

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Системний підхід при прогнозуванні стану атмосферного повітря / А.Г.Шапар, С.З.Поліщук, М.Д.Волошин, В.О.Долодаренко, В.Ю.Каспійцева. – Дніпродзержинськ, 2004. – 165 с.
2. Поліщук С.З., Голуб В.В., Ємець М.А., Чесанов Л.Г., Шматков Г.Г., Корабльова А.І., Крадожен В.І., Полторацька В.М. Оцінка забруднення атмосферного повітря міста Дніпропетровська з використанням чисельних розрахунків на ПЕОМ. // Екологія і природокористування. Сб.наук.праць Інституту проблем природокористування ті екології НАН України. Вип.7. – Дніпропетровськ: ІПРЕ. 2004. – С.154-160.

УДК 624.042.63

**МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ПРИ
ВЫБОРЕ ВАРИАНТА СТАБИЛИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТА
«УКРЫТИЕ»**

*В.Г.Пошивач, к.т.н., зав.лаб., В.М.Богдан, инж., зав.лаб.
Государственный научно-исследовательский институт строительных
конструкций(НИИСК), г.Киев*

Реализация первоочередных проектов стабилизации для объекта «Укрытие» Чернобыльской АЭС призвана обеспечить прочность и устойчивость существующих конструкций до строительства новой локализирующей оболочки, минимум до 15 лет. С этой целью осуществляется проект стабилизации, предусматривающий усиление существующих конструкций.

На первом этапе было выполнено концептуальное проектирование, в результате которого разработаны возможные варианты реализации стабилизационных мероприятий.

Одним из самых сложных мероприятий, с учетом радиационной обстановки и трудозатрат на осуществление, является стабилизация восточной опоры балки «Мамонт». Для этого мероприятия было разработано три варианта усиления:

Вариант 1. «Дополнительное бетонирование опоры», заключающийся в заполнении бетоном восточной полости для увеличения площади опирания верхней части опоры на нижнюю часть;

Вариант 2. «Металлическая балочная клетка», заключающийся в закреплении опоры балки «Мамонт» к уцелевшим колоннам каркаса деаэрационной этажерки по осям «В» и «Г»;

Вариант 3. «Металлический упор», заключающийся в закреплении опоры балки «Мамонт» к уцелевшим колоннам каркаса по осям «41» и «42» между осями «Д» и «Е».

На втором этапе были выбраны окончательные варианты, для которых выполнено рабочее проектирование конструкции усиления.

Особенности выбора окончательных вариантов для рабочего проектирования заключались в необходимости сравнения экономических затрат и выгод (в английской терминологии «Cost-Benefit-Analysis») [1]. Такой анализ определяет в настоящее время принятие решений для выбора оптимального варианта при проектировании систем и элементов в атомной энергетике [2].

Методология анализа «дозы - затраты - выгода»

Сравнение экономических затрат и выгод Анализ «дозы-затраты-выгода» зависит от ряда параметров (критериев выбора), главным образом обеспечивающих радиационную безопасность людей и окружающей среды. При этом термин «выгода» в этом аспекте означает «улучшение безопасности или уменьшение риска облучения персонала, населения и защита окружающей среды».

В процессе принятия решений о выборе оптимальных технических или управляющих вариантов при проектировании систем и их элементов используются численные методы анализа, которые относятся к классу «аналитических решений». Наибольшее распространение получили методы, связанные с анализом «Затраты - выгода», к которым относятся [5]:

Анализ эффективности затрат [Cost – Effectiveness Analysis];

Анализ «Затраты - выгода» [Cost – Benefit Analysis];

- упрощенная реализация [simple formulations];
- расширенный анализ [extended analysis];

Многофакторный анализ полезности [Multi-Criteria Utility Analysis], и др.

В анализе радиационной защиты наиболее приемлемыми факторами оптимизации являются:

- Коллективная эффективная доза, чел.-м.Зв / чел.бэр (man Sv);
- Стоимость радиационной защиты, (\$ США, Грн. UA);
- Индивидуальная доза для персонала, (мЗв, mSv);
- Качественные показатели эффективности стабилизационных мероприятий или экранирования (лингвистические показатели экспертов) и др.

