



РОСАТОМ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»



Система автоматического оптимального выбора в динамическом режиме последовательности технологических операций по ВЭ ЯРОО в условиях неопределенности исходных данных
System for automatic optimal selection in dynamic mode of the sequence of technological operations for the decommissioning of NRHF under conditions of initial data uncertainty

***Бочкарев В.В., Бриллиантов Б.Д., Климанов С.Г., Крянев А.В.,
Смирнов Д.С. Смирнов С.А.***

НИЯУ МИФИ, НТЦ ЯРБ

Москва,

ФГУП Радон

20-21.09.2023

В докладе представлена одна из возможных математических моделей анализа влияния неопределенностей в значениях показателей на выбор в динамическом режиме варианта использования технологических операций при ВЭ ОИАЭ

Рассматривается n вариантов выбора технологических операций ($i=1, \dots, N$), ВЭ ОИАЭ, каждый из которых характеризуется M частными показателями $F_{ij}, j = 1, \dots, m$, большие значения которых вносят больший вклад в решение о ВЭ ОИАЭ, и n частными показателями $F_{ij}, j = m + 1, \dots, m + n$, меньшие значения которых вносят больший вклад в решение о ВЭ ОИАЭ.

Производится нормирование показателей для их объединения в один комплексный показатель для каждого ВЭ ОИАЭ: Значения нормализованных комплексных показателей K_i , $i = 1, \dots, N$, для каждого варианта ВЭ подсчитывается по формуле:

$$K_i = \sum_{j=1}^{m+n} w_j \cdot F_{ij}^H, \quad i = 1, \dots, N,$$

где $w_j \geq 0, j = 1, \dots, m + n, \sum_{j=1}^{m+n} w_j = 1$, –
коэффициенты значимости показателей

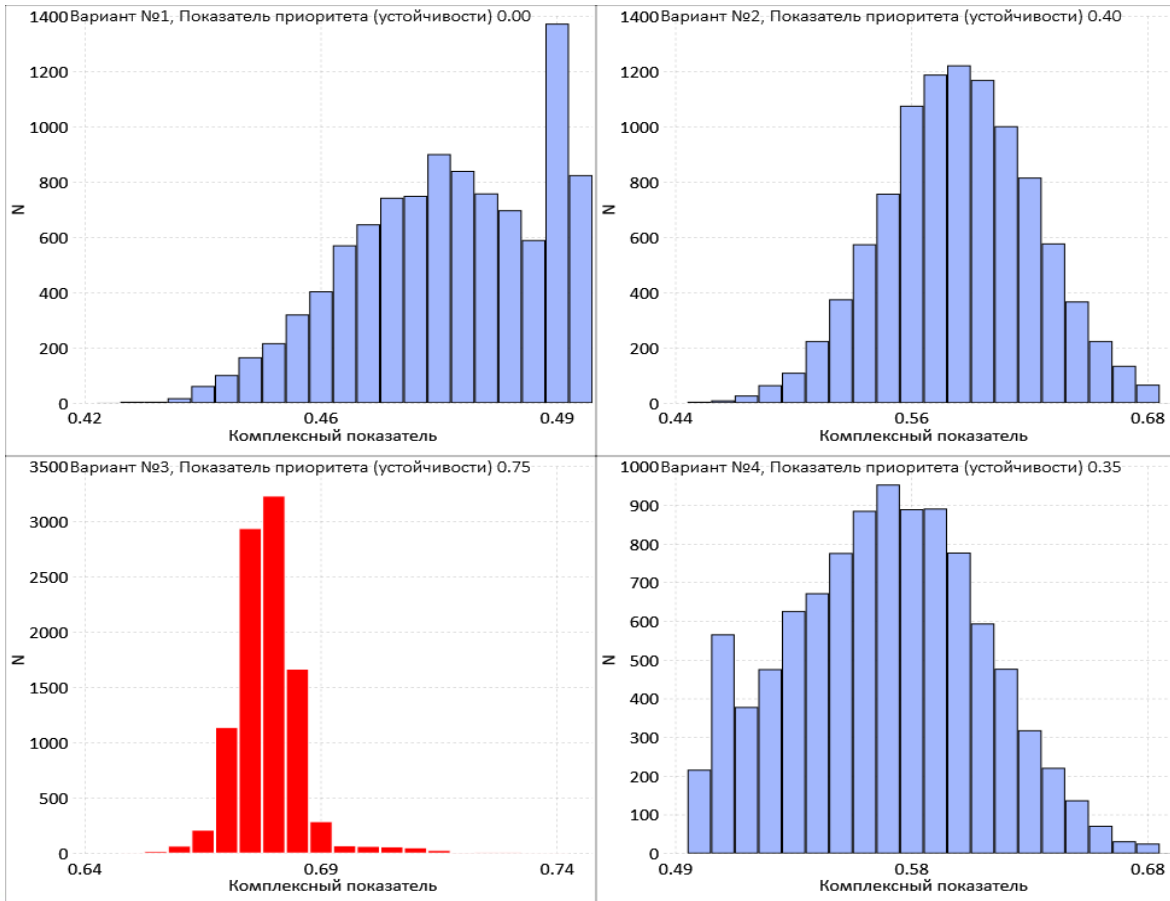
С целью выбора оптимального варианта набора технологических операций предлагается следующая схема:

