

## **ИНВЕСТИЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЯДЕРНО- И РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Емец П.Е., Крянев А.В., д-р физ.-мат.наук, профессор  
(Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»)

В настоящее время остановлена эксплуатация нескольких десятков ядерно- и радиационно опасных объектов (ЯРОО), в том числе относящихся к ядерному топливному циклу, размещенных на предприятиях Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» (далее – Росатом). В дальнейшем процесс прекращения эксплуатации и вывода из эксплуатации ЯРОО будет продолжаться.

В Российской Федерации имеется нормативная правовая основа, регламентирующая обеспечение безопасности выводимых из эксплуатации ЯРОО. Обеспечение ядерной и радиационной безопасности выводимых из эксплуатации объектов ядерного топливного цикла – одно из приоритетных направлений в деятельности Росатома.

Среди реализуемых Росатомом мероприятий по созданию системы вывода из эксплуатации ЯРОО немаловажной является задача разработки системных оценок финансового и материального обеспечения данной деятельности [1–4].

### **Критерий эффективности инвестиционных затрат на вывод из эксплуатации ЯРОО**

Установленные в нормативных правовых документах порядок подготовки к выводу ЯРОО из эксплуатации и порядок вывода ЯРОО из эксплуатации требуют реализации комплекса технических и организационных мероприятий, направленных на достижение конечного состояния выводимого из эксплуатации ЯРОО. По мере реализации этих мероприятий должен снижаться уровень потенциальной опасности выводимого из эксплуатации ЯРОО.

Подлежащие выполнению работы по выводу ЯРОО из эксплуатации и обеспечение необходимого уровня безопасности этих работ требуют привлечения значительных финансовых ресурсов.

С целью экономически эффективного финансового обеспечения ядерной и радиационной безопасности (ЯРБ) следует, прежде всего, разработать научно обоснованные принципы и численные критерии ЯРБ для различных типов выводимых из эксплуатации ЯРОО и расчета объема финансирования при достижении необходимых величин критериев ЯРБ.

Для оценки эффективности объемов финансирования, выделяемых на подготовку к выводу и вывод из эксплуатации ЯРОО с учетом существующей неопределенности в исходных данных, представлены следующие критерии:

- инвестиционная эффективность средств, выделенных на вывод из эксплуатации ЯРОО;
- неопределенность инвестиционной эффективности затрат на вывод из эксплуатации ЯРОО;
- комплексная качественная оценка ЯРОО на этапе подготовки к выводу из эксплуатации, подсчитываемая как взвешенная оценка частных качественных критериев (категория ядерной и радиационной опасности (ЯРО) ЯРОО; уровень готовности проектной документации на вывод из эксплуатации ЯРОО; обеспеченность оборудованием для вывода из эксплуатации ЯРОО и т. д.).

Используемые критерии основаны на общих принципах и позволяют объединять полученные на их основе оценки ЯРБ ЯРОО для различных групп ЯРОО (предприятия изготовления и переработки ядерного топлива, АС, системы транспортировки РАО, объекты захоронения РАО и т.д.) [5–12].

Для системной оценки обеспечения ЯРБ выводимых из эксплуатации нескольких ЯРОО или нескольких групп ЯРОО необходимо руководствоваться принципом взвешенного объединения численных значений критериев обеспечения ЯРБ, с учетом соотношений ЯРО (ЯРО каждого объекта по отношению к ЯРО других объектов объединяемой группы).

Конкретные численные значения получаемых оценок значений критериев ЯРБ и финансовых затрат на обеспечение ЯРБ имеют различные уровни неопределенности в зависимости от рассматриваемого ЯРОО. Для обоснованного расчета эффективного финансового обеспечения ЯРБ учитывается фактор неопределенности и его системный характер.

