

**В. В. Деренговский<sup>1</sup>, В. М. Рудько<sup>1</sup>, В. А. Говоров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, ул. Кирова, 36а, Чернобыль, 07270, Украина

<sup>2</sup>Государственное специализированное предприятие "Чернобыльская АЭС", а/я 10, Славутич, 07100, Украина

## **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА "ДОЗ - ЗАТРАТ - ВЫГОД" ДЛЯ ДВУХ ВАРИАНТОВ "РАННЕГО" ДЕМОНТАЖА НЕСТАБИЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТА "УКРЫТИЕ"**

Рассмотрено построение методики проведения сравнительного анализа "доз - затрат - выгод" для двух вариантов "раннего" демонтажа нестабильных конструкций объекта "Укрытие" на основе многокритериального анализа и системы экспертных оценок.

*Ключевые слова:* методика, анализ "доз - затрат - выгод", нестабильные конструкции, многокритериальный анализ, экспертные оценки, новый безопасный конфайнмент, объект "Укрытие".

### **Введение**

Стратегия преобразования объекта "Укрытие" в экологически безопасную систему [1] предусматривает три основных этапа деятельности: стабилизация строительных конструкций объекта "Укрытие", строительство нового безопасного конфайнмента (НБК) над существующим объектом "Укрытие" и извлечение топливосодержащих материалов (ТСМ).

В настоящее время деятельность по реализации первоочередных проектов, связанных с преобразованием объекта "Укрытие" осуществляется в соответствии с принятым в 1997 г. Планом осуществления мероприятий (ПОМ).

Первый этап (стабилизация) успешно завершен. Второй этап состоит из двух пусковых комплексов – ПК-1 НБК и ПК-2 НБК. ПК-1 НБК включает строительство НБК (защитного сооружения с технологическими системами жизнеобеспечения и необходимой инфраструктурой). ПК-1 НБК сейчас реализуется и должен быть закончен к 2017 г. ПК-2 НБК предполагает разработку рабочего проекта демонтажа нестабильных конструкций объекта "Укрытие", а также закупку, монтаж и ввод в эксплуатацию технологического оборудования и систем для выполнения демонтажа нестабильных конструкций объекта "Укрытие".

Цель настоящей работы заключается в получении уточненных исходных данных и обоснований для принятия решения по выбору наиболее предпочтительного варианта «раннего» демонтажа нестабильных конструкций объекта «Укрытие» («интегрированного демонтажа/обращения» или «демонтажа с отложенным обращением»), который будет положен в основу разработки рабочего проекта ПК-2 НБК. Для решения данной задачи ниже представлена методика проведения сравнительного анализа "доз – затрат - выгод" для двух вариантов "раннего" демонтажа. Работа выполнена с учетом рекомендаций Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) [2], требований украинских нормативных документов [3] с применением методов многокритериального подхода [4].

### **Анализ вариантов "раннего" демонтажа**

«Интегрированный демонтаж/обращение» предполагает непрерывность во времени процесса демонтажа нестабильных конструкций объекта «Укрытие» и последующего обращения с радиоактивными отходами (РАО) демонтажа, вплоть до передачи их на длительное хранение и/или захоронение. Такой подход был определен в технико-экономическом обосновании НБК документом «Стратегия дальнейшей реализации проекта НБК», SIP-P-PM-21-330-EXN-004-01, ред. 2 от 23.04.2004 и соответствовал ранее принятым решениям/стратегиям в отношении демонтажа нестабильных конструкций объекта «Укрытие».

Предложенная Международной консультативной группой (МКГ) альтернативная стратегия «демонтажа с отложенным обращением» предусматривает разделение во времени следующих составляющих процесса демонтажа нестабильных конструкций объекта «Укрытие»:

выполнение демонтажных работ;

обеспечение временного хранения РАО демонтажа на оборудованных площадках внутри «Арки» НБК и/или за ее пределами в течение достаточно длительного времени (10 или более лет);

© В. В. Деренговский, В. М. Рудько, В. А. Говоров, 2015

обращение с РАО демонтажа (после завершения периода временного хранения), включая переработку, долговременное хранение или захоронение с учетом инфраструктуры ЧАЭС, зоны отчуждения по обращению с РАО.

На рис. 1 и 2 представлены принципиальные (укрупненные) схемы реализации двух предлагаемых вариантов «раннего» демонтажа для одного и того же состава конструкций, подлежащих «раннему» демонтажу/усилению.

