

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЩИХ ПРИНЦИПОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СИСТЕМЫ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ОРГАНИЗАЦИЯХ

Кушнеvский Л.Н. (НТЦ ЯРБ)

Одной из задач государственного управления и регулирования в области использования атомной энергии является обеспечение надлежащего состояния государственного учета и контроля ядерных материалов (ЯМ). Ее решение в организациях, осуществляющих обращение с ЯМ, возложено на систему государственного учета и контроля ядерных материалов (СГУиК ЯМ).

Эффективное управление при решении поставленных задач для достижения цели любой системой невозможно без знания ее состояния в необходимые моменты времени, которое характеризуется определенными параметрами, являющимися исходными данными для принятия управленческих решений.

Для получения таких данных важна количественная оценка степени приспособленности рассматриваемой системы к выполнению поставленных задач или, другими словами, оценка ее качества. Наиболее достоверными следует считать результаты количественных оценок с использованием математической модели системы. Однако сложные системы, к разряду которых по целому ряду признаков могут быть отнесены системы, упомянутые выше, нельзя корректно описать математически [1], поэтому необходимо определение других способов количественных оценок, дающих приемлемые для практического использования результаты.

В 2007 году в США была внедрена разработанная Администрацией по ядерной безопасности США (National Nuclear Security Administration – NNSA) Программа Safeguards First Principles Initiative (SFPI) Департамента энергетики США [2]. В ее рамках создана методика оценки эффективности системы учета и контроля ЯМ Comprehensive Analysis of Safeguards Strategies (COMPASS), которая базируется на методологии количественной оценки качества различных объектов, используемой в квалиметрии (quails – какой по качеству, metreo – измеряю). К основным принципам квалиметрии относятся следующие [3].

1. Количественная оценка качества объекта может осуществляться только после того, как будут установлены ее условия и цель. Это связано с тем, что один и тот же объект может иметь несколько различных оценок качества, произведенных для различных целей и в разных условиях.

2. В квалиметрии качество рассматривается как некоторая иерархическая совокупность свойств, расположенных на различных уровнях. При этом каждое свойство одного уровня иерархии зависит от ряда других свойств, лежащих на более низких уровнях. Число уровней может неограниченно возрастать по мере углубления наших знаний об объекте.

Учитывая это, второй принцип квалиметрии может быть сформулирован следующим образом: оценка каждого свойства на любом уровне рассмотрения определяется совокупностью оценок соответствующих свойств более низких уровней.

3. Оценка отдельных свойств или качества в целом должна завершаться вычислением относительного показателя качества.

4. Оценка качества в квалиметрии определяется с точки зрения общественной потребности.

5. Каждое свойство, находящееся на любом уровне, определяется двумя числовыми параметрами: относительным показателем и весомостью. При этом сумма весомостей свойств одного уровня есть величина постоянная.

Измерение качества представляет собой выявление относительного полезного эффекта оцениваемых объектов, т.е. оценку относительной характеристики качества объектов, основанную на сравнении значений показателей качества с их базовыми значениями (оценку уровня качества). Поэтому основной задачей квалиметрии является разработка и развитие методов оценки уровня качества.

Оценка уровня качества включает выбор номенклатуры показателей качества оцениваемых объектов, определение значений этих показателей и сопоставление их с показателями базового образца (образца объекта, обладающего реально достижимой совокупностью значений показателей качества, принятых для сравнения).

Номенклатура показателей качества определяется в зависимости от назначения и условий использования объектов, основных требований к показателям качества, состава и структу-

ры характеризующих свойств и задач оценки качества объектов. При оценке уровня качества могут использоваться единичные и комплексные (групповые, интегральные) показатели.

Основным методом определения номенклатуры показателей качества является экспертный метод.

Выбранная номенклатура показателей качества должна быть полной, минимальной по объему и содержать непересекающиеся показатели качества, т. е. показатели, характеризующие разные свойства оцениваемых объектов.

Установленная номенклатура показателей качества базового образца должна соответствовать номенклатуре показателей качества оцениваемого объекта.

Вид показателей качества во многом определяется решаемой задачей и зависит от цели, которую при этом стремятся достигнуть. При выборе их вида целесообразно установить позицию, с которой он будет проводиться [4].

Определение значений показателей качества основывается на втором принципе квалиметрии, согласно которому качеству рассматривается как некоторая иерархическая совокупность свойств, расположенных на различных уровнях, как это показано на рис.1. Оценка каждого свойства на любом уровне определяется совокупностью оценок соответствующих свойств более низкого уровня [3].

