n(t) = f_n\{d(t)\} = \{d_n(t), d_n(t), \dots, d_n(t)\}, \quad (15)$$

где f_1, \dots, f_n – некоторые функции; $a_i(t), \dots, d_i(t)$ – функции изменения параметров состояния соответствующих подсистем.

Для каждой из подсистем последовательность:

$$\left\{ \begin{array}{l} a(0), a(1), \dots, a(t), \dots; b(0), b(1), \dots, b(t), \dots; \\ c(0), c(1), \dots, c(t), \dots; d(0), d(1), \dots, d(t), \dots; \end{array} \right\}, \quad (16)$$

является траекторией ее эволюции. Начальное состояние $\{a(0); b(0); c(0); d(0)\}$ должно быть задано, это состояние ЧМС до начала ее функционирования непосредственно после сдачи в эксплуатацию.

Выражение (16) может быть переписано в ином виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 < P_1(t) = \{a(t)\} = f_1\{a_1(t), a_2(t), \dots, a_l(t)\} \leq 1; \\ 0 < P_2(t) = \{b(t)\} = f_2\{b_1(t), b_2(t), \dots, b_k(t)\} \leq 1; \\ \dots \\ 0 < P_n(t) = \{d(t)\} = f_n\{d_1(t), d_2(t), \dots, d_q(t)\} \leq 1. \end{array} \right. \quad (17)$$

Дальнейшее развитие (эволюция) управляемого процесса однозначно определено, если существует управление $P_1(t), \dots, P_n(t)$, задаваемое с помощью соотношений:

$$\begin{aligned} P_1(t) &= f_{1t}[P_1(t-1), P_1(t)]; \\ P_2(t) &= f_{2t}[P_2(t-1), P_2(t)]; \\ P_n(t) &= f_{nt}[P_n(t-1), P_n(t)] \end{aligned} \quad (18)$$

$$J = \sum_{i=1}^n P_i(t), \quad (19)$$

где f_{it} – вектор-функция.

Таким образом, задача оптимального управления надежностью функционирования ЧМС заключается в том, чтобы, зная ее 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 (19) максимальное значение. Более корректно соотношение (19) запишем так:

$$\left\{ \begin{array}{l} J_1 = \sum_{i=1}^l a_i(t); \\ J_2 = \sum_{j=1}^k b_j(t); \\ \dots \\ J_n = \sum_{h=1}^q d_h(t). \end{array} \right. \quad (20)$$

Рассмотрим стационарный процесс, который, пользуясь результатами работы [10], разобьем на $n = t/\Delta t$ 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:

$$P_x(t) \approx P_1^n. \quad (21)$$

Для оценки вероятности P_1 используем оценку [9, 10]:

$$P_x(t) \geq P_0 - N_x(t), \text{ при } t \leq P_0[N_x(t)]^{-1}, \quad (22)$$

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

где

$$N_x(t) = \int_0^t n_x(\tau) d\tau, \quad (23)$$

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

Тогда:

$$P_x(t) = (F_x - n_x \Delta t)^{t/\Delta t}, \quad (24)$$

где F_x – функция распределения величины x .

Положив $\Delta t = 1$, получим:

$$P_x(t) = (F_x - n_x \Delta t)^t. \quad (25)$$

Для стационарного процесса выражение (25) может быть переписано в виде:

$$P_x(t) = \exp[t \ln(F_x - n_x)]. \quad (26)$$

Для нестационарного процесса:

$$P_x(t) = \exp\left\{\int_0^t \ln[F_x(\tau) - n_x(\tau)] d\tau\right\}. \quad (27)$$

При обосновании этих зависимостей не делалось никаких предположений о законе распределения ординаты процесса и его длительности. Поэтому выражение (27) можно использовать для произвольного процесса любой длительности.

Таким образом, зависимости (12) и (17) можно считать условиями оптимального соотношения между надежностью и эффективностью функционирования ЧМС.

Выводы.

1. Получены аналитические выражения, позволяющие оценить оптимальное соотношение между надежным и наиболее эффективным режимами эксплуатации ЧМС.

2. Сформулирована задача оптимального управления надежностью функционирования ЧМС.