1. Проверяется влияние неопределенности, входящих в процедуру на выбор варианта набора технологических операций при ВЭ (анализ чувствительности) следующим образом:

– рассматриваются в качестве источников неопределенности значения параметров при расчете показателей, включенных в процедуру выбора варианта технологических операций при ВЭ;

- определяются погрешности задания всех параметров расчетов показателей, включенных в процедуру выбора варианта ВЭ, (погрешности измерения, оценок, принятых предположений и экспертных оценок) и диапазоны изменения параметров;
- выбираются из всех параметров, использованных для количественной оценки показателей те, погрешности которых вносят определяющий вклад в итоговую погрешность показателя;
- процедура выбора варианта технологических операций при ВЭ повторяется для граничных точек диапазона изменений каждого показателя.

2. Для каждого варианта выбора набора последовательности технологических операций на основе реализации схемы Монте-Карло строятся гистограммы распределения комплексного показателя.



Из приведенного рисунка на предыдущем слайде следует, что третий вариант набора последовательности выполнения технологических операций по значениям комплексного показателя превосходит другие варианты.

Вышеприведенная схема определения оптимальных вариантов выбора в динамическом режиме набора технологических операций применяется для всех конструкций выводимого из эксплуатации ЯРОО.



РОСАТОМ

Система поддержки принятия оптимальных решений (СППОР) в процессе вывода из эксплуатации ОИАЭ



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Справочник нормативных требований ЯРБ, связанных с процессом ВЭ ОИАЭ

Справочник типовых технологических операций по ВЭ

Справочник типовых элементов ОИАЭ: строительных конструкций, оборудования, систем ОИАЭ

Справочник ресурсов, необходимых для реализации типовых технологических операций и обеспечение мер безопасности

Формирование и сравнение вариантов выполнения технологических операций по ВЭ ОИАЭ

Обоснование ЯРБ ВЭ ОИАЭ
Оптимальный вариант ВЭ ОИАЭ

Процесс ВЭ ОИАЭ

Справочник рисков

Блок экспертных оценок исходных показателей

Данные КИРО и др.