Вариант 1 – интегрированный демонтаж/обращение. Основные этапы деятельности приведены на схеме и предполагают: демонтаж нестабильных конструкций, их первичную обработку (первичную фрагментацию и удаление, при необходимости, высокоактивные отходы (ВАО)), окончательную обработку (кондиционирование) РАО демонтажа для соответствия критериям приемки на захоронение или долговременное промежуточное хранение (для долгосуществующих РАО).

Первичная фрагментация осуществляется на площадке временного складирования, которая будет создана в рамках ПК-1 НБК. Фрагментация выполняется с учетом ограничений по габаритам и массе, предъявляемых к фрагментам конструкций из условий их передачи на объекты/установки интегрированной системы обращения с РАО ЧАЭС (включая технологическое здание, создаваемое в рамках ПК-1 НБК) для окончательной обработки РАО демонтажа.

Схема обращения с ВАО демонтажа будет определена в анализе концептуальных проектных решений с учетом плановых сроков проведения «раннего» демонтажа (2020 - 2023 гг.) и установленных сроков ввода объектов инфраструктуры ЧАЭС (в том числе ПК-1 НБК и промышленный комплекс по обращению с твердыми радиоактивными отходами (ПКОТРО)) в эксплуатацию.

Окончательная обработка РАО демонтажа предполагает выполнение всех необходимых технологических операций, обеспечивающих удовлетворение критериям приемки на захоронение или долговременное промежуточное хранение. Полный перечень технологических операций для обращения с РАО демонтажа определяется в процессе разработки концептуальных проектных решений по «раннему демонтажу» с учетом интеграции планируемой деятельности с деятельностью ЧАЭС по обращению с РАО в целом [5] (в зависимости от времени осуществления планируемой деятельности).

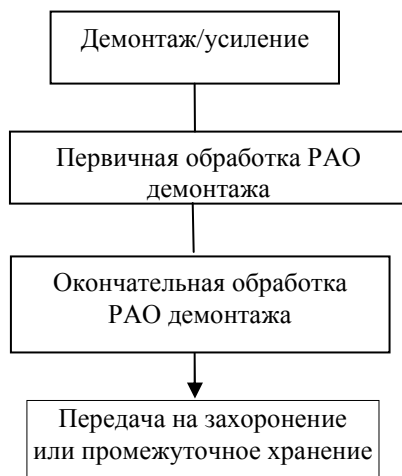


Рис. 1. Интегрированный демонтаж/обращение (вариант 1).

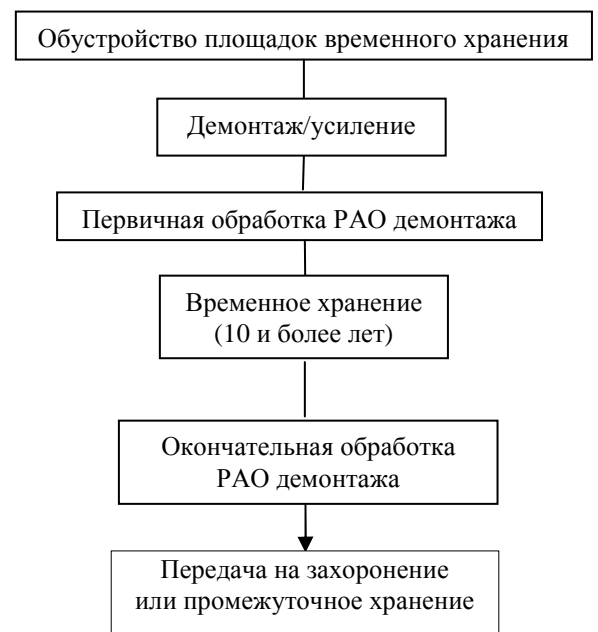


Рис. 2. Демонтаж с отложенным обращением (вариант 2).

Вариант 2 – демонтаж с отложенным обращением предполагает как выполнение этапов работ, присущих первому варианту, так и выполнение дополнительных этапов работ, связанных с обустройством площадок временного хранения и собственно хранением РАО демонтажа.

Площадки временного хранения могут быть выполнены в двух вариантах:  
площадки открытого хранения (без обеспечения защиты от атмосферных осадков);  
закрытые площадки (с обеспечением защиты от атмосферных осадков).