Список использованной литературы

1. Мещанинов, С.К. Электронная система биометрического контроля и управления надежностью функционирования человеко-машинной системы Science and education a new dimension / С.К. Мещанинов, Е.М. Гулеша, В.В. Багрий и др.// Natural and technical sciences, II (3). – Budapest, 2014 – Issue 21. – pp. 75 – 78.
2. Мещанинов, С.К. Математическая модель надежности функционирования электронной аппаратуры для биомедицинских исследований/ С.К. Мещанинов, Ю.Ю. Макаренко,

- А.В. Бильчук // Математическое моделирование. – Дніпродзержинськ, 2014. – №1 (30). – С. 15 – 19.
3. Мещанинов, С.К. Исследование эффективности электронной аппаратуры для медико-биологических исследований / С.К. Мещанинов // Радиотехника Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник, 2013. – № 175 – С. 224 – 228.
 4. Новиков, О.А. Прикладные вопросы теории массового обслуживания / О.А. Новиков, С.И. Петухов. – М.: Сов. радио, 1969. – 376 с.
 5. Мещанинов, С.К. Інтегрована система керування клімат-контролем із біологічним зворотнім зв'язком функціонального стану людини «Наука, образование и техника: итоги 2013 года» / С.К. Мещанинов, А.Г. Майхват // Науковий журнал «Аспект», 2013. – №24 (Т.2). – С. 117 – 122.
 6. Meshaninov, S.K. Estimation Method for Safety and Efficiency of the Electronic Equipment for Biophysical Explorations Modern problems of radioengineering, telecommunications, and computer science / S.K. Meshaninov, V.M. Spivak // Proceedings of the XIIIth International Conference TCSET'2016 Lviv-Slavsko, 2016. – pp. 767 – 769.
 7. Бойко, В.І. Исследование надежности функционирования электронных систем на основе синергетического подхода / В.І. Бойко, Р.В. Волошин // Сб. научных тр. Днепродзержинского государственного технического университета (технические науки), 2013. – № 3 (23). – С. 79 – 85.
 8. Мещанинов, С.К. Задача построения адекватного математического описания процесса преобразования сигнала в электронно-измерительной системе / С.К. Мещаников // Радиотехника Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник, 2014. – № 176. – С. 235 – 241.
 9. Переверзев, Е.С. Модели накопления повреждений в задачах долговечности / Е.С. Переверзев. – К.: Наук. думка, 1995. – 360 с.
 10. Meshaninov, S.K. Electronic System of Monitoring the Patients with Cardiovascular Pathology / S.K. Meshaninov // Computational Problems of Electrical Engineering, 2013. – vol. 3, №2. – pp. 67 – 70.

References

1. Meshchaninov, S.K., Gulesha E.M., Bagriy V.V. et al. (2014). «Electronic biometric monitoring and control reliability of man-machine systems Science and education a new dimension», [Natural and technical sciences], II (3)., p. 75 – 78.
2. Meshchaninov, S.K., Makarenko J.J. and Bilchuk A.V. (2014). «Mathematical model of reliability of functioning of electronic equipment for biomedical research», [Mathematical modeling], № 1 (30), pp. 15 – 19.
3. Meshchaninov, S.K. (2013). «Study the effectiveness of electronic equipment for biomedical research», [Radio engineering Ukrainian interdepartmental scientific and technical collection], №175, pp. 224 – 228.
4. Novikov, O.A. and Petukhov S.I. (1969). *Prikladnye voprosy teorii massovogo obsluzhivaniya* [Applied Queuing Theory], Sovetskoe radio, Moscow, Russian Federation.
5. Meschanynov, S.K. and Mayhvat A.G. (2013). «Integrated control climate control with biofeedback human functional state «Science, education and technics: Results of 2013 Year», [Article 10 International scientific conference, Scientific Journal «Aspect»], № 24 (vol. 2). – pp. 117 – 122.
6. Meshaninov, S.K. and Spivak V.M. (2016), «Estimation Method for Safety and Efficiency of the Electronic Equipment for Biophysical Explorations Modern problems of radioengineering,

telecommunications, and computer science», [Proceedings of the XIII-th International Conference TCSET'2016], pp. 767 – 769.

7. Boyko, V.I. and Voloshin R.V. (2013), «Research of reliability of functioning of the electronic systems on the basis of a synergistic approach», [Coll. scientific tr. Dneprodzerzhinsk State Technical University (engineering science)], vol. 3 (23), pp. 79 – 85.
8. Meshchaninov, S.K. (2014), «The task of building an adequate mathematical description of the signal conversion process in the electronic-measuring system», [Radiotekhnika Ukrainian interdepartmental scientific and technical collection], № 176, pp. 235 – 241.
9. Pereverzev, E.S. (1995), *Modeli nakoplenija povrezhdenij v zadachah dolgovechnosti*, [The models of damage accumulation in durability problems], Naukova dumka, Kiev, Ukraine.
10. Meshchaninov, S.K. (2013), «Electronics System of Monitoring the Patients with Cardiovascular Pathology», [Computational Problems of Electrical Engineering], vol. 3, №2, pp. 67 – 70.