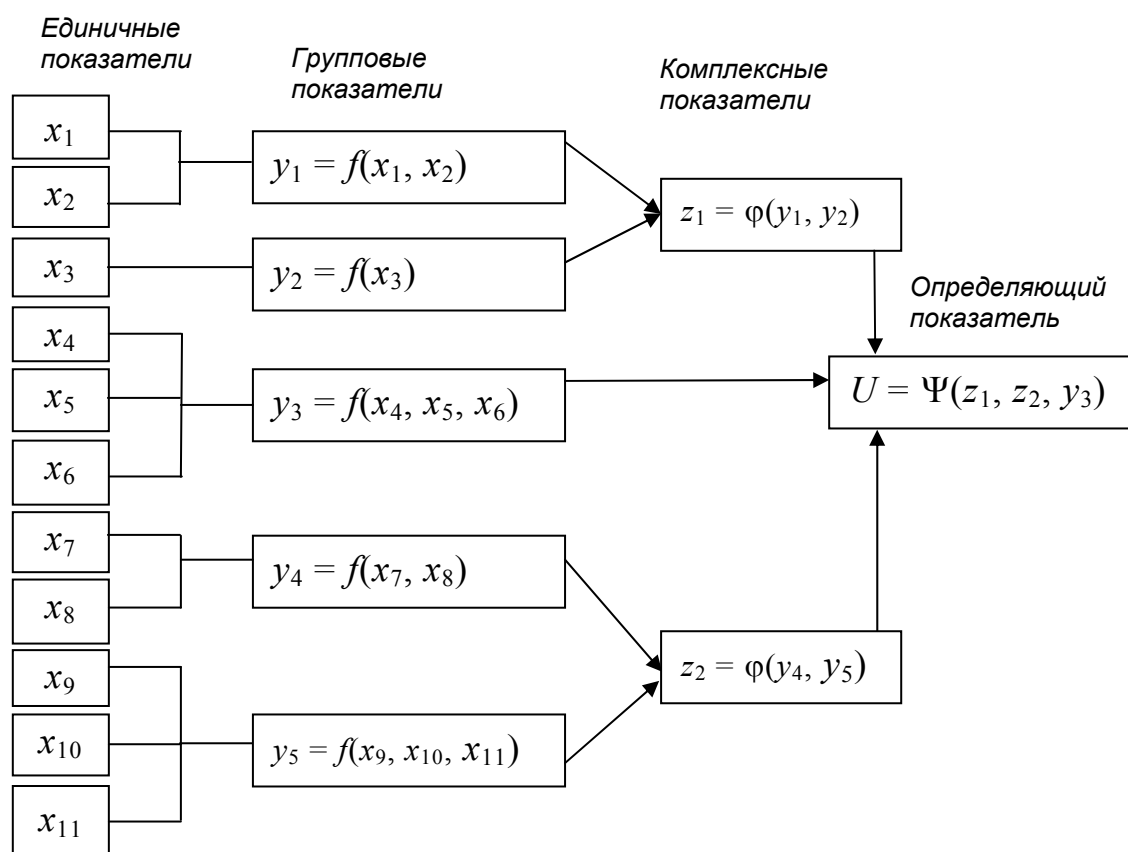


Рис.1. Иерархическая система показателей качества объекта (фрагмент)

С этой точки зрения показатель качества любого объекта можно представить в виде зависимости:

$$U = f(X, Z),$$

где U – показатель качества оцениваемого объекта;

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – множество свойств оцениваемого объекта, связь которых с показателем качества определяется известной функциональной зависимостью;

$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ – множество свойств оцениваемого объекта, связь которых с показателем качества не может быть представлена в виде функциональной зависимости.

Определение значений показателей качества зависит от числа уровней иерархии и сложности имеющихся иерархических связей. Показатели качества низшего уровня иерархии,

как правило, могут быть получены непосредственно, а более высоких уровней – определены путем расчета на основании аналитических зависимостей или оценены статистическими методами.

Иерархия элементов, используемая в методике COMPASS, представляет собой структуру, содержащую 9 элементов 1-го уровня и 32 элемента 2-го уровня. При этом каждому из элементов присваиваются определенные весовые значения, исходя из экспертной оценки степени их влияния на состояние элементов ими определяемых.

Оценка состояния и эффективности системы учета и контроля производится с учетом того, что в процессе функционирования системы изменяются состояния, в которых она находится. В каждом состоянии система может выполнять заданные функции с определенным уровнем качества, характеризующим степень реализации заложенных в ней возможностей.