В случае закрытых площадок не предусматривается создание специальных условий для хранения (поддержание температуры, влажности, режима вентиляции и т.п.).

Окончательная обработка РАО демонтажа после завершения периода их временного хранения, как и в варианте 1, предполагает выполнение всех необходимых технологических операций, обеспечивающих удовлетворение критериям приемки на захоронение или долговременное промежуточное хранение. Полный перечень технологических операций для обращения с РАО демонтажа, включая их временное хранение, определяется в процессе разработки концептуальных проектных решений по «раннему демонтажу» с учетом интеграции планируемой деятельности с деятельностью ЧАЭС по обращению с РАО в целом (в зависимости от времени осуществления планируемой деятельности).

Предполагается, что для обоих вариантов начальные и конечные состояния полностью совпадают. Для целей проведения сравнительного анализа «доз - затрат - выгод» конечный срок завершения «раннего» демонтажа (включая все операции по обращению с РАО демонтажа) ограничивается 2033 г.

#### Анализ исходных данных

Для сравнения двух вариантов «раннего» демонтажа рассматриваются следующие критерии:

$C$  - стоимость работ;

$D$  - коллективная эффективная доза (КЭД) облучения персонала;

$Q$  - величина риска при реализации того или иного варианта «раннего» демонтажа, в том числе с учетом планируемых (прогнозируемых) действий на площадке ЧАЭС (и в зоне отчуждения) в отношении обращения с РАО.

Первые два критерия являются агрегативными, а последний критерий является качественным. Качественная оценка может быть проведена различными способами. Одним из наиболее доступных и содержательно обоснованных методов является метод экспертных оценок [6, 7], который применен в настоящей методике.

Сравнение вариантов «раннего демонтажа» предлагается осуществлять на основе многокритериального подхода с учетом рекомендаций МКРЗ [2] и требований норм радиационной безопасности Украины (НРБУ-97) [3].

Многокритериальный подход применяют в случаях, когда надо принять решение по выбору одного из нескольких вариантов, учитывая ряд критериев. Причем такие критерии обычно имеют различную природу, измерены в различных единицах и не могут быть просто суммированы, например доза и затраты.

Суть метода состоит в построении обобщенного показателя эффективности решения в виде суммы частных критериев с определенными весовыми коэффициентами, определяющими важность каждого из критериев для принятия решения. С этой целью для каждого частного критерия осуществляется построение функции полезности  $u_j(x)$ , которая отображает область изменения каждого из критериев  $x$  в диапазоне от 0 до 1.

При проведении анализа для каждого варианта  $i$  определяется обобщенный показатель полезности как сумма соответствующих функций полезности

$$U_i = \sum_{j=1}^n k_j \cdot u_j(x_{ji}) \quad (1)$$

с весовыми коэффициентами  $k_j$  такими, чтобы

$$\sum_{j=1}^n k_j = 1. \quad (2)$$

Вид функций полезности  $u_j$  и значения весовых коэффициентов  $k_j$  выбираются в соответствии с теорией принятия решений при многих критериях [4].

Значения критериев  $C$  (тыс. грн.) и  $D$  (чел.-Зв) в  $t$ -м году определяются в ходе проработки концептуальных проектных решений по «раннему» демонтажу. Кроме перечисленных исходных данных необходимо установить предположительный максимальный срок полной готовности инфраструктуры ЧАЭС (зоны отчуждения) к обращению с РАО демонтажа -  $T_{max}$  (находится в интервале от 10 до 30 лет). В рамках настоящей методики значение  $T_{max}$  принимается равным 20 годам. Тогда, сравнивая варианты в момент времени  $T_{cp}$ , значения критериев  $C$  (тыс. грн.) и  $D$  (чел.-Зв) будут получены по формуле

$$C(T_{cp}) = \sum_{t=1}^{T_{cp}} C(t), D(T_{cp}) = \sum_{t=1}^{T_{cp}} D(t), \quad (3)$$

где  $C(t)$  - стоимость работ в  $t$ -м году независимо от предыдущих и последующих лет, тыс. грн.;  $D(t)$  - КЭД облучения персонала в  $t$ -м году независимо от предыдущих и последующих лет, чел.-Зв.