Одна из основных задач при финансировании подготовки к выводу и выводу из эксплуатации ЯРОО – эффективное использование выделенных объемов финансирования. Для задач вывода из эксплуатации ЯРОО мерой эффективности финансирования является снижение ЯРО на вложенный рубль. Степень ЯРО ЯРОО определяется принадлежностью ЯРОО к определенному классу, ранжированному по ЯРО ЯРОО, и величинами разрабатываемых в рамках реализации концепции критериев, влияющих на степень ЯРО ЯРОО. Ясно, что в оценках степени ЯРО каждого ЯРОО также присутствует значительная неопределенность (для различных ЯРОО в общем случае разная).

При оценках стоимости работ, необходимых для подготовки к выводу или выводу из эксплуатации ЯРОО, неизбежны недооценки или переоценки их величин. Причем величина отклонений оценок стоимости от реальных величин может достигать нескольких десятков процентов. Два фактора могут влиять на такой значительный уровень неопределенности оценок стоимости работ:

- ошибка в оценке необходимого объема будущих производимых работ;
- ошибка в оценке будущей стоимости единицы производимых работ из-за непредвиденного изменения цен на материальные ресурсы и производственные услуги, необходимые для реализации работ.

Таким образом, итоговая величина критерия эффективности использования инвестируемых средств для вывода из эксплуатации ЯРОО с учетом неопределенности как в оценках стоимости необходимых работ, так и в степени ЯРО, имеет значительную степень неопределенности и является случайной величиной значительной волатильности.

В качестве критерия инвестиционной эффективности можно брать нормированный критерий, учитывающий не только оценку эффективности снижения уровня ЯРО исследуемого ЯРОО на единицу выделяемых для этих целей средств, но также дающий возможность оценить экономию средств в случае принятия решения о продолжении эксплуатации рассматриваемого ЯРОО вследствие экономической неэффективности его немедленного вывода из эксплуатации.

Критерий инвестиционной эффективности предлагается подсчитывать по следующей схеме.

ЯРО каждого ЯРОО условно можно представить в виде суммы двух компонент. Первая, «активная компонента» (АК), характеризуется наличием на ЯРОО совокупности ядерных делящихся материалов, источников ионизирующего излучения, взрывчатых и других веществ, обуславливающих потенциальную радиационную и иную опасность ЯРОО для окружающей среды, обслуживающего объект персонала и т.п. Данная компонента может быть оценена и выражена в

денежном эквиваленте и представляет собой издержки на обеспечение приемлемого уровня ЯРБ. Вторая, «пассивная компонента» (ПК), является вероятностной величиной и характеризуется возможностью возникновения различного рода чрезвычайных ситуаций (технологических аварий, техногенных катастроф и т.п.) на ЯРОО с последующим вредным, прежде всего радиационным, воздействием на обслуживающий персонал, население и окружающую среду. Данная компонента также может быть оценена и выражена в денежном виде и характеризует собой объем издержек, возникающих в случае возникновения чрезвычайной ситуации и необходимых для ликвидации ее последствий.

АК может быть подсчитана следующим образом. Для каждого ЯРОО определяется числовое значение АК по формуле:

$$AK = AK^* \cdot AV, \quad (1)$$

где  $AK^*$  – представляемое в денежном выражении числовое значение АК для его единичного «объёма»;  $AV$  – «объём» АК для ЯРОО.

«Объёмы»  $AV$  могут учитывать кроме физического объёма ЯРОО (например объёма хранилища РАО на объекте) также и степень ЯРО рассматриваемого ЯРОО, обуславливаемую другими факторами, например его геологическим и территориальным расположением и др.

*Замечание 1. Если на рассматриваемом ЯРОО присутствуют объекты или источники нерадиационного характера, наносящие ущерб окружающей среде, персоналу и, возможно, другим категориям населения, их также необходимо учитывать и включать в правую часть формулы (1).*

*Замечание 2. В равенстве (1) зафиксировано допущение, что числовое значение АК линейно зависит от его «объёма». Например, числовое значение АК жидких радиоактивных отходов, находящихся в хранилище, пропорционально объёму этого хранилища. В противном случае можно учесть нелинейную зависимость АК от  $AV$ .*

ПК может быть определена по формуле:

$$PK = PV \cdot P, \quad (2)$$

где  $PV$  – числовое значение ущерба чрезвычайной ситуации в денежном выражении;  $P$  – вероятность наступления чрезвычайной ситуации на ЯРОО за расчетный период времени.

