

## СТАТЬИ

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ ИНДИКАТОРОВ БЕЗОПАСНОСТИ ЗАРУБЕЖНЫМИ ОРГАНАМИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Р. Б. Шарафутдинов, Л. А. Кузнецов, кандидаты технических наук,  
Т. Ю. Богданова (НТЦ ЯРБ)

*Индикатор (позднелат. indicator, от лат. indico – указываю, определяю) – прибор, устройство, элемент, отображающие ход процесса или состояние объекта наблюдения, его качественные либо количественные характеристики в форме, удобной для восприятия человеком. В соответствии с рецепторами, на которые воздействует сигнал, различают И. визуальные, акустические, тактильные и др. 90% всей информации человек воспринимает зрительно, поэтому наиболее широко применяют визуальные... Для отображения 2-3 четко различимых состояний используют цвета: зеленый (ход процесса нормальный – разрешение), желтый (требуется усиленное внимание оператора, наблюдателя – предупреждение), красный (ход процесса нарушен – опасность)... Индикаторы широко применяют при научных исследованиях, в технике и быту. Они сигнализируют об аварийных ситуациях и о поступлении особо срочной информации, облегчают принятие решения и служат одним из основных средств информационной связи между машиной и человеком\*.*

Эксплуатирующие организации (атомные станции, предприятия ядерного топливного цикла и другие российские объекты использования атомной энергии - ОИАЭ) ежегодно представляют в Ростехнадзор отчеты о состоянии ядерной и радиационной безопасности и отчеты об имевших место авариях и происшествиях. Межрегиональные территориальные управления по надзору за ядерной и радиационной безопасностью собирают и анализируют сведения о ядерной и радиационной безопасности, проводят комплексные, целевые и оперативные инспекции ОИАЭ. В результате в Ростехнадзор поступает много информации о состоянии безопасности ОИАЭ. Однако используемые в настоящее время подходы и методы ее анализа, способы представления результатов этого анализа не всегда дают возможность создать ясную интегральную картину текущего уровня безопасности ОИАЭ.

В то же время органы регулирования безопасности ряда зарубежных стран используют в своей практике системы индикаторов безопасности, которые позволяют сжато и наглядно представить результаты комплексной оценки уровня безопасности объектов использования атомной энергии (в основном атомных станций, поскольку существующие системы индикаторов безопасности разработаны для них). Представленная индикаторами информация об уровне безопасности ОИАЭ направляется органам власти (парламенту, правительству) и широкой общественности, в частности, СМИ.

---

\* Большая Советская Энциклопедия.

Работы по созданию систем индикаторов безопасности начинались с предложенных в 80-х годах прошлого века Всемирной ассоциацией организаций, эксплуатирующих атомные станции (ВАО АЭС), показателей безопасности эксплуатации атомных станций, а также с масштабных работ МАГАТЭ по определению индикаторов безопасности атомных станций. Показатели ВАО АЭС используют в своей деятельности органы регулирования безопасности многих стран. Органы регулирования ядерной и радиационной безопасности ряда европейских и азиатских стран при формировании собственного перечня показателей безопасности приняли за основу руководство МАГАТЭ “Индикаторы безопасности атомных станций” [1]. Документ содержит рекомендации для эксплуатирующих организаций по разработке и внедрению систем индикаторов безопасности. В 2002–2005 гг. Агентство по ядерной безопасности Организации экономического сотрудничества и развития провело большую работу по изучению практики и возможностей использования индикаторов безопасности в деятельности регулирующих органов. Изначально нацеленная на определение индикаторов эффективности деятельности органов регулирования безопасности, в последующем она разделилась на два направления: изучение практики использования индикаторов безопасности ОИАЭ (в основном атомных станций) и изучение практики применения индикаторов эффективности деятельности органов регулирования безопасности. В течение нескольких лет представители органов регулирования безопасности США, Канады, Финляндии, Германии, Венгрии, Японии и других стран участвовали в тематических опросах и дискуссиях. В процессе работы стало ясно, что органы регулирования ядерной и радиационной безопасности США и Канады владеют наиболее развитыми системами индикаторов безопасности атомных станций [2].

