

## ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В настоящее время поиск путей совершенствования эргатических систем ведется по целому ряду направлений. В данной статье выделяется направление, связанное с переоценкой роли человеческого фактора. Настоятельная необходимость развития именно этого направления связана с тем, что для современных эргатических систем существенно изменились функциональное назначение и роль в них человека-оператора. При экспериментальном исследовании операторской деятельности используется, в большинстве случаев, метод экспериментальных оценок. При этом формирование согласованной группы экспертов является одним из решающих факторов получения достоверных данных. Для формирования такой группы экспертов в настоящей статье предложен алгоритм целенаправленного просмотра и фильтрации экспертной группы. Кроме того, в статье определены этапы экспертной оценки деятельности операторов эргатических систем и задачи, решаемые на каждом из этих этапов.

**Ключевые слова:** эргатическая система, оператор, экспертная оценка, коэффициент конкордации.

В настоящее время проблема совершенствования операторской деятельности приобрела особую остроту в современных системах управления технологическими процессами и сложными подвижными объектами, или, иными словами, в эргатических системах (ЭС). От ее решения зависит дальнейшее повышение эффективности как уже эксплуатируемых систем «человек-техника», так и вновь разрабатываемых производственно-технологических комплексов и подвижных объектов. Оператор таких систем принимает, как правило, наиболее ответственные решения, причем от правильности его действий, умения своевременно найти и реализовать верное в сложной ситуации решение, зависит не только эффективность поставленных перед ним задач, но, в ряде случаев, целостность объекта управления и безопасность людей.

При количественном или качественном описании комплекса внешних взаимосвязей человека-оператора и его внутренних процессов можно выделить следующие группы характеристик операторской деятельности в ЭС [1]:

- аппаратные;
- функциональные;
- индивидуальные;
- внешней среды;
- организационные.

Основными особенностями деятельности человека-оператора в сложных эргатических системах являются:

- человек-оператор управление объектом осуществляет с помощью органов управления, используя информационную модель;
- в процессе управления человеку-оператору приходится решать такие задачи, возникновении которых нельзя предвидеть заранее.

Так как ЭС должна обеспечивать благоприятный исход при любых воздействиях, то отсюда следует необходимость обеспечения высокой надежности оператора, характеризующейся в первую очередь, его высоким профессиональным уровнем подготовки. Под этим уровнем согласно [2] понимается способность человека-оператора выполнять определенную деятельность с определенным качеством, определенных совокупностью специальных знаний, умений и навыков.

При экспериментальном исследовании операторской деятельности используют, как правило, метод экспертных оценок [3].

В самом общем виде деятельность оператора эргатической системы можно представить циклически повторяющейся последовательностью этапов:

- восприятие информации, необходимой для выполнения профессиональных функций в эргатической системе;
- обработка полученной информации и принятие решений по реализации управляющих воздействий;
- контроль и анализ полученных результатов.

Очевидно, что конкретное содержание этих этапов, значимость решаемых оператором задач, особенности взаимодействия с другими элементами системы и внешней средой, наконец, учет индивидуальных характеристик самого оператора, в большинстве случаев, можно получить только экспериментальным путем. В частности, диапазон возможных отклонений параметров объекта управления в разных режимах работы от нормальных (эталонных) для существующей ЭС можно получить из опыта эксплуатации, а для проектируемой ЭС – имитационным моделированием с учетом опытных квалифицированных операторов, т.е. экспертных оценок.

В общем случае, использование метода экспертных оценок при экспериментальном исследовании операторской деятельности позволяет:

- осуществить научно-обоснованный выбор из всего множества функциональных характеристик человека-оператора некоторого подмножества, элементы которого в наибольшей степени информативны с точки зрения достижения целей управления;
- учесть множество факторов, для которых, по каким-либо причинам, не могут быть получены количественные оценки;
- в условиях недостаточного объема априорной информации о процессах функционирования ЭС получить статистически достоверный материал для последующего анализа и оценки состояния компонентов ЭС и, в том числе, эргатического звена;
- решить существующую проблему многозначности, многомерности и качественного различия показателей, используемых при получении обобщенных оценок эффективности операторской деятельности в ЭС.

Принимая во внимание рекомендации, содержащиеся в [4], можно определить следующие этапы проведения исследования операторской деятельности с помощью метода экспертных оценок.