В нашем случае установить верхнюю границу значений первых двух критериев не представляется возможным. Поэтому функции полезности строятся исходя из следующих условий:

в области малых значений стоимости и дозы функция должна иметь высокие значения и быть малочувствительной к изменениям аргумента;

в области больших значений стоимости и дозы функция должна иметь низкие значения и быть малочувствительной к изменениям аргумента;

в интервале близких значений аргумента функция должна иметь хорошее разрешение;

функция должна быть симметричной.

Перечисленным выше условиям соответствуют функции вида [4]

$$u(x) = \exp(-b \cdot (x/A)^4), \quad (4)$$

где  $x$  - значение критерия;  $A$  - константа, которая определяется как среднее значение критерия для всех рассматриваемых вариантов;  $b$  – коэффициент, определяющий степень симметричности функции (4).

Графическое представление семейства функций полезности  $u(x)$  при различных значениях коэффициента  $b$  показано на рис. 3. Видно, что функция является симметричной при значении  $b = 0,7$ ; функция при этом проходит через точку  $(0,5; 0,5)$  – центр симметрии. Поэтому в дальнейшем будем использовать функцию вида

$$u(x) = \exp(-0,7 \cdot (x/A)^4). \quad (5)$$

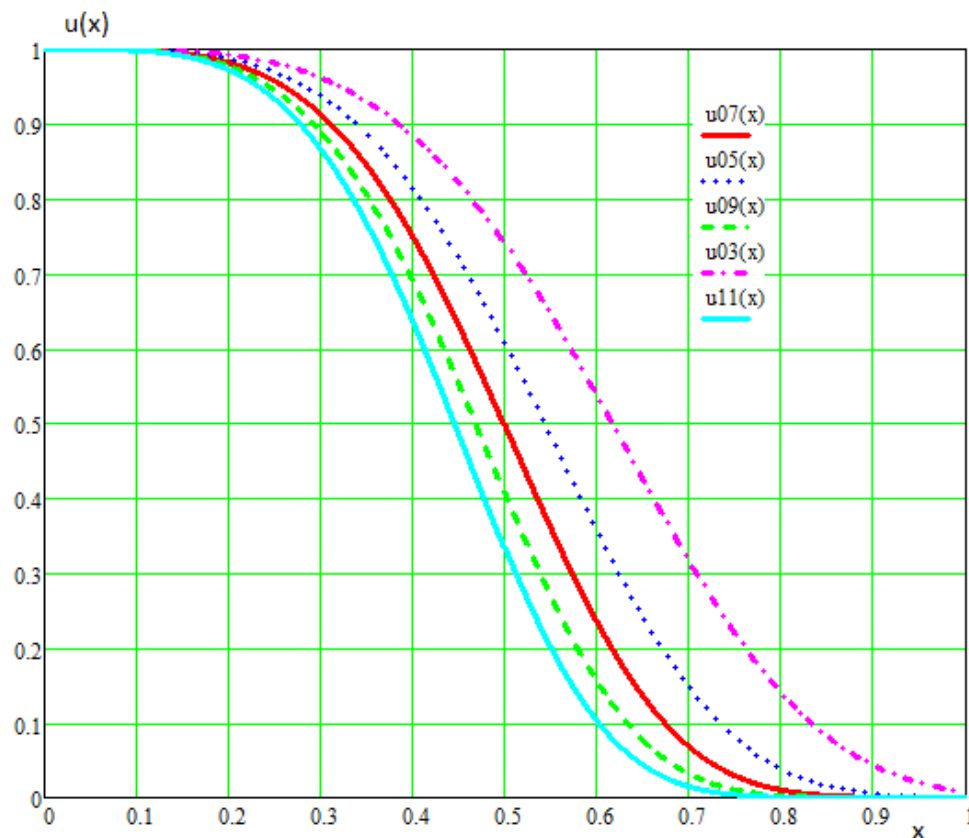


Рис. 3. Вид функции полезности  $u(x)$ .

Последний критерий (величина риска при реализации того или иного варианта «раннего» демонтажа) является качественным и определяется путем применения метода экспертных оценок.

Для определения величины риска  $Q$  в  $t$ -м году при реализации того или иного варианта «раннего» демонтажа с учетом планируемых (прогнозируемых) действий на площадке ЧАЭС (и в Зоне отчуждения) в отношении обращения с РАО ЧАЭС, воспользуемся функцией вида

$$Q(t) = p(t), \tag{6}$$

где  $p(t)$  - вероятность полной готовности реализации того или иного варианта «раннего» демонтажа в  $t$ -м году.