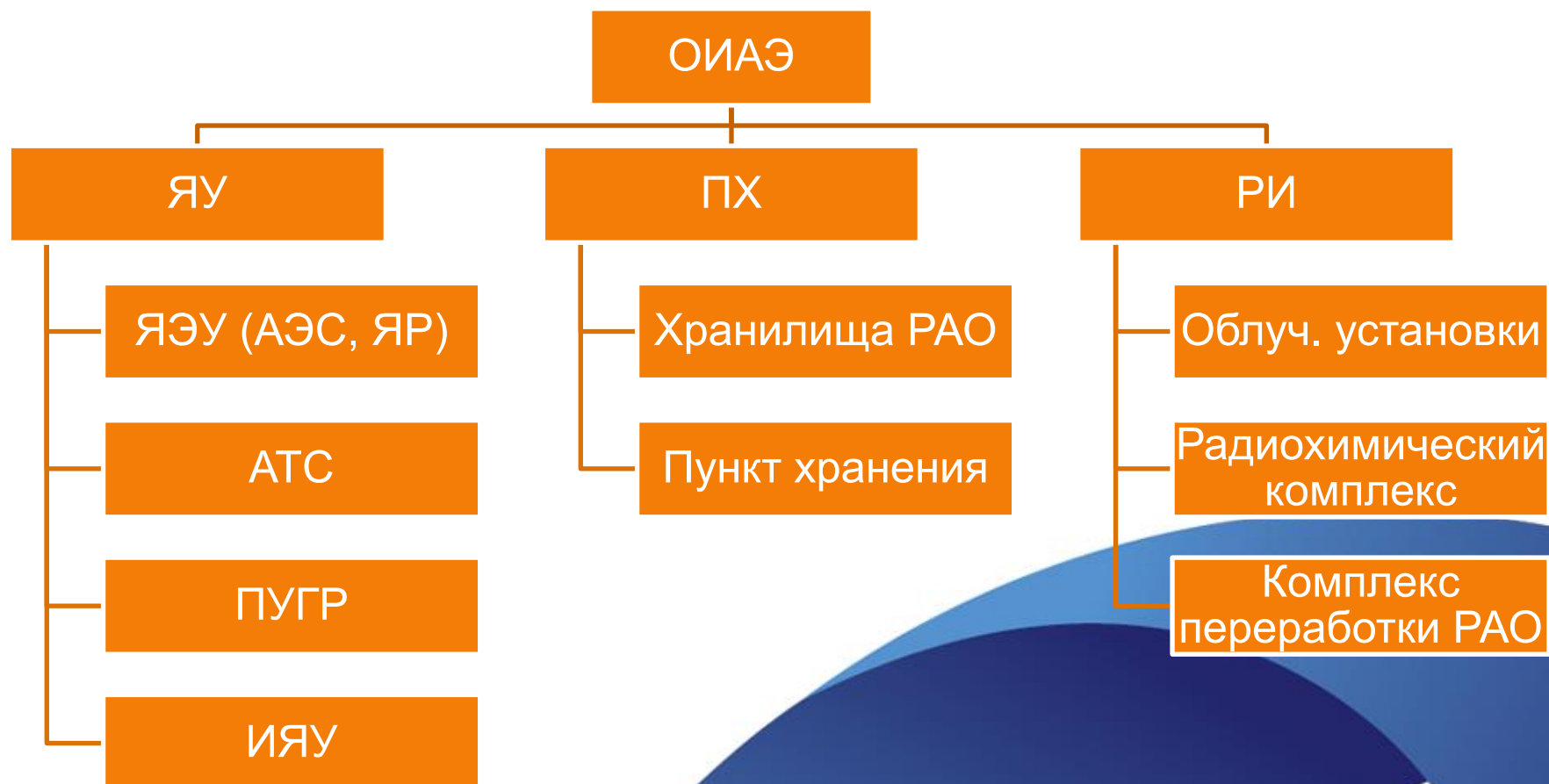
Блок расчетных оценок исходных показателей



РОСАТОМ



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»



В докладе приведены возможные схемы и алгоритмы исследования на устойчивость рассматриваемых вариантов ВЭ ЯРОО в условиях неопределенности исходных данных КИРО, которые порождают неопределенности значений частных показателей для выбираемых вариантов. Выбор варианта ВЭ ЯРОО производится на основе комплексного показателя, объединяющего в виде линейной суперпозиции частные показатели для каждого рассматриваемого варианта ВЭ путем многократной реализации с помощью метода Монте-Карло их значений для каждого рассматриваемого варианта ВЭ.

Ниже представлен некоторый перечень типовых основных физических характеристик конструкций, необходимых для расчета показателей для выводимого из эксплуатации объекта.

- 1) Каждая конструкция (элемент) имеет неопределенные числовые значения показателей ($\Pi_{\text{ср.}}$, σ_{Π}):
- 2) Материальный объем (вес, площадь, длина с указанием качественной характеристики материалов, учитываемой в расчетах показателей технологических операций по демонтажу, дезактивации, переработке, транспортировке, захоронению и другие);
- 3) Характеристика (показатели) радиационного заражения (объем РАО, его тип и другие);
- 4) Каждой конструкции (элементу) соответствует набор нескольких возможных технологических операций по ВЭ этой конструкции (минимальное число – одна операция, максимальное – 5 операций).