*Замечание 3. Если на рассматриваемом ЯРОО возможны аварии нерадиационного характера, наносящие ущерб окружающей среде, персоналу и, возможно, другим категориям населения, их также необходимо учитывать и включать в правую часть формулы (2).*

Суммарная оценка ( $O$ ) величины возможного ущерба с учетом ЯРО рассматриваемого ЯРОО определяется по формуле:

$$O = AK + PK. \quad (3)$$

Нормированный критерий инвестиционной эффективности в целях снижения ЯРО для ЯРОО подсчитывается по формуле:

$$R = \frac{O + Z}{F}, \quad (4)$$

где  $F$  – числовое значение финансовых затрат в целом для варианта вывода из эксплуатации ЯРОО;  $Z$  – затраты на эксплуатацию ЯРОО в течение расчетного периода для варианта продолжения его эксплуатации в текущем режиме.

После подсчета значений нормированных комплексных критериев инвестиционных эффективностей по формуле (4) для всей совокупности рассматриваемых ЯРОО, производится ранжирование ЯРОО по убыванию критерия инвестиционной эффективности:

$$R_1 \leq R_2 \leq \dots \leq R_N, \quad (5)$$

где  $R_i$  – нормированный критерий инвестиционной эффективности  $i$ -го ЯРОО.

ЯРОО с большим числовым значением критерия инвестиционной эффективности наиболее привлекательны для вывода из эксплуатации с экономической точки зрения, поскольку для них достигается большее снижение в денежном выражении уровня ЯРО и затрат на обслуживание, приходящихся на 1 руб. инвестиционных средств, выделенных для вывода из эксплуатации ЯРОО.

Более того, формулы (1)–(4) дают возможность получить распределение вероятностей совокупности критериев эффективности  $R = (R_1, \dots, R_N)$  как случайного вектора для группы из  $N$  рассматриваемых ЯРОО, используя метод Монте-Карло, и, тем самым, подсчитать характеристики неопределенности критериев инвестиционной эффективности для совокупности рассматриваемых ЯРОО.

Полученная с помощью метода Монте-Карло выборка значений вектора  $R$  критериев инвестиционной эффективности:

$$R_{i1}, \dots, R_{iP} \quad (6)$$

дает возможность подсчитать числовые значения волатильностей, характеризующие неопределенность и стохастическую зависимость критериев инвестиционной эффективности  $R_i$  для совокупности рассматриваемых ЯРОО.

Каждый инвестиционный проект (инвестиции в вывод из эксплуатации ЯРОО не являются исключением) характеризуется несколькими критериями, совокупный набор которых во многом определяет принятие решения об очередности инвестирования в реализацию проекта вывода из эксплуатации ЯРОО.

Для выводимых из эксплуатации ЯРОО такими частными критериями являются:

- принадлежность к определенной категории ЯРОО по степени их ЯРО;
- социально-политическая значимость ЯРОО, которая может быть выражена, например в удаленности ЯРОО от крупных населенных пунктов и т.п.;
- наличие проектной документации (с учетом степени ее проработки) на вывод из эксплуатации рассматриваемого ЯРОО и др.

Для определения очередности работ по выводу из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения следует руководствоваться следующими приоритетами:

- гарантий безопасности персонала, населения и окружающей среды над вопросами получения экономической прибыли;
- работ, обеспечивающих максимальное снижение экологического риска с учетом степени реальной опасности и последствий воздействия на человека и окружающую среду, включая демографические, социальные, экологические, географические, геологические и метеорологические факторы при равных материальных и временных затратах;
- вывода из эксплуатации объектов с более высокой категорией опасности;
- работ, наиболее близких к завершению.