Количественные значения показателя качества функционирования $u(t_i)$ зависят от состояния системы в момент времени t_i и в общем случае от всех предшествующих состояний, т.е. от траектории эволюции системы. При проведении оценок обычно учитываются случайные факторы, а $u(t)$ рассматривается как случайный процесс. Существует наибольшее значение качества функционирования $U_0 = const$, соответствующее идеальной (базовой) системе (с номинальными параметрами характеристик и т.п.). С практической точки зрения удобно пользоваться случайной функцией $u(t)/U_0$, принимающей значения в диапазоне (0,1), которая является относительной характеристикой качества системы и показывает относительный полезный эффект функционирования оцениваемой системы [5].

Различают показатели качества функционирования системы двух видов: мгновенные и интервальные.

Мгновенные показатели являются характеристиками случайной величины $u(t_i)$ – значения случайной функции $u(t)$ при $t = t_i$. Полная характеристика $u(t_i)$ – это закон распределения. Однако на практике удобнее пользоваться либо первым моментом этой случайной величины – математическим ожиданием $U(t_i) = M[u(t_i)]$ (средним качеством функционирования системы в момент времени $t = t_i$), либо коэффициентом снижения качества функционирования системы $K(t_i) = M[u(t_i)/U_0] = U(t_i)/U_0$ [5].

Интервальные показатели качества функционирования систем относятся к интервалу времени $(0, t)$. При этом каждой j -й траектории $u_j(t)$ эволюции системы в течение времени t будет соответствовать некий результат $\theta[u_j(t)]$, характеризующий полезность ее использования для решения поставленной задачи – выходной эффект. Значения функционала $\theta[u_j(t)]$, соответствующие реализациям $u_j(t)$ в данном интервале времени $(0, t)$, являются возможными значениями случайной величины ξ .

Случайный процесс накопления результатов применения системы с течением времени $\xi(t) = \theta[u_j(t)]$ – это процесс накопления выходного эффекта системы.

На практике в качестве таких показателей используются математическое ожидание эффекта (средний выходной эффект) $\Xi(t) = M[\xi(t)]$ и коэффициент снижения эффекта $K_3 = \Xi(t)/\Xi_0(t)$ [5].

В качестве показателей эффективности системы учета и контроля ЯМ и ее элементов методика COMPASS предполагает использовать значения случайной величины ξ , которая применительно к элементам определяется выражением:

$$\xi_j = \frac{\sum_{i=1}^n c_i \cdot e_i}{\sum_{i=1}^n c_i}, \quad (1)$$

где n – количество i -х элементов, определяющих j -й оцениваемый элемент системы;
 e_i и c_i – эффективность и весовой фактор i -го элемента .

Применительно к системе в целом величина ξ определяется по формуле:

$$\xi = \frac{\sum_{j=1}^K c_j \xi_j}{\sum_{j=1}^K c_j}, \quad (2)$$

где k – общее количество элементов системы СГУиК ЯМ;

ξ_j и c_j – эффективность и весовой фактор элемента j .

Методика COMPASS позволяет оценить эффективность системы учета и контроля ЯМ, как в целом, так и каждого ее элемента, а также результаты изменения элементного состава системы. Она является составной частью системы учета и контроля ядерных материалов и предназначена для использования администрацией объекта использования атомной энергии. Оценка эффективности может быть как периодической, так и выполняться при изменениях в структуре объекта.

Конечный математический аппарат данной методики выглядит просто и прозрачно, что является положительно стороной методики.

Работа по использованию методики COMPASS регламентируется организационно-распорядительными документами и выполняется специально назначенным персоналом, имеющим соответствующую подготовку. В методике используются данные как внешних, так и внутренних проверок, эксплуатационных испытаний, результатов расследования аномалий, исходные данные подразделений и данные о влиянии человеческого фактора.

В целях совершенствования учета и контроля ЯМ на объектах использования атомной энергии в РФ целесообразна разработка аналогичной методики, учитывающей специфику существующей СГУ и К ЯМ, позволяющей вскрыть ее недостатки и определить пути их устранения.

Литература

1. Денисов А.А., Колесников Д.Н. Теория больших систем управления. Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение, 1982, 288 с.
2. Use of the COMPASS model. Institute of Nuclear Materials Management, Annual Meeting 2008; Amy Wilson, B&W Technical Services, Y12 National Security Complex.
3. Яворский В.А., Валов А.Ф. Экономика, организация производства и обеспечение качества изделий. Часть III. М.: МО СССР, 1991, 355 с.
4. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных производственных систем. М.: Энергоатомиздат, 1986, 480 с.
5. Дружинин Г.В. Методы оценки и прогнозирования качества. М.: Радио и связь, 1982, 160 с.