Поскольку значения функции  $Q(t)$  лежат в интервале  $[0, 1]$  и она отвечает всем требованиям функции полезности, то функцию полезности для величины риска  $Q$  при реализации того или иного варианта «раннего» демонтажа с учетом планируемых (прогнозируемых) действий на площадке ЧАЭС (и в зоне отчуждения) в отношении обращения с РАО ЧАЭС представим функцией следующего вида:

$$u(Q) = Q(t) = p(t). \tag{7}$$

Для определения величины  $p(t)$  в соответствии с [6, 7] для минимизации несогласованности в оценках будет использоваться система экспертных оценок методом непосредственного оценивания на основе универсальной 9-балльной шкалы: из множества значений  $\{0; 0,125; 0,25; 0,375; 0,5; 0,625; 0,75; 0,875; 1\}$  каждый эксперт строит следующую последовательность вероятностей  $\{p(1), p(2), p(3), \dots, p(T_{max})\}$ . В качестве экспертов могут выступать лица, принимавшие участие в экспертизе проектов (осуществляемых на промплощадке ЧАЭС) и ознакомленные с существующей схемой обращения с РАО на ЧАЭС и в зоне отчуждения, а также планируемые ее изменения в ближайшие 30 лет. Каждому эксперту необходимо будет заполнить табл. 1, в каждую клеточку которой необходимо поставить число из следующего набора  $\{0; 0,125; 0,25; 0,375; 0,5; 0,625; 0,75; 0,875; 1\}$ .

Таблица 1. Опросный лист экспертов

| Вероятность полной готовности реализации                   | 1 год | 2 года | 3 года | ... | $T_{max}$ лет |
|--|-------|--------|--------|-----|---------------|
| Вариант 1. Интегрированный демонтаж/обращение ( $p_1(t)$ ) |       |        |        |     |               |
| Вариант 2. Демонтаж с отложенным обращением ( $p_2(t)$ )   |       |        |        |     |               |

В качестве общей оценки (результат обработки мнений экспертов) может быть использовано среднее значение  $B_{сред}$  или медианное значение  $M$ :

$$B_{сред} = \frac{\sum_{i=1}^L B_i}{L}, \tag{8}$$

где  $B_i$  - значение показаний в оценке  $i$ -го эксперта.

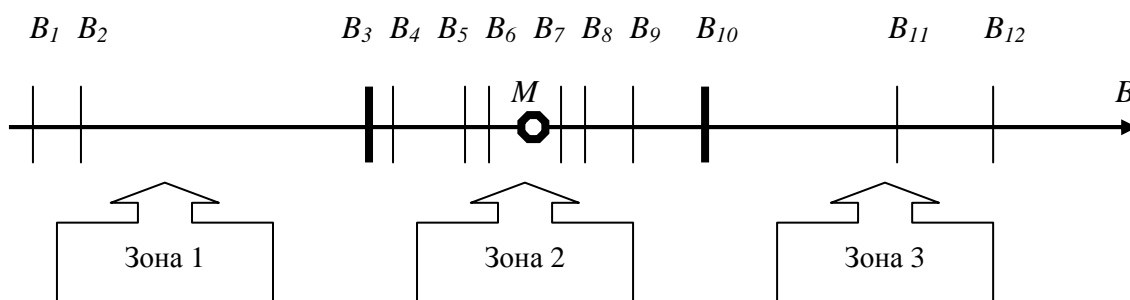


Рис. 4. Шкала оценок экспертов.

Все ответы экспертов в порядке возрастания их значений располагают на общей шкале (рис. 4) и определяют зону оптимизма (зона 3:  $B_{10} - B_{12}$ ), зону пессимизма (зона 1:  $B_1 - B_3$ ) и зону средних оценок (зона 2:  $B_4 - B_9$ ). К зоне 1 и зоне 3 относят по  $1/4$  выставленных оценок. Медиана  $M$  определяется для зоны средних оценок по формуле (8); в данной методике медианное значение  $M$  принимается в качестве общей оценки.