Все учитываемые частные критерии ЯРОО, включая критерий инвестиционной эффективности, могут быть агрегированы в один комплексный критерий.

Числовое значение комплексного критерия ЯРОО ( $K$ ) подсчитывается по формуле:

$$K = \alpha_1 \cdot K_1 + \dots + \alpha_m \cdot K_m, \quad (7)$$

где  $K_j$  – значение  $j$ -го частного нормированного безразмерного критерия для ЯРОО;  $\alpha_j$  – весовой множитель, определяющий значимость  $j$ -го частного критерия по отношению к другим частным критериям;  $m$  – число учитываемых частных критериев.

Числовые значения  $\alpha_j$ ,  $j = 1, \dots, m$  можно получить с помощью схемы парных экспертных сравнений относительных значений  $K_j$ , широко используемой для оценок и принятия решений в условиях неопределенности и необходимости объединения критериев и основанной на теории «The Analytic Network Process» [13]. Более того, обобщенная схема парных экспертных сравнений позволяет оценивать значения  $\alpha_j$ ,  $j = 1, \dots, m$  при неполном наборе сравниваемых пар.

После расчета комплексного критерия для каждого ЯРОО из рассматриваемой группы производится их ранжирование, и ЯРОО с наибольшими значениями комплексного критерия – кандидаты на первоочередной вывод из эксплуатации.

Предлагаемая схема оценок эффективного финансово-материального обеспечения ЯРБ отдельных ЯРОО и групп ЯРОО позволяет рассчитывать обоснованные затраты на обеспечение ЯРБ, оптимизируя распределения ограниченных средств для достижения наибольшего уровня ЯРБ при условии обеспечения минимального уровня риска неэффективного использования ресурсов, выделяемых на вывод из эксплуатации ЯРОО и обеспечение ЯРБ.

### **Расчет инвестиционной эффективности вывода из эксплуатации радиохимического комплекса**

В отношении данного ЯРОО рассматривались два основных варианта обеспечения ЯРБ.

1. Немедленный вывод объекта из эксплуатации с последующей его ликвидацией.
2. Перевод объекта в режим безопасной эксплуатации (выдержка после останова в радиационно и экологически безопасном режиме в течение длительного периода времени, обеспечение безаварийной работы всех систем жизнеобеспечения объекта, выполнение необходимых дезактивационных работ, консервация оборудования и т.п.).

Для обоих вариантов были смоделированы два сценария развития событий (по отношению к возможности возникновения чрезвычайной ситуации): пессимистический и оптимистический, различающиеся в зависимости от допущений, принятых по отношению к величине затрат на ликвидацию последствий вредного влияния радиационного воздействия на окружающую среду, персонал и население, а также вероятности возникновения чрезвычайной ситуации. В расчетах учтена временная стоимость денег (прогноз темпов инфляции).

#### **1. Расчет эффективности инвестиций для варианта полного вывода из эксплуатации ЯРОО**

##### **Исходные данные для расчета:**

|  |       |
|--|-------|
| суммарные расходы на вывод из эксплуатации (F), млн. руб. ....           | 320,0 |
| кумулятивные эксплуатационные расходы за                                 |       |
| расчетный период (Z), млн. руб. ....                                     | 360,5 |
| волатильность величины эксплуатационных расходов ( $\sigma_z$ ), % ..... | 10    |
| волатильность величины суммарных затрат на вывод                         |       |
| из эксплуатации ( $\sigma_F$ ), % .....                                  | 20    |
| волатильность величины затрат на ликвидацию чрезвычайной                 |       |
| ситуации (ЧС) ( $\sigma_{ПЧ}$ ), % .....                                 | 20    |
| волатильность темпов инфляции ( $\sigma_r$ ), % .....                    | 10    |

**Пессимистический сценарий**

**Исходные данные:**

- активная компонента в денежном выражении (АК), млн. руб. ....100,0
- затраты на ликвидацию чрезвычайной ситуации (ЧС) (ПV), млн. руб. ....1 115,0
- вероятность возникновения ЧС (p) .....0,05

**Результат расчета** (без учета волатильности показателей):

ПК = p·ПV – 55,8 млн. руб.; О = АК+ПК – 155,8 млн. руб.; критерий инвестиционной эффективности (R) –1,6.