Поступила в редакцію:
28.04.2016 г.

Рецензент:
д-р.техн. наук, проф. Зори А.А.

С.К. Мещанінов, В.В. Багрій, М.О. Ліжнік

Дніпродзержинський державний технічний університет

Оцінка інформаційної ефективності управління надійністю функціонування людино-машиної системи. Наведено дані аналітичної оцінки ефективності забезпечення управління надійністю функціонування людино-машиної системи в умовах сучасного виробництва. В основу розгляду покладено дослідження надійності функціонування підсистеми «людина-оператор» в сенсі його взаємодії з електронної контрольно-керуючою системою. Метою цієї роботи було дослідження інформаційної ефективності управління надійністю функціонування людино-машиної системи. Як критерій оцінки якості прийняття рішень людиною-оператором обрана ймовірність своєчасного і безпомилкового (оптимального) рішення задач управління. Для визначення ймовірності своєчасного та оптимального вирішення управлінських завдань людиною-оператором була використана інтерпретація його дій одноканальною системою масового обслуговування з обмеженим часом очікування. Для створення критерію оцінки були використані аналітичні вирази завдання про максимуми добутку. Отримано аналітичні вирази, що дозволяють оцінити оптимальне співвідношення між надійним і найбільш ефективним режимами експлуатації людино-машиної системи. Сформульовано задачу оптимального управління надійністю функціонування людино-машиної системи.

Ключові слова: ефективність, людино-машинна система, надійність, складна технічна система, людина-оператор.

S.K. Meshchaninov, V.V. Bagriy, M.A. Lizhnyk

Dneprodzerzhynsk State Technical University

The estimation of information efficiency of control of reliability of the human-machine system functioning. The paper presents the data analyzes of the effectiveness of reliability control to ensure the functioning of human-machine systems in the terms of modern production. The researches were made on the basis of view that the man-machine system is restored and maintained. Therefore, it has a structural, informational and functional redundancy and reliability, in general, may be higher than the reliability of other subsystems of complex technical systems. The efficiency and reliability of man-machine system is largely dependent on the psycho-physiological characteristics of a person and on the fitness of machines to interact with the person. At the same time, usually crucial in terms of ensuring reliable and efficient operation of the man-machine system is the quality of

a decision by a human operator. The basis of the examination is the study of reliability of functioning of a subsystem "human operator" in the sense of its interaction with the electronic control and management system. The aim of this study was to investigate the efficiency of information management reliability of a man-machine system. As a decision-making criterion for assessing the quality of human operator's decisions we selected the likelihood of timely and error-free (optimal) control tasks. In reviewing the information model it should be remembered that its main control element, usually a human operator, and therefore, one of the objectives of the study of such a system is the problem of the links between the various factors that characterize its behavior in the state space. During its operation a man-machine system occurs tool (adaptation) of human and other subsystems, whereby the reliability of the system as a whole may be enhanced or lowered. To determine the probability of timely and optimal management of tasks by a human operator, we used the interpretation of his actions by a single-channel queuing system with limited waiting time. Analytical expressions of the problem of maximizing the product have been used to develop evaluation criteria. The analytical expressions, allowing estimating the optimal ratio between the safe and the most effective modes of operation of the man-machine system are obtained. The problem of optimal control of the reliability of the human-machine system is formulated.

Keywords: *efficiency, man-machine system, reliability, complex technical system, human operator.*



Мещанинов Сергей Карминович, Украина, окончил Днепропетровский государственный университет, докт. техн. наук, профессор, зав каф. электроники. ВУЗ «Днепродзержинский государственный технический университет» (ул. Днепростроевская, 2, г. Днепродзержинск, 51918, Украина). Основное направление научной деятельности – надежность функционирования электронных систем, биометрия



Багрий Виктор Васильевич, Украина, окончил Днепродзержинский государственный технический университет, канд. техн. наук, доцент ВУЗ «Днепродзержинский государственный технический университет» (ул. Днепростроевская, 2, г. Днепродзержинск, 51918, Украина). Основное направление научной деятельности – анализ функционирования электронных цепей, материалы электронной техники.



Лижнык Максим Александрович, Украина, 5 курс, магистрант ВУЗ «Днепродзержинский государственный технический университет» (ул. Днепростроевская, 2, г. Днепродзержинск, 51918, Украина). Основное направление научной деятельности – надежность функционирования человеко-машинных систем, биометрия.