Чистая польза B от рассматриваемой деятельности, связанной с ионизирующими излучениями, может быть представлена в виде:

$$B = V - (P + X + Y) \quad (1)$$

где V – полная польза;

P – основные затраты на материальное производство, кроме затрат на радиационную защиту;

X – затраты на достижение выбранного уровня радиационной безопасности;

Y – ущерб, связанный с данным видом деятельности при выбранном уровне радиационной защиты.

Объект «Укрытие» не занимается материальным производством, поэтому можно принять $V=0$; $P=0$. В этом случае чистая польза равна величине, обратной сумме затрат на достижение выбранного уровня радиационной безопасности и стоимости ущерба, связанного с данным видом

деятельности при выбранном уровне радиационной защиты:

$$B = -(X+Y), \quad (2)$$

что подтверждает затратный механизм любой деятельности по отношению к ОУ.

При анализе эффективности затрат предполагается, что для каждого сравниваемого варианта существует, по крайней мере, две характеристики (например, стоимость защиты X и коллективная доза S), зависимости между которыми могут быть представлены в виде функционального соотношения, представленного на рисунке 1.

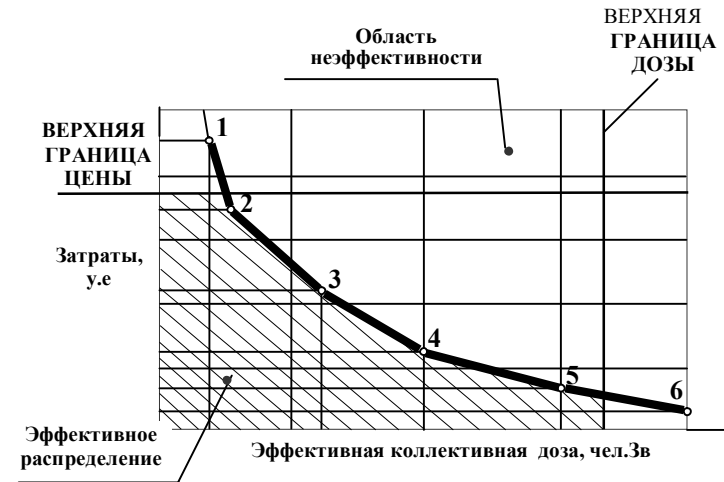


Рисунок 1 Типичная кривая эффективности затрат
1...6 – рассматриваемые варианты принятия решения

Общий подход к анализу «Затраты - выгода» исходит из экономической теории благосостояния. Основная особенность рассматриваемого подхода заключается в том, что анализируемые факторы для каждого из рассматриваемых вариантов решения представляются в денежном выражении.

Упрощенная формулировка связана с рассмотрением в денежном выражении двух пар элементов функции полезности (X – затрат на достижение уровня радиационной безопасности и Y – стоимость ущерба при данном уровне безопасности).

Затраты X для каждого варианта решения вычисляются непосредственно. Функция ущерба Y в упрощенной формулировке оценивается в денежном выражении в виде:

$$Y_{упр.} = \alpha \cdot S \quad (3)$$

где S – коллективная эффективная эквивалентная доза от рассматриваемого

вида деятельности, в чел.Зв;

α - коэффициент, который при решении по оптимизации защиты представляет собой цену облучения в денежном выражении, в условных единицах (у.е.). Значение этого коэффициента изменяется в пределах $\alpha=1000\div 100000$ \$США/1 чел.Зв. Анализ альтернатив экранирования и доступа показывает, что с учётом международного опыта диапазон изменения этого коэффициента может составлять $\alpha=(20\cdot 10^3\div 200\cdot 10^3)$ у.е./Зв.

В НРБУ-97 «Нормы радиационной безопасности» [3] денежный эквивалент риска рекомендуется рассчитывать с учётом величины валового национального дохода на одного жителя (экономическая компонента) с учётом компенсации на психологическое восприятие риска; при этом экономическая компонента составляет 5-10% от психологической. С учётом имеющегося опыта работы на объекте «Укрытие» и сложившейся структуры цены в условиях промплощадки ЧАЭС принимается $\alpha=20\ 000$ у.е./1 чел.Зв.