**Оптимистический сценарий**

**Исходные данные:**

- активная компонента в денежном выражении (АК), млн. руб. ....0
- затраты на ликвидацию ЧС (ПV), млн. руб. ....1 115,0
- вероятность возникновения ЧС (p) .....0,001

**Результат расчета** (без учета волатильности показателей):

ПК = p·ПV – 1,1 млн. руб.; О = АК+ПК – 1,1 млн. руб.; критерий инвестиционной эффективности (R) – 1,2.

Используя метод Монте-Карло при заданных исходных данных и результаты расчета, получаем следующие распределения критерия инвестиционной эффективности для пессимистичного (рис.1) и оптимистичного (рис.2) сценариев (для варианта полного вывода из эксплуатации ЯРОО).

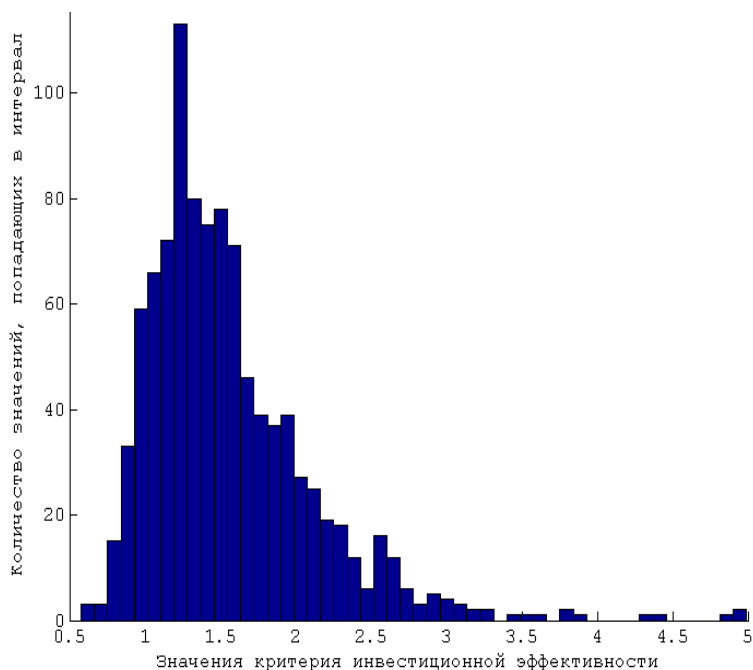


Рис.1. Гистограмма распределения критерия инвестиционной эффективности пессимистичного сценария для варианта полного вывода из эксплуатации ЯРОО