Необходимым условием достоверности полученной оценки является достаточный уровень согласованности мнений экспертов. Его проверяют на основе анализа дисперсии оценок экспертов на

промежутке  $B_I - B_L$ : абсолютная величина дисперсии не должна превышать 0,25 от значения  $M$  (примерно 25 % всей шкалы). Если степень расхождения выставленных оценок неприемлема, то авторам таких оценок (как правило, из зоны 1 и зоны 3) предлагается аргументировать свою точку зрения. Это может быть проведено в письменном виде или на основании совместного обсуждения результатов. После этого процедура экспертного оценивания повторяется.

В итоге подготовки исходных данных получится матрица, вид которой приведен в табл. 2.

Таблица 2. Матрица исходных данных

| Критерии | 1 год | 2 года | 3 года | ... | $T_{max}$ лет |
|----------|-------|--------|--------|-----|---------------|
| $C_1(t)$ |       |        |        |     |               |
| $C_2(t)$ |       |        |        |     |               |
| $D_1(t)$ |       |        |        |     |               |
| $D_2(t)$ |       |        |        |     |               |
| $p_1(t)$ |       |        |        |     |               |
| $p_2(t)$ |       |        |        |     |               |

Весовые коэффициенты  $k_j$  выбираются исходя из приоритетности того или иного критерия: стоимости, КЭД или величины риска. Поскольку в нашем случае нет явного предпочтения, то коэффициенты  $k_j$  принимаются равными (критерии равнозначны)

$$k_1 = k_2 = k_3 = 1/3.$$

С учетом того, что  $C_1(t), C_2(t)$  - стоимости работ рассматриваемых вариантов в  $t$ -м году;  $D_1(t), D_2(t)$  – КЭД при реализации вариантов в  $t$ -м году;  $p_1(t), p_2(t)$  - вероятность полной готовности реализации того или иного варианта «раннего» демонтажа в  $t$ -ом году; обобщенные показатели эффективности для этих вариантов будут иметь следующий вид:

$$U_1 = \frac{1}{3} \cdot \sum_{t=1}^{T_{max}} (\exp(-0,7 \cdot (2 \cdot C_1(t) / (C_1(t) + C_2(t))))^4 + \exp(-0,7 \cdot (2 \cdot D_1(t) / (D_1(t) + D_2(t))))^4 + p_1(t))$$

$$U_2 = \frac{1}{3} \cdot \sum_{t=1}^{T_{max}} (\exp(-0,7 \cdot (2 \cdot C_2(t) / (C_1(t) + C_2(t))))^4 + \exp(-0,7 \cdot (2 \cdot D_2(t) / (D_1(t) + D_2(t))))^4 + p_2(t))$$

Выгоду реализации варианта 1 по отношению к варианту 2  $\Delta U$  можно представить как

$$\Delta U = U_1 - U_2 \tag{9}$$



Рис. 5. Схема проведения анализа “доз - затрат - выгод”.

Для обоснования целесообразности/нецелесообразности реализации того или иного варианта «раннего» демонтажа необходимо проанализировать значение  $\Delta U$ , величина которого лежит в диапазоне от  $-1$  до  $+1$ . Если эта разность окажется больше нуля, тогда целесообразна реализация варианта 1. Если  $\Delta U < 0$ , то целесообразна реализация варианта 2. Это значит, что предпочтение отдается тому варианту, у которого значение обобщенного показателя эффективности  $U$  больше.

Дополнительно предусматривается выделение «ключевых» факторов и мероприятий, влияющих на выбор предпочтительного варианта «раннего» демонтажа нестабильных конструкций объекта «Укрытие», и выполнение их анализа (включая анализ неопределенностей) с целью подтверждения выбранного решения на основе многокритериального подхода.

Таким образом, общая схема действий по сравнению вариантов «раннего» демонтажа с использованием анализа «доз - затрат - выгод» приведена на рис. 5.

### Заключение

Предложенная методики проведения анализа «доз - затрат - выгод» для двух вариантов «раннего» демонтажа была согласована Государственной инспекцией ядерного регулирования Украины и была использована в «Отчете о результатах проведения сравнительного анализа «доз - затрат - выгод» для двух вариантов «раннего» демонтажа» SIP09-2-001 NI 03 RPT 040.

Предложенная многокритериальная система поддержки принятия решений была ранее успешно применена при выборе площадки размещения Централизованного хранилища отработанного ядерного топлива и подготовке проекта реализации стабилизационных мероприятий на объекте «Укрытие» в рамках ПОМ.