Структуры систем индикаторов безопасности атомных станций США и Канады отражают принятые органами регулирования ядерной и радиационной безопасности этих стран схемы оценки безопасности атомных станций. Принципы оценки безопасности едины – оценивается мера соответствия требованиям нормативных документов и тенденции изменения состояния безопасности. Но структуры систем индикаторов и методики оценки безопасности различны. Ниже кратко описаны системы индикаторов безопасности, используемые органами регулирования ядерной и радиационной безопасности Канады и США.

Система индикаторов безопасности канадского органа регулирования ядерной и радиационной безопасности Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) предназначена для оценки и сравнительного анализа безопасности эксплуатации канадских атомных станций. На всех атомных станциях Канады разработаны и выполняются программы обеспечения безопасности, которые сгруппированы CNSC в девять направлений: характеристики эксплуатации (operating performance), организация обеспечения безопасности (performance assurance), анализ безопасности (design and analysis), работоспособность систем и элементов (equipment fitness for service), аварийная готовность (emergency preparedness), радиационная безопасность (radiation protection), охрана окружающей среды (environmental protection), физическая защита (site security), охрана объекта (safeguards).

Этим девяти направлениям соответствуют девять общих индикаторов безопасности. Состояние отдельных программ обеспечения безопасности отображают индикаторы более низкого уровня. CNSC отдельно оценивает программы обеспечения безопасности и отдельно качество их выполнения, иными словами, плановое и фактическое состояние. В рамках настоящей статьи ограничимся перечнем из девяти общих индикаторов безопасности, поскольку канадская

система индикаторов достаточно специфична и нет необходимости приводить более детальные сведения.

Основной объем сведений (расчет показателей безопасности, отчеты о нарушениях) представляют эксплуатирующие организации; регулирующий орган проверяет достоверность и точность расчетов. Дополнительно учитываются результаты инспекций CNSC на объектах. Исходные данные для оценки направлений могут быть представлены количественными показателями и качественными характеристиками.

Плановое и фактическое выполнение отдельной программы обеспечения безопасности оценивается путем присвоения индикатору безопасности (показателю или качественной характеристике) буквенного кода. Аналогично кодируется плановое и фактическое состояние безопасности по девяти общим направлениям.

В CNSC принята следующая система буквенного кодирования индикаторов [3]:

- “А” – уровень безопасности выше требуемого нормативными документами. Технологические характеристики стабильны. Происходящие на объекте какие-либо отклонения от режима безопасной эксплуатации не представляют опасности для объекта, персонала, населения и окружающей среды и своевременно устраняются;
- “В” – уровень безопасности удовлетворяет требованиям нормативных документов. Происходят незначительные отклонения от режима безопасной эксплуатации, но они не представляют значительных угроз для объекта, персонала, населения и окружающей среды. Существуют некоторые отступления от требований нормативных документов;
- “С” – характеристики безопасности объекта ухудшаются или не соответствуют требованиям нормативных документов, что может создать угрозу здоровью персонала и населения, окружающей среде. Эксплуатирующая организация должна принять меры по восстановлению уровня безопасности;
- “D” – уровень безопасности во многом не соответствует требованиям нормативных документов или значительно снижены эксплуатационные характеристики. Высока вероятность причинения ущерба персоналу, населению, окружающей среде, если эксплуатирующая организация не примет корректирующих мер. Деятельность эксплуатирующей организации неудовлетворительна, так как не были приняты необходимые компенсирующие меры;
- “Е” – неприемлемый уровень обеспечения безопасности. Риск причинения вреда здоровью персонала и населения, окружающей среде неоправданно высок. Требуется безотлагательное вмешательство регулирующего органа.

В выпускаемых CNSC годовых отчетах о безопасности канадских атомных станций с помощью индикаторов безопасности представлены сведения о состоянии безопасности на каждой из поднадзорных станций в отдельности и в сводных таблицах [3, 4]. В табл. 1 приведен фрагмент одной из сводных таблиц годового отчета CNSC за 2006 г. [3]. В нем представлены девять общих индикаторов безопасности за три года, включая отчетный.