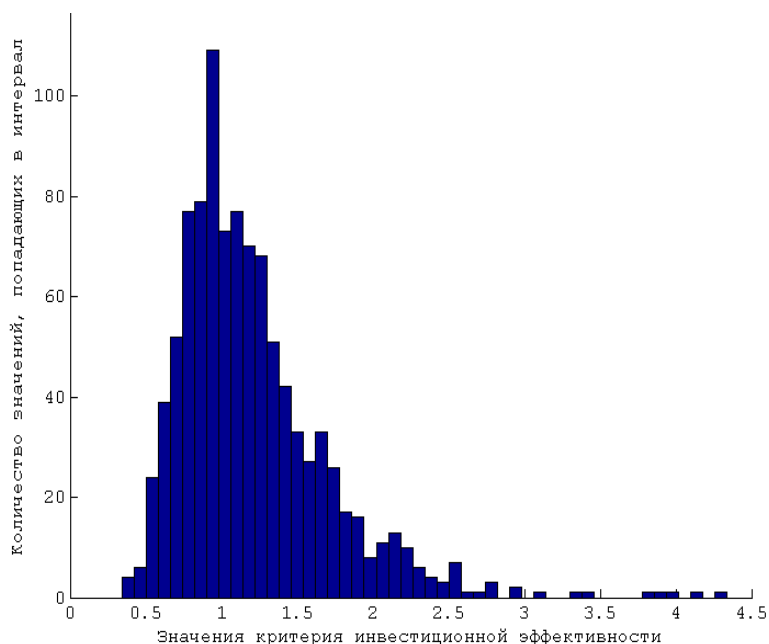


Рис.2. Гистограмма распределения критерия инвестиционной эффективности оптимистичного сценария для варианта полного вывода из эксплуатации ЯРОО

Согласно пессимистическому сценарию, риск неэффективной реализации проекта (когда коэффициент инвестиционной эффективности меньше единицы) по выводу ЯРОО из эксплуатации составляет  $p = 0,096$ .

Согласно оптимистическому сценарию, риск неэффективной реализации проекта по выводу ЯРОО из эксплуатации составляет  $p = 0,407$ . На рис. 1, 2 видно, что при существующих исходных данных оба сценария являются приемлемыми с точки зрения реализации проекта.

## 2. Расчет эффективности инвестиций для варианта перевода ЯРОО в режим безопасной эксплуатации

### Исходные данные для расчета:

- суммарные расходы на доведение ЯРОО до приемлемого уровня радиационной безопасности, включая расходы на модернизацию оборудования (F), млн. руб. .... 425,9
- кумулятивные эксплуатационные расходы за расчетный период (Z), млн. руб. .... 360,5
- расходы на строительство нового ЯРОО, аналогичного рассматриваемому (включая приобретение нового оборудования), млн. руб. ....300,0
- волатильность величины эксплуатационных расходов ( $\sigma_z$ ), %..... 10
- волатильность величины суммарных затрат на вывод из эксплуатации ( $\sigma_F$ ), %.....20
- волатильность величины затрат на ликвидацию ЧС ( $\sigma_{ПВ}$ ), % .....20
- волатильность темпов инфляции ( $\sigma_I$ ), %.....10

- волатильность величины расходов на строительство нового ЯРОО, аналогичного рассматриваемому, включая приобретение нового оборудования ( $\sigma_{\text{Строит}}$ ), % .....50

**Пессимистический сценарий**

**Исходные данные:**

- АК, млн. руб. ....100,0
- затраты на ликвидацию ЧС (ПВ), млн. руб. .... 1 115,0
- вероятность возникновения ЧС (p) ..... 0,05

**Результат расчета** (без учета волатильности показателей):

ПК =  $p \cdot PV$  – 55,8 млн. руб.; О = АК+ПК+К·Строит – 308,8 млн. руб. (К = 0,75 – коэффициент амортизации ЯРОО и оборудования); критерий инвестиционной эффективности (R) – 1,7.

**Оптимистический сценарий**

**Исходные данные:**

- АК, млн. руб. .... 0
- затраты на ликвидацию ЧС (ПВ), млн. руб. ....1 115,0
- вероятность возникновения ЧС (p)..... 0,001

**Результат расчета** (без учета волатильности показателей):

ПК =  $p \cdot PV$  – 1,1 млн. руб.; О = АК+ПК+К·Строит – 226,1 млн. руб.; критерий инвестиционной эффективности (R) – 1,4.

Используя метод Монте-Карло при заданных исходных данных и результаты расчета, получаем следующие распределения критерия инвестиционной эффективности для пессимистичного (рис.3) и оптимистичного (рис.4) сценариев (для варианта перевода ЯРОО в режим безопасной эксплуатации).