Использование данного методического подхода позволяет в условиях недостаточности исходных данных проводить анализ и сравнение вариантов для:

строительства новых энергоблоков;

создания объектов для обращения с РАО и отработавшим ядерным топливом;

снятия атомных электростанций с эксплуатации и/или продление сроков их эксплуатации;

других работ и объектов, у которых при выборе предпочтительного варианта несколько различных критериев оценки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Стратегія* перетворення об'єкта «Укриття», ухвалена рішенням Міжвідомчої комісії з комплексного вирішення проблем Чорнобильської АЕС. Протокол № 2 від 12 березня 2001 р.
2. *Публикация* 37 МКРЗ. Оптимизация радиационной защиты на основе анализа соотношения затраты - выгода. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
3. *Государственные* гигиенические нормативы. НРБУ-97. - Минздрав Украины, 1997.
4. *Кини Р., Райфа Х.* Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1981. - 560 с.
5. *Интегрированная* программа обращения с радиоактивными отходами на этапе прекращения эксплуатации Чернобыльской АЭС и преобразования объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему. 2ПР-С, 2010, 100 с.
6. *Уотермен Д.* Руководство по экспертным системам / Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 388 с.
7. *Саати Т.* Принятие решений. Метод анализа иерархий. - М.: Радио и связь, 1993.

**В. В. Деренговський<sup>1</sup>, В. М. Рудько<sup>1</sup>, В. О. Говоров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Кірова, 36а, Чорнобиль, 07270, Україна*

<sup>2</sup>*Державне спеціалізоване підприємство «Чорнобильська АЕС», а/с 10, Славутич, 07100, Україна*

### **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ПОРІВНЯЛЬНОГО АНАЛІЗУ «ДОЗ - ВИТРАТ - ВИГОД» ДЛЯ ДВОХ ВАРІАНТІВ «РАНЬОГО» ДЕМОНТАЖУ НЕСТАБІЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ»**

Розглянуто побудову методики проведення порівняльного аналізу «доз - витрат - вигод» для двох варіантів «раннього» демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» на основі багатокритеріального аналізу та системи експертних оцінок.

*Ключові слова:* методика, аналіз «доз - витрат - вигод», нестабільні конструкції, багатокритеріальний аналіз, експертні оцінки, новий безпечний конфайнмент, об'єкт «Укриття».

V. V. Derengovskiy<sup>1</sup>, V. M. Rudko<sup>1</sup>, V. O. Govorov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants NAS of Ukraine, Kirova str., 36a, Chernobyl, 07270, Ukraine*

<sup>2</sup>*State Specialized Enterprise "Chernobyl NPP", p/b 10, Slavutich, 07270, Ukraine*

**METHODOLOGY FOR THE COMPARATIVE ANALYSIS OF "DOSE - COST - BENEFIT"  
FOR THE TWO OPTIONS "EARLY" DISMANTLING OF UNSTABLE STRUCTURES  
OF THE "UKRYTTYA" OBJECT**

In this paper, we consider the construction methodology for the comparative analysis of "dose - cost - benefit" for the two options "early" dismantling of unstable structures of the "Ukryttya" object based on multi-criteria analysis, and expert assessments.

*Keywords:* methods of analysis "dose - cost - benefit", unstable structures, multi-criteria analysis, expert evaluation, new safe confinement, the "Ukryttya" object.

REFERENCES

1. *Strategy of Shelter Conversion*. Coordinated by Interdepartmental Commission on Chernobyl NPP Problems Complex Resolution. Protocol № 2 of March 12, 2001. (Ukr)
2. *ICRP*, 1983. Cost-Benefit Analysis in the Optimization of Radiation Protection. ICRP Publication 37. Ann. ICRP 10 (2-3).
3. *Norms of Radiation Safety (NRBU-97)*. The Ministry of Health of Ukraine, 1997. (Ukr)
4. *Ralph L. Keeney, Howard Raiffa*. Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs. John Wiley & Sons, Inc., 1976.
5. *The integrated program for radioactive waste management at the stage of decommissioning the Chernobyl NPP and transforming the object "Shelter" in an environmentally safe system*. 2PR C-2010, 100 p. (Rus)
6. *Waterman Donald*. A guide to expert systems. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1985.
7. *Saaty T.L.* The Analytic Hierarchy Process, Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill, New York, 1980.

Надійшла 10.03.2015

Received 10.03.2015