В рассматриваемом подходе рекомендуется устанавливать для каждой соседней пары вариантов соответствующие коэффициенты эффективности

$$k_{эфф.} = \frac{\Delta X_i}{\Delta S_i} = \frac{X_i - X_{i-1}}{S_{i-1} - S_i}, \quad (4)$$

где X – затраты на обеспечение безопасности;

S – коллективная доза (чел.Зв);

$i = 1, 2, \dots, n-1$ – номер рассматриваемого варианта;

n – общее количество вариантов.

Многофакторная функция полезности U_j для всех n рассматриваемых критериев оптимальности строится в виде:

$$U_j = \sum_{j=1}^n k_j u_j \quad (5)$$

при дополнительном условии, что

$$\sum_{j=1}^n k_j = 1, \quad (6)$$

где k_j – коэффициент масштабирования;

u_j – функция полезности (рентабельности), выражающая относительную важность фактора (критерия) с номером j .

Рассмотренный метод анализа «Затраты - выгода» является частным случаем многофакторного анализа, когда отдельные функции u_j являются линейными, а значения k_j соответствуют денежному выражению для единицы ущерба.

Коэффициенты масштабирования k_j могут быть вычислены из соотношений в виде:

$$\frac{k(X)}{R(X)} = \frac{k(S)}{\alpha R(S)} ; \quad (7)$$

$$k(X)+k(S) = 1 \quad (8)$$

где: $R(X) = X_{max} - X_{min}$ (9)

$$R(S) = S_{max} - S_{min} \quad (10)$$

Оценка вариантов стабилизации на основе анализа «доз/затрат/выгод»

После выполнения моделирования и расчетов вариантов осуществления стабилизации восточной опоры балки «Мамонт» и исследования радиационной обстановки на основании [3, 4] и соответствующих сборников ЕНиР, были определены трудозатраты и дозозатраты на осуществление вариантов (таблица 1).

Таблица 1
Исходные данные по стоимости и коллективной дозе вариантов стабилизации

Наименование	Вариант №1	Вариант №2	Вариант №3
Общие трудозатраты, чел.-час	229,14	195,95	295,16
Перевод трудозатрат (56,52 грн/чел-час), грн	12951,00	11075,09	16682,44
Вес стали, т	1,6	3,0	9,0
Стоимость стали (1500 грн/т), грн	2400	4500	13500
Объем бетона, м ³	50,0	0	0
Стоимость бетона (250 грн/м ³), грн	12500	0	0
Общая стоимость, грн	27851,00	15575,09	30182,44
Общая КЭД без экранирования, чел.*Зв	0,414	0,475	0,900

Анализ «Стоимость-Эффективность»

Принимая во внимание, что на момент выполнения анализа курс НБУ 5,35 грн = 1 US\$ (α=107 тыс.грн.) и формулу (2) можно вычислить величину ущерба и чистой пользы, связанных с выполнением стабилизационного мероприятия. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2
Результаты анализа «Стоимость-Эффективность»

Наименование	Вариант №1	Вариант №2	Вариант №3
Затраты на выполнение стабилизационного мероприятия (X), тыс. грн	27,851	15,575	30,182
Величина ущерба, связанного с выполнением стабилизационного мероприятия (Y), тыс. грн	44,298	50,825	96,300
Чистая польза от выполнения стабилизационного мероприятия (B), тыс. грн	-72,149	-66,400	-126,482

Из таблицы 2 видно, что наибольшую чистую пользу при выполнении стабилизационного мероприятия имеет вариант 2.

Многофакторный анализ

Многофакторный анализ проводим по формуле (5).

Коэффициенты масштабирования k_j определяем совместным решением выражений (6) и (7):

$$k(X) = \frac{1}{1 + \frac{\alpha \cdot R(S)}{R(X)}} = \frac{1}{1 + \frac{107 \cdot 0.486}{14.607}} = 0,219;$$

$$K(S) = 1 - k(X) = 1 - 0.219 = 0.781$$

где $R(X)$ – диапазон изменения стоимости вариантов - 14,607 тыс. грн.;

$R(S)$ - диапазон изменения годовой коллективной дозы - 0,486 чел. Зв.