I этап. Постановка задачи и определение целей исследований, формирование совокупности вопросов, которые должны быть решены в ходе исследования.

II этап. Формирование группы подготовки проведения экспертизы для подготовки опросных таблиц, методов опроса и так далее. Организаторами экспертизы решается вопрос выбора уровня детализации при заданном подмножестве оцениваемых экспертами показателей.

III этап. Формирование экспертной группы для проведения опроса. Проведение опроса по специальным анкетам одним из выбранных методов опроса [3].

Формирование группы экспертов с высоким коэффициентом конкордации является одной из наиболее сложных и ответственных задач, стоящих перед организаторами экспертизы и требующих особо тщательного рассмотрения. Это связано с опасностью потери оригинальных суждений эксперта с одной стороны, и с другой – наличием маскирующего эффекта слабых экспертов, что естественно значительно снижает качество экспертизы. Ниже предлагается алгоритм выявления слабых экспертов, основанный на использовании коэффициента конкордации. Он заключается в следующем:

Шаг 1. Формируется опорное множество экспертов  $M_0$ .

Шаг 2. Рассчитывается коэффициент конкордации  $W(M_0)$  для опорного множества экспертов.

Шаг 3. Строится множество экспертов  $M_0(i)$ , получающееся из опорного удалением  $i$ -го эксперта.

Шаг 4. Рассчитывается коэффициент конкордации  $W[M_0(i)]$  для множества  $M_0(i)$ .

Шаг 5. При выполнении неравенства  $|W[M_0(i)] - W(M_0)| \geq \delta$   $i$ -й эксперт исключается из опорного множества  $M_0(i)$ .

Шаг 6. Число  $M'_0$  оставшихся в опорном множестве экспертов сравнивают с критическим  $M_K$  и, при  $M'_0 \leq M_K$ , множество  $M'_0$  становится опорным, а  $i$  принимает новое значение. После этого переход к шагу 3. В противном случае работа алгоритма закончена. Величина  $M_K$  не может быть выбрана формальными методами, ее значение выбирается эвристически в каждом конкретном случае.

Для расчета коэффициента конкордации и оценки его значимости используем алгоритм, предложенный в [4]:

Шаг 1. Производится ранжирование оценок данных экспертами и формируется матрица  $X$ , где  $x_{ij}$  – ранг присвоенный  $j$ -м экспертом  $i$ -й характеристике.

Шаг 2. Определяется сумма рангов по каждой характеристике, полученная от всех  $m$  экспертов

$$s_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} \quad (i = \overline{1, n}). \quad (1)$$

Шаг 3. Вычисляется сумма разностей между членами суммарной ранжировки и членами ряда, составленного из средних значений  $a = 0,5m(n+1)$

$$S = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m x_{ij} - 0,5m(n+1) \right\}^2. \quad (2)$$

Шаг 4. Если в ранжировках присутствуют совпадающие ранги, коэффициент конкордации вычисляется по формуле

$$W = S / \left[ \frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m \frac{1}{12} \sum_{i=1}^n (t_i^2 - t_i) \right], \quad (3)$$

где  $t_i$  – число повторений  $i$ -го ранга в  $j$ -м ряду. В противном случае коэффициент конкордации вычисляется по формуле

$$W = 12S / m^2 (n^3 - n). \quad (4)$$

Шаг 5. Определяется число степеней свободы  $\nu = n - 1$ .

Шаг 6. Если в ранжировках присутствуют совпадающие ранги, значение  $\chi^2_{\text{расч.}}$  вычисляется по формуле

$$\chi^2_{\text{расч.}} = S / \left[ \frac{1}{2} mn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^m \frac{1}{12} \sum_{i=1}^n (t_i^3 - t_i) \right], \quad (5)$$

а в противном случае

$$\chi^2_{\text{расч.}} = mW(n-1). \quad (6)$$

Шаг 7. Для данного числа степеней свободы и уровня доверительной вероятности  $p = 1 - \delta$  находим табличное значение  $\chi_{\text{табл}}$ . Если  $\chi_{\text{расч.}}^2 > \chi_{\text{табл.}}^2$ , найденное значение  $W$  считаем значимым.

IV этап. Анализ и обработка информации, полученной от экспертов с целью принятия решения по поставленной задаче.