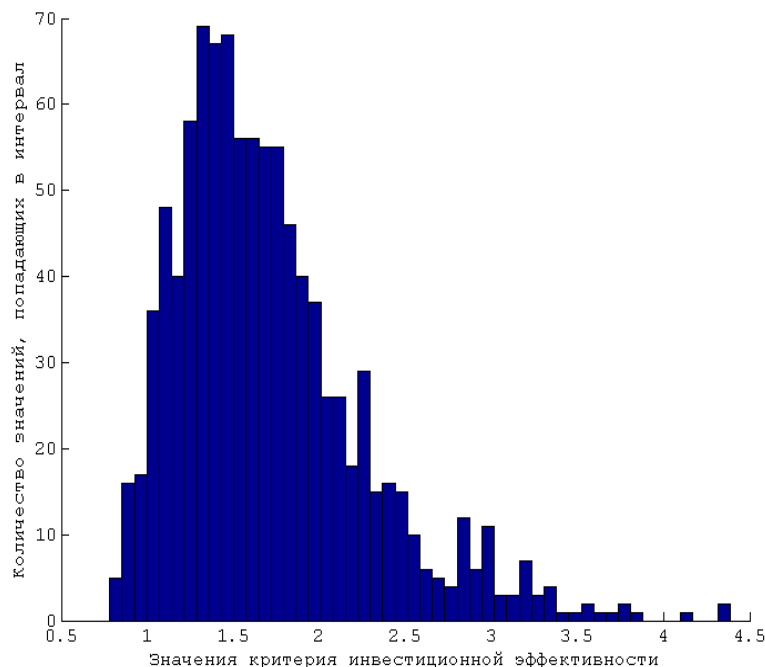


Рис.3. Гистограмма распределения критерия инвестиционной эффективности пессимистичного сценария для варианта доведения ЯРОО до приемлемого уровня ЯРБ и последующей его эксплуатации



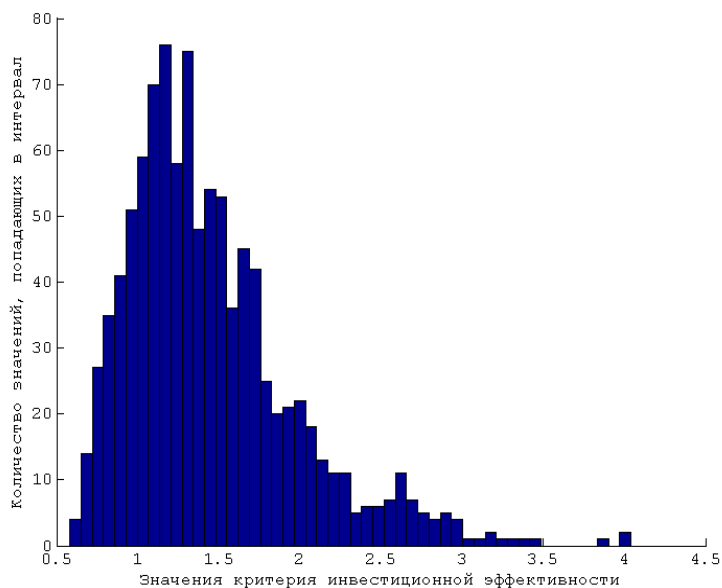


Рис.4. Гистограмма распределения критерия инвестиционной эффективности оптимистичного сценария для варианта доведения ЯРОО до приемлемого уровня ЯРБ и последующей его эксплуатации

Согласно пессимистическому сценарию, риск неэффективной реализации проекта составляет  $p = 0,038$ . Согласно оптимистическому сценарию, риск неэффективной реализации проекта составляет  $p = 0,175$ . На рис. 3, 4 видно, что при существующих исходных данных оба сценария являются приемлемыми для реализации проекта.

Таким образом, сравнение результатов расчета двух вариантов показывает, что с учетом существующих исходных данных вариант перевода рассматриваемого ЯРОО в режим безопасной эксплуатации является экономически более привлекательным, чем вариант немедленного вывода ЯРОО из эксплуатации, поскольку обеспечивает более высокую степень эффективности инвестиций и меньший риск неэффективной реализации проекта.