Таблица 1

## Тенденции изменения состояния безопасности АС Канады

Индикатор	Год	Объект		
		Дарлингтон (Darlington)	Джентили-2 (Gentilly-2)	Пуан Лепро (Point Lepreau)
Характеристики эксплуатации	2004	B	B	B
	2005	B	B	B
	<b>2006</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
Организация обеспечения безопасности	2004	B	C	B
	2005	B	C	B
	<b>2006</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
Анализ безопасности	2004	B	B	B
	2005	B	B	B
	<b>2006</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
Работоспособность систем и элементов	2004	B	B	C
	2005	B	B	B
	<b>2006</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
Противоаварийная готовность	2004	A	B	C
	2005	A	B	B
	<b>2006</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
Радиационная безопасность	2004	B	B	B
	2005	B	B	B
	<b>2006</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
Охрана окружающей среды	2004	B	C	B
	2005	B	B	B
	<b>2006</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
Физическая защита	2004	Сведения носят конфиденциальный характер		
	2005			
	<b>2006</b>			
Охрана объекта	2004	B	B	B
	2005	B	B	B
	<b>2006</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>

Жирным шрифтом в табл. 1 выделены индикаторы безопасности за отчетный год.

Тонирование клеток табл. 1 серым цветом (в [3] – желтым) призвано привлечь внимание к изменению индикаторов безопасности в отчетном году.

В 1999 г. орган регулирования ядерной и радиационной безопасности США Nuclear Regulatory Commission (NRC) закончил разработку системы наблюдения за безопасностью реакторов (Reactor Oversight Process – ROP). С этого времени система ROP стала хранилищем большого объема сведений для комплексной оценки безопасности атомных станций (результаты инспекций атомных станций, показатели безопасности, рассчитанные и представленные в NRC эксплуатирующими организациями, и др.), составляющих базу для принятия решений о необходимости вмешательства NRC. Система индикаторов безопасности атомных станций является частью ROP [5, 6].

Система индикаторов ROP “опирается” на семь направлений (cornerstones) оценки безопасности американских атомных станций: исходные события (initiating events), системы безопасности (mitigation system), защитные барьеры (barriers integrity), противоаварийная готовность (emergency preparedness), радиационное воздействие на окружающую среду (occupational radiation safety), радиационная безопасность населения (public radiation safety), физическая защита (physical protection).

Каждому направлению соответствует группа количественных показателей, причем ввиду повсеместного использования ВАБ на атомных станциях США в состав некоторых групп вошли и вероятностные показатели.

Для всех показателей определены области возможных значений и единая схема цветового кодирования (в том числе для результатов инспекций). Прошедшие оценку и цветовое кодирование показатели становятся индикаторами безопасности атомных станций. Для каждого показателя безопасности определены четыре области возможных значений, которым соответствуют четыре цветовые зоны (цветовых кода) индикаторов:

- зеленая – характеризует приемлемый уровень безопасности. Значения показателей, находящихся в области значений этой зоны свидетельствуют о безопасной эксплуатации объекта в данной области. Отсутствует необходимость вмешательства регулирующих органов;
- белая – промежуточный уровень, при котором должно быть повышено внимание регулирующего органа к тем вопросам безопасности, которые характеризует данный показатель;
- желтая – свидетельствует о необходимости вмешательства регулирующих органов. Данный уровень указывает на значительное снижение безопасности в области безопасности и на объекте вообще, но при этом значения не превышают пределов, установленных нормами и правилами;
- красная – характеризует недопустимый уровень безопасности. Необходимо безотлагательное вмешательство регулирующего органа, поскольку уровень безопасности на объекте представляет потенциальную опасность для персонала и окружающей среды.

Информационная система ROP интегрирована в Интернет-сайт NRC. Любой желающий может в режиме он-лайн посмотреть различные сводные и конкретизированные сведения (за исключением сведений о физической защите объектов), в частности, сводную таблицу безопасности всех объектов (пример в общем виде представлен в табл. 2), значения показателей, на основе которых было проведено цветовое кодирование индикаторов безопасности конкретного объекта, результаты инспекций на объектах (пример в общем виде представлен в табл. 3), отчеты по результатам инспекций.