Таким образом, учитывая вышеизложенное, становятся ясными проблемы научно обоснованного построения эргатических систем. И эти проблемы, в первую очередь, требуют системного анализа деятельности в них человека-оператора, без которого сам процесс создания эргатических систем становится неуправляемым и, как правило, консервативным, т. е. придерживающимся апробированных ранее решений. В этом смысле экспертная оценка деятельности оператора эргатических систем

является хорошим инструментарием согласования вопросов взаимодействия человека с техникой в эргатических системах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Губинский, А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем / А. И. Губинский. – Л. : Наука, 1982. – 270 с.
2. Автоматизированные обучающие системы профессиональной подготовки операторов ЛА / Под ред. Шукшунова В. Е. – М. : Машиностроение, 1986. – 240 с.
3. Бешелев, С. Л. Математические методы экспертных оценок / С. Л. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – М. : Статистика, 1980. – 263 с.
4. Зайцев, В. С. Системный анализ операторской деятельности / В. С. Зайцев. – М. : Радио и связь, 1990. – 120 с.

Стаття надійшла до редакції 24.01.2013.

Стенін О. А.<sup>1</sup>, Губський А. М.<sup>2</sup>, Польшаківа О. М.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, професор, Національний технічний університет України «КПІ», Україна

<sup>2</sup>Аспірант кафедри технічної кібернетики, Національний технічний університет України «КПІ», Україна

<sup>3</sup>Старший викладач кафедри технічної кібернетики, Національний технічний університет України «КПІ», Україна

#### ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРІВ ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ

В даний час пошук шляхів вдосконалення ергатичних систем ведеться по цілій низці напрямків. У даній статті виділяється напрямок, пов'язаний з переоцінкою ролі людського фактора. Нагальна необхідність розвитку саме цього напрямку пов'язана з тим, що для сучасних ергатичних систем істотно змінилися функціональне призначення та роль в них людини-оператора. При експериментальному дослідженні операторської діяльності використовується, в більшості випадків, метод експериментальних оцінок. При цьому формування узгодженої групи експертів є одним з вирішальних чинників отримання достовірних даних. Для формування такої групи експертів у цій статті запропоновано алгоритм цілеспрямованого перегляду та фільтрації експертної групи. Крім того, у статті визначено етапи експертної оцінки діяльності операторів ергатичних систем і завдання, які вирішуються на кожному з цих етапів.

**Ключові слова:** ергатична система, оператор, експертна оцінка, коефіцієнт конкордації.

Stenin A. A.<sup>1</sup>, Gubskiy A. N.<sup>2</sup>, Polshakova O. N.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dr. Sc. Science, Professor, National Technical University of Ukraine «KPI», Ukraine

<sup>2</sup>Graduate student, National Technical University of Ukraine «KPI», Ukraine

<sup>3</sup>Senior Lecturer, National Technical University of Ukraine «KPI», Ukraine

#### EXPERT EVALUATION OF THE ERGATIC SYSTEMS OPERATORS ACTIVITY

At present time, search for ways of improving ergatic systems is going on several fronts. The article highlights the direction related to the reevaluation of the role of the human factor. The urgent need for the development of this trend is due to the fact that for modern ergatic systems the function and role of human operator in them have changed. In the experimental study of the operators, in most cases, the method of experimental evaluations works. The formation of a coherent group of experts is one of the crucial factors to obtain reliable data. In this paper order to form such a group of experts an algorithm of focused view and filtration of the expert group was proposed. Furthermore, the article defines the stages of the peer review for ergatic system operators and tasks at each of these stages.

**Keywords:** ergatic system operator, expert evaluation, coefficient of concordance.

#### REFERENCES

1. Gubinskij A. I. Nadezhnost' i kachestvo funkcionirovaniya ergaticheskikh sistem. Leningrad, Nauka, 1982, 270 p.
2. Shukshunova V. E. : pod red. Avtomatizirovannyye obuchajushhie sistemy professional'noj podgotovki operetorov LA. Moscow, Mashinostroenie, 1986, 240 p.
3. Beshelev S. L., Gurvich F. G. Matematicheskie metody jekspertnyh ocenok. Moscow, Statistika, 1980, 263 p.
4. Zajcev V. S. Sistemnyj analiz operatorskoj dejatel'nosti. Moscow, Radio i svjaz', 1990, 120 p.