### Заключение

Исходя из требований нормативных документов, предложен перечень критериев для принятия решений при определении очередности работ по подготовке ЯРОО к выводу из эксплуатации.

В качестве интегральных критериев для принятия решений при определении очередности и объемов финансирования работ по подготовке ЯРОО к выводу из эксплуатации рассматриваются величина активности на объекте, вероятность чрезвычайного события на объекте, а также риск чрезвычайного события.

Проведен анализ определения оптимальных затрат на приведение закончивших эксплуатацию ЯРОО в безопасное состояние. Безопасное состояние выведенного из эксплуатации ЯРОО оценивается по двум критериям: допустимое с точки зрения безопасности количество радиоактивных веществ на объекте и ми-

нимальная допустимая вероятность возникновения на объекте ЧС с нанесением ущерба населению и окружающей среде. Анализ учитывает необходимость компенсации ущерба от аварии на объекте.

Предложения по дальнейшим исследованиям, связанным с выводом из эксплуатации ЯРОО:

- разработка схем, алгоритмов и программ расчета критериев инвестиционной эффективности для всех выводимых из эксплуатации ЯРОО;
- учет неопределенностей в оценках стоимостей работ и эффективности инвестируемых средств на вывод из эксплуатации ЯРОО;
- разработка схем, алгоритмов и программ расчета критериев неопределенности для всех конкретных выводимых из эксплуатации ЯРОО.

Реализация вышеуказанных предложений даст один из инструментов, помогающих принять обоснованное решение об инвестиционном процессе вывода из эксплуатации ЯРОО.

Авторы благодарят профессора В.В. Харитонову за сделанные им замечания, учтенные в представленном тексте статьи.

#### Список литературы

1. Федеральный закон от 21.11.1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии».
2. Федеральный закон от 03.04.1996 г. № 29-ФЗ «О финансировании особо радиационно опасных и ядерно-опасных производств и объектов».
3. Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2010 года и дальнейшую перспективу. Утверждены Президентом Российской Федерации 04.12.2003 г. Пр-2196.
4. Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом». Концепция вывода из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения. Утверждена генеральным директором Госкорпорации «Росатом» 26.02.2008 г.
5. Крянев А.В. Основы финансового анализа и портфельного инвестирования в рыночной экономике. -М.: МИФИ, 2001.
6. Шарп У., Александер Г., Бэйли Д. Инвестиции. -М.: Инфра-М, 2001.
7. Крянев А.В., Лукин Г.В. Математические методы обработки неопределенных данных. -М.: Наука, 2006.
8. Емец П.Е., Крянев А.В. Схемы оценок эффективного финансового и материального обеспечения ядерной и радиационной безопасности выводимых из эксплуатации ядерно- и радиационно опасных объектов. В сборнике научных трудов «Научная сессия МИФИ-2007».
9. Емец П.Е., Крянев А.В. Математическое моделирование задач оптимального распределения ресурсов для обеспечения ядерной и радиационной безопасности выводимых из эксплуатации ядерно- и радиационно опасных объектов. В сборнике научных трудов «Научная сессия МИФИ-2007».
10. Емец П.Е., Ковалевич О.М., Крянев А.В., Шарафутдинов Р.Б. Математические модели расчета инвестиционной эффективности вывода из эксплуатации ЯРОО. -М.: МИФИ, препринт 002-2007.

Статьи

11. Емец П.Е., Ковалевич О.М., Крянев А.В., Неретин В.А., Шарафутдинов Р.Б. Системный подход при финансировании мероприятий по выводу из эксплуатации ЯРОО, классифицируемых в зависимости от категории их ЯРО. -М.: МИФИ, препринт 005-2007.
12. Saaty T.L. Decision making with dependence and feedback. The Analytic Network Process. The organization and prioritization of complexity. University of Pittsburgh, 1997.
13. Кархов А.Н. Экономическая эффективность АЭС и ТЭС в условиях рынка. Известия РАН, № 6, с. 69-85, 2003.