

УДК 331.452

*Яговкин Н.Г., д.т.н., профессор
профессор кафедры «Техносферная безопасность и управление
качеством»*

*Самарский государственный технический университет
Россия, Самара*

**ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА БЕЗОПАСНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРСОНАЛА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Аннотация: Рассмотрены различные показатели, характеризующие безопасную деятельность персонала предприятия в области охраны труда. Каждый из них характеризуется квалификационными признаками. Интегральная оценка требует учесть их степень значимости с помощью коэффициентов. Разработана методика определения величин этих коэффициентов и процедура их определения, состоящая из девяти итераций. Проведена её экспериментальная проверка путем расчета интегральной характеристики в виде функционала.

Ключевые слова: оператор, точность, управление, время, математическое ожидание, функция, характеристика, параметр, критерий.

*Yagovkin N.G., D.Sc. (Technology), professor
professor of the department «Technosphere safety and quality management»
Samara State Technical University
Russia, Samara*

**INTEGRAL ASSESSMENT OF THE QUALITY OF SAFE ACTIVITIES
OF PERSONNEL IN THE IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGICAL
PROCESSES**

Abstract: Various indicators characterizing the safe activity of the enterprise's personnel in the field of labor protection were considered. Each of them is

characterized by qualification characteristics. Integral estimation requires taking into account their degree of significance using coefficients. A methodology for determining the values of these coefficients and a procedure for determining them, consisting of nine iterations, has been developed. It was experimentally tested by calculating the integral characteristic in the form of a functional.

Keywords: operator, accuracy, control, time, mathematical expectation, function, characteristic, parameter, criterion.

Преобразование, происходящие в стране, привели к развитию социально-трудовых отношений в направлении, позволяющим поддерживать стабильную социально-политическую обстановку, обеспечивающую реализацию основных социальных гарантий [1]. Обеспечение безопасных и здоровых условий труда является их частью. Одной из основных частей этой работы является профилактика аварий и травматизма при эксплуатации человеком производственного оборудования. Чаще всего происшествия в этом случае происходят в результате ошибочных действий человека при приеме информации, её обработке, принятия решений и выполнении действий. Эту деятельность можно математически описать следующим образом [2].

Если оценить сложность входного сигнала $x_{вх}$ с помощью оператора R , сложность выполняемых человеком преобразований над сигналом $x_{вх}$ – с помощью оператора Q и точность выполнения операции – параметром λ , то деятельность человека может достаточно полно характеризоваться совокупностью трёх параметров (R, Q, λ) .

Оператор Q совокупности (R, Q, λ) непосредственно зависит от психофизиологических характеристик человека, а время τ_c – от времени сохранения квазистойчивого функционального состояния человека. Под этим понимается такое состояние человека-оператора, когда при фиксированных значениях R , λ и критериях, определяющих работу

человека, оказывается возможным связать сигналы $x_{вх}$ и $x_{вых}$ оператором Q .

Естественно, что из-за психофизиологических особенностей человека время существования его квазиустойчивого функционального состояния (а значит, время τ_c существования совокупности (R, Q, λ)) носит случайный характер с некоторым законом распределения. Во многих технических эргатических системах это распределение с большой степенью достоверности подчинено нормальному закону, что позволяет характеризовать время τ_c такими числовыми характеристиками, как математическое ожидание, дисперсия, корреляционные моменты. Каждому конкретному составу управляющей деятельности может быть сопоставлен определенный набор числовых характеристик случайных величин. Обозначив через $\bar{\tau}_c$ математическое ожидание времени τ_c , получим функциональную зависимость

$$\bar{\tau}_c = \bar{\tau}_c(R, Q, \lambda),$$

которая является исчерпывающей характеристикой человека как звена системы. Так как эта зависимость обобщает все множества значений совокупностей (R, Q, λ) для любых заданных τ_c , то она называется обобщенной рабочей характеристикой (ОРХ) человека-оператора и обозначается

$$\bar{\tau}_c^* = \bar{\tau}_c(R, Q, \lambda)..$$

Параметры, характеризующие операторы R, Q , многообразны, и для построения ОРХ обычно выбирают характеристики человека, наиболее важные с точки зрения определения критичности по отношению к изменениям этого параметра.

В общем виде интегральную оценку качества работы персонала по обеспечению технических систем W_Σ можно представить функционалом

$$W_\Sigma = \sum_{j=1}^n \alpha_j \sum_{i=1}^{m_j} \beta_{ij} W_{ij} \quad (1)$$

при условии, что

$$\sum_{j=1}^n \alpha_j = 1, \quad i = [1, n]; \quad \sum_{i=1}^{m_j} \beta_{ij} = 1, \quad i = [1, m_j],$$

где n – число групп, объединяющих по какому-либо признаку критерии, выбранные для оценки деятельности человека;

m_j – число критериев в j -й группе;

α_j – весовой коэффициент j -й группы;

β_{ij} – весовой коэффициент i -го критерия из j -й группы;

W_{ij} – балльная оценка i -го критерия из j -й группы.