Для каждой пары конструкция - технологическая операция рассчитаны характеристики (с погрешностями, описываемые СКО – σ).

Математическая модель определения устойчивости выбранного оптимального варианта технологических операций при ВЭ ЯРОО.

В качестве базовых частных показателей, характеризующих, как пару конструкция-технологическая операция, так и вариант в целом, взят следующий их набор:

- 1) Стоимость работ – $СР_i, \sigma_{СРi}$;
- 2) Длительность работ – $ДЛ_i, \sigma_{ДЛi}$;
- 3) Дозовая нагрузка на персонал – $ДНП_i, \sigma_{ДНi}$;

Объем и вид (жидкий, твердый) материала с РАО с количеством РАО в каждом виде, на основе которых подсчитывается две характеристики (с неопределенностями):

- 4) Воздействие на окружающую среду (ВС - объемы выбросов и сбросов РВ) – $ВС_i, \sigma_{ВСi}$;
- 5) Дозовые нагрузки на население – $ДНН_i, \sigma_{ДННi}$.

Здесь $СР_i, ДЛ_i, ДНП_i, ВС_i, ДНН_i$ – средние значения частных показателей; $\sigma_{СРi}, \sigma_{ДЛi}, \sigma_{ДНПi}, \sigma_{ВСi}, \sigma_{ДННi}$ – СКО этих показателей.

Замечание. Для некоторых объектов часть характеристик может отсутствовать, например, дозовые нагрузки ВС и ДНН.

Заключение

Выбору оптимальных вариантов реализации ВЭ ОИАЭ посвящены работы [1-7]. Представленная в данной работе схема частично использована в системе поддержки принятия оптимальных решений при реализации ВЭ ОИАЭ [8,9]. В статье представлены часть результатов научных исследований, выполненные в рамках договора № 313/1685-Д, финансируемого АО «Наука и инновации» Росатома.

1. НП-091-14 «Обеспечение безопасности при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии. Общие положения».
2. 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. Препринт МИФИ 005-2007. М.: МИФИ, 2007, 23 с.
3. Емец П.Е., Крянев А.В. Схема системных оценок оптимального объема финансирования, направляемого на обеспечение ядерной и радиационной безопасности выводимых из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов. Аудит и финансовый анализ. №3, 2010.
4. Емец П.Е., Крянев А.В. Экономическая эффективность вывода из эксплуатации ядерно и радиационно-опасных объектов. Ядерная и радиационная безопасность, №1 (59), с.10-19, 2011.
5. Бочкарев В.В., Крянев А.В., Ханбикова Д.Т. Ранжирование ядерно и радиационно опасных объектов, эксплуатация которых прекращена. Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем», Москва, РУДН, 22-25 апреля 2014, с. 195-197.

6. Valeriy V. Bochkarev, Alexandr V. Kryanev, Dmitry S. Smirnov. *Mathematical decision support model for the decommissioning of nuclear power facilities. 10th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), 2018, pp. 453-458.*
7. Абакумова А.С., Бочкарев В.В., Крянев А.В. *Обоснование выбора варианта вывода из эксплуатации объектов использования атомной энергии, Ядерная и радиационная безопасность, № 3(87), 2018.*
8. В. В. Бочкарев, Б. Д. Бриллиантов, А. В. Крянев, А. А. Бацулин, С. Г. Климанов, О. Ю. Литвиненко, Д. В. Мамай, Д. Е. Слива, Д. С. Смирнов, П. А. Стряпушкин, В. И. Терешкин, Д. Т. Ханбикова. *Структура системы поддержки принятия оптимальных решений при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии. Вестник НИЯУ МИФИ, т. 9, №4, 2020.*
9. БОЧКАРЕВ ВАЛЕРИЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ, БРИЛЛИАНТОВ БОРИС ДМИТРИЕВИЧ, КЛИМАНОВ СЕРГЕЙ ГЕННАДИЕВИЧ, КРЯНЕВ АЛЕКСАНДР ВИТАЛЬЕВИЧ, СМИРНОВ ДМИТРИЙ СЕРГЕЕВИЧ. *Обоснование оптимальных технических и организационных решений при выводе из эксплуатации ОИАЭ с учетом обеспечения ЯРБ, Радиоактивные отходы, вып. 4, с. 60-64, 2021.*

Спасибо за внимание!