Положение линии графика частной функции $u(X)$ характеризуется тангенсом:

$$tg_x = \frac{1}{R(X)} = \frac{1}{14,607} = 0,06846$$

Определим частные функции полезности для фактора «Затраты на выполнение стабилизационного мероприятия».

Для варианта 1: $u(x_1) = tg_x \cdot (X_{max} - X_1) = 0,06846 \cdot (30,182 - 27,851) = 0,16$;

Для варианта 2: $u(x_2) = tg_x \cdot (X_{max} - X_2) = 1,0$ (лучший вариант по стоимости);

Для варианта 3: $u(x_3) = tg_x \cdot (X_{max} - X_3) = 0$.

Положение линии графика частной функции $u(S)$ характеризуется тангенсом:

$$tg_s = \frac{1}{R(S)} = \frac{1}{0.486} = 2,05761.$$

Определим частные функции полезности для фактора «Коллективная доза».

Для варианта 1: $u(S_1) = tg_s \cdot (S_{max} - S_1) = 2,05761 \cdot (0,9 - 0,414) = 1,0$ (лучший вариант по дозе);

Для варианта 2: $u(S_2) = tg_s \cdot (S_{max} - S_2) = 0,874$;

Для варианта 3: $u(S_3) = tg_s \cdot (S_{max} - S_3) = 0$.

Результаты вычислений сведены в таблицу 3.

Таблица 3

Результаты многофакторного анализа

Вариант стабилизации	Стоимость стабилизации, X, тыс. грн.	Коллективная доза, S, чел. Зв	Частные функции		Масштабированные частные функции		Польза, U
			u(X)	u(S)	k(X)* u(X)	k(S)* u(S)	
1	27,851	0,414	0,16	1,0	0,035	0,781	0,816
2	15,575	0,475	1,0	0,87	0,219	0,683	0,902
3	30,182	0,900	0	0	0	0	0

ВЫВОДЫ

Оценка предложенных вариантов стабилизации с целью выбора варианта для рабочего проектирования, выполненная по методикам анализов «стоимость – эффективность» и «многофакторному анализу» показала, что наиболее выгодными вариантами является варианты:

№1 - «Дополнительное бетонирование опоры»;

№2 «Металлическая балочная клетка».

Принимая во внимание, что вариант №1 имеет наименьший показатель по коллективной дозе, а показатели полезности вариантов №1 и №2 близки, для рабочего проектирования предложен вариант №1 «Дополнительное бетонирование опоры».

Для предложенного варианта в составе детального проекта были разработаны рабочие чертежи, прошедшие экспертизу и утвержденные для реализации. Осуществление мероприятия намечено в 2005-2006гг.

Рассмотренный подход может быть реализован для определения оптимальных вариантов выполнения строительно-монтажных работ при ремонте, реконструкции или усилении конструкций различных объектов, особенно где существуют вредные факторы и ограничивающие условия. При этом критерии сравнения и факторы оптимизации могут изменяться в достаточно широком диапазоне.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Optimization and decision-making in radiological protection. A report of a task group of committee 4 of the international commission on radiological protection. – Pergamon press. – 1989. – 60 p.
2. Нормы строительного проектирования АС с реакторами различного типа. Пин АЭ-5.6. – М.: Из-во Минатомэнерго СССР, 1986. – 21с.
3. НРБУ-97/Д200. Нормы радиационной безопасности Украины/ Министерство охраны здоровья Украины. 2000.
4. 6Э-ОУ. Инструкция по радиационной безопасности при проведении работ на объекте «Укрытие». Система качества ОУ/ Объект «Укрытие» ЧАЭС. 2001

УДК 666.972.16

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ МОДИФИКАТОРОВ НА ГЛУБИНУ ПЛАСТИФИКАЦИИ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

*А.П. Приходько, к.т.н.; А.П. Никифоров, д.т.н., проф.; Пушкаренко О.А., асп;
Н.А. Матенчук инж.*

Проблема назначения составов бетона с комплексными модификаторами заключается в общем феноменологическом подходе к концентрации химических добавок.

Принимается, что данный модификатор имеет одно постоянное значение