Таблица 2

**Пример представления сводных сведений о безопасности  
поднадзорных объектов**

Объект	Индикатор															
	И1	И2	И3	И4	И5	И6	И7	И8	И9	И10	И11	И12	И13	И14	И15	И16
Объект 1	З	З	З	З	З	З	Ж	З	З	З	З	З	З	З	З	З
Объект 1	З	З	Б	З	З	З	З	З	З	З	Ж	З	Б	З	З	З
...																
Объект N	З	З	З	З	З	З	З	З	З	З	З	З	З	З	З	З

Графа “Объект” табл. 2 содержит перечень блоков атомных станций, графа “Индикатор” – индикаторы ядерной и радиационной безопасности (И1-И16). Состояние безопасности блока отображает строка таблицы. Клетки таблицы закрашены цветом соответствующего индикатора и содержат первую букву цвета: З (зеленый), Б (белый), Ж (желтый), К (красный). В настоящей статье вместо исходных цветов использованы оттенки серого.

Таблица 3

**Пример представления сводных сведений о результатах инспекций  
поднадзорных объектов**

Объект	Общий индикатор (направление оценки безопасности)					
	И1	И2	И3	И4	И5	И6
Объект 1	З	З	З	Б	Нет данных	З
Объект 1	З	Ж	З	З	Нет данных	Нет данных
...						
Объект N	З	З	Нет данных	Нет данных	З	З

Головка табл. 3 содержит названия шести направлений оценки безопасности, строки таблицы отображают результаты инспекций на объекте за текущий год. Помимо указанных выше четырех зон цветового кодирования, в исходной таблице используется пятый цвет – серый, вместе со словами “Нет данных” (в табл. 3 цвета представлены оттенками серого). Это означает, что в текущем году в программы инспекций отдельных объектов не вошли соответствующие вопросы, нет этих сведений и в размещенных на сайте NRC отчетах о результатах инспекций.

## Выводы

Органы регулирования безопасности ОИАЭ ряда стран проводят систематическую работу по оценке безопасности ОИАЭ с помощью индикаторов. Опыт этих стран может быть обобщен и использован в деятельности Ростехнадзора с учетом специфики регулирования безопасности российских атомных станций, объектов ядерного топливного цикла и других объектов. Индикаторы безопасности ОИАЭ могут найти применение при планировании надзорной (инспекционной) и осуществлении регулирующей деятельности Ростехнадзора. Будучи удобным инструментом формирования доступной и понятной не только специалистам информации о состоянии безопасности надзорных объектов, они могут быть использованы для обеспечения соответствующей информацией органов власти и общественности.

В 2008 г. в НТЦ ЯРБ запланирована разработка структуры системы индикаторов безопасности объектов ядерного топливного цикла. За основу структуры системы индикаторов безопасности предполагается взять структуру годового отчета о ядерной и радиационной безопасности объектов ядерного топливного цикла [7, 8].

## Литература

1. Operational Safety Performance Indicators for Nuclear Power Plants. IAEA TECDOC Series N. 1141. 2000.
2. Joint CSNI-CNRA Report "Regulatory uses of safety performance Indicators". NEA 2006.
3. Annual CNSC Staff Report for 2006 on the Safety Performance of the Canadian Nuclear Power Industry. Canadian Nuclear Safety Commission. June 2007.
4. 2006-2007 Annual report. Canadian Nuclear Safety Commission.
5. Summary Report on Nrc's Historical Efforts to Develop and Use Performance Indicators, William D. Travers. 2002, SECY-02-0030. USA NRC.
6. Technical Basis for Performance Indicators, USA NRC 2004-2005.
7. Требования к годовому отчету о ядерной и радиационной безопасности предприятий топливного цикла. РД-05-11-95. С изменением № 1, внесенным приказом Госатомнадзора России от 31.10.97 № 77.
8. Состав и содержание годового отчета о ядерной и радиационной безопасности объектов ядерного топливного цикла. РБ-043-08.