Для вычисления весовых коэффициентов α_j и β_{ij} из выражения (1) предлагается следующая процедура.

1. По данным эксперимента определяются балльные оценки i -х критериев из j -х групп (W_{ij}).

2. Задаются произвольные начальные значения весов β_{ij}^0 , например $\beta_{ij}^0 = 1/m$, $i = [1, m_j]$, и определяется балльная оценка W_j группы критериев, объединенных j -м признаком, по формуле

$$W_j = \sum_{i=1}^{m_j} \beta_{ij} W_{ij} \quad (2)$$

3. Определяется связь (коэффициенты корреляции) оценок W_{ij} оценкой W_j и уточняются значения весовых коэффициентов

$$\beta_{ij}^0 = r_{ij} / \left(\sum_{i=1}^{m_j} r_{ij} \right).$$

4. Вместо β_{ij}^0 в выражение (1) подставляются значения β_{ij}^1 и определяются уточненные значения оценок

$$W_j = \sum_{i=1}^{m_j} \beta_{ij}^1 W_{ij}.$$

5. Итерационная процедура по пп. 3 и 4 реализуется до тех пор, пока не будет выполнено условие

$$|\beta_{ij}^k - \beta_{ij}^{k-1}| < \varepsilon,$$

где $\beta_{ij}^k, \beta_{ij}^{k-1}$ – значения весовых коэффициентов β_{ij} после k -й и $(k-1)$ -й итерации;

ε - произвольное, сколь-угодно малое число, определяемое задаваемой точностью вычисления.

6. Задаются начальные значения весов

$$\alpha_j^0 = 1/n, \quad j = [1, n]$$

и вычисляется интегральная оценка

$$W_\Sigma = \sum_{j=1}^n \alpha_j^0 W_j, \quad j = [1, n]. \quad (3)$$

7. Определяются коэффициенты корреляции оценок W_j с оценкой W_Σ и отыскивается уточненное значение

$$\alpha_j^1 = r_j / \left(\sum_{j=1}^n r_j \right), \quad j = [1, n].$$

8. Вместо α_j^0 в выражение (2) подставляется значение α_j^1 и вычисляется уточненное значение оценки

$$W_\Sigma^1 = \sum_{j=1}^n \alpha_j^1 W_j.$$

9. Итерационная процедура по п. 8 реализуется до тех пор, пока не будет выполнено условие

$$|\alpha_j^k - \alpha_j^{k-1}| < \varepsilon,$$

где $\alpha_j^k, \alpha_j^{k-1}$ – значения весовых коэффициентов α_j после k -й и $(k-1)$ -й итерации.

Подобную процедуру можно применить для вычисления весовых коэффициентов параметров состояния, входящих в состав выбранных критериев. Нормирование параметров в этом случае можно проводить по формуле

$$\varepsilon_{il} = (x_{il} - x_{i\text{зад}}) / \sigma_i,$$

где x_{il} – значение i -го параметра в l -й момент времени;

$x_{i\text{зад}}$ – заданное или расчетное значение i -го параметра;

σ_i – среднее квадратическое отклонение i -го параметра.

Описанный метод был использован для расчета весовых коэффициентов показателей оценки в обобщенном функционале качества газа в многочисленном газопроводе одного из предприятий Самарской области, в котором учитывались следующие критериальные признаки: качество газа и сложность управления.

Результаты расчета по данным эксперимента приведены в таблице.

Таблица

Оценки показателей		Критериальные признаки					
		$W_{\xi,1}$	$W_{\varepsilon,1}$	$W_{\gamma,1}$	$W_{\delta,2}$	$W_{N,3}$	$W_{L,3}$
Весовые коэффициенты	β_{ij}	0,35	0,34	0,31	1,00	0,49	0,51
	α_j	0,28			0,37	0,35	

В таблице приняты следующие обозначения:

$W_{\xi,1}$; $W_{\varepsilon,1}$; $W_{\gamma,1}$ – оценка состояния частоты тяжести травматизма и профессиональной заболеваемости соответственно;

$W_{\delta,2}$ – оценка состояния условий труда по наличию рабочих мест с тяжелыми и вредными условиями;

$W_{N,3}$; $W_{L,3}$ – оценка показателей экономической деятельности по затратам и ущербу.

Вычислительные по данной методике весовые коэффициенты не зависят от их начальных значений, а определяются только долей участия оценок показателей в общем функционале качества.

Использование методики позволяет минимизировать ошибочные действия человека и тем самым повысить безопасность производства.

Использованные источники:

1. Елин А.М. Охрана труда: проблемы и пути решения. М.: 2010. – 464с.
2. Таран, В.А. Эргатические системы управления. М.: Машиностроение, 1996. – 188 с.