

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ПРИНЦИПА ОПТИМИЗАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОБЪЕКТА "УКРЫТИЕ"

В. Г. Батий, Л. И. Павловский, В. М. Рудько

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль

Введение

Предложен системный подход к применению принципа оптимизации (принципа ALARA) в процессе преобразования объекта "Укрытие" Чернобыльской АЭС. Описаны особенности его применения для выбора оптимальных конструктивных и технологических решений, а также мероприятий по повышению уровня радиационной безопасности на всех фазах проектирования и реализации проектов.

В настоящее время на объекте "Укрытие" проводятся широкомасштабные работы по реализации проекта стабилизации его строительных конструкций. Опыт проведения работ, в частности авторского надзора над реализацией проекта, показал, что при планировании работ в специфичных условиях работ на объекте "Укрытие" (сложная радиационная обстановка, неопределенность в данных о расположении источников излучения и т.п.) указал на необходимость целенаправленной деятельности для выполнения принципа оптимизации (ALARA) на различных фазах проектирования и строительства.

Так, в процессе авторского надзора за реализацией проекта детализированные в проекте производства работ технические решения приводили к необходимости корректировки мероприятий по радиационной безопасности, в первую очередь по экранированию, проведению дополнительных исследований по радиационной обстановке, особенно после организации новых путей доступа и т.п. Все эти новые решения необходимо оптимизировать в соответствии с принципом ALARA. Таким образом, возникает необходимость в организации непрерывного процесса ALARA анализа. Особенно это будет важно при производстве существенно более масштабных работ по строительству нового безопасного конфайнмента (НБК).

Цель настоящей работы заключается в разработке процедур его применения при проектировании и производстве работ по преобразованию объекта "Укрытие" в экологически безопасную систему.

Применение принципа ALARA на этапе проектирования

На рис. 1 приведена схема применения принципа ALARA на этапе проектирования.

Исходя из анализа цели и задач проекта, должна осуществляться деятельность по получению исходных данных (в том числе о радиационной обстановке, прогнозируемых характеристиках и объемах радиоактивных отходов (РАО) и технологических материалов (ТМ) и т.д.).

Одновременно необходимо определить граничные условия, устанавливающие область возможных решений по оптимизации. Основными граничными условиями являются:

- сроки разработки проекта;
- сроки реализации проекта;
- существующая радиационная обстановка и прогнозная оценка ее изменения;
- установленные в нормативных документах Украины и технических и эксплуатационных документах ЧАЭС радиационно-гигиенические регламенты;
- расстояние от основной зоны производства работ (ЗПР) до объекта "Укрытие";
- необходимость выполнения работ в условиях эксплуатации объекта "Укрытие" и осуществления другой деятельности на его промплощадке;

прогнозируемые объемы и характеристики ТМ и РАО, образуемых при реализации проекта;

необходимость минимизировать объемы образующихся РАО;
существующая неопределенность в исходных данных.

Исходя из граничных условий и исходных данных, необходимо определить критерии оптимизации (коллективная эффективная доза, стоимость, срок реализации проекта, количество РАО и ТМ) и метод ALARA анализа. В зависимости от наличия исходных данных это может быть качественный или количественный анализ. Учитывая большое количество критериев, которые необходимо учитывать, наиболее перспективным является применение многокритериального анализа [1, 2].

На следующем этапе должны быть предложены различные альтернативные варианты конструктивных и технологических решений и на основе ALARA анализа выбран оптимальный вариант. Процедура подбора альтернативных вариантов состоит из трех операций:

разработки перечня всех возможных вариантов;

проведения предварительного анализа для отсека вариантов, реализация которых, очевидно, невозможна или приводит к нарушению принципов радиационной защиты (например, к превышению доз текущего или потенциального облучения персонала или населения установленных регламентов);

отбора вариантов, которые непосредственно будут принимать участие в процедуре оптимизации.

После постановки задачи и определения возможных вариантов действий важным этапом является определение критериев. Невключение критериев, которые могут воздействовать на эффективность решения, или неправильная оценка их роли может привести к ошибочному конечному результату. При оптимизации могут быть учтены не только те критерии, которые принадлежат (прямо или косвенно) к критериям радиационного воздействия (радиационные критерии), но и критерии вне данной сферы.

К радиационным критериям относятся, в частности:

индивидуальные эффективные дозы (ИЭД) при производстве работ;

коллективная эффективная доза (КЭД);

радиационные риски при возможных авариях;

места расположения ЗПР (степень близости к аварийному блоку);

степень воздействия на окружающую среду;

объемы образуемых РАО, подлежащих захоронению;

дискомфорт, который появляется в результате применения мероприятия (например, использование изолирующих средств индивидуальной защиты органов дыхания).

К нерадиационным критериям относятся:

стоимость;

сроки реализации проекта;

риск ухудшения условий проведения регламентных и других работ;

максимальное использование существующей инфраструктуры;

простота реализации;

численность высококвалифицированного персонала и пр.

Когда все критерии, которые необходимо рассмотреть, определены, может случиться так, что некоторые из них невозможно выразить количественно для включения в аналитическую процедуру. В таком случае эксперты, принимающие решение, оценивают эти критерии качественно, а результат этой оценки далее принимает участие в дальнейшем анализе.

Далее должен быть проведен анализ возможных проектных решений и на основе ALARA анализа должны быть выбраны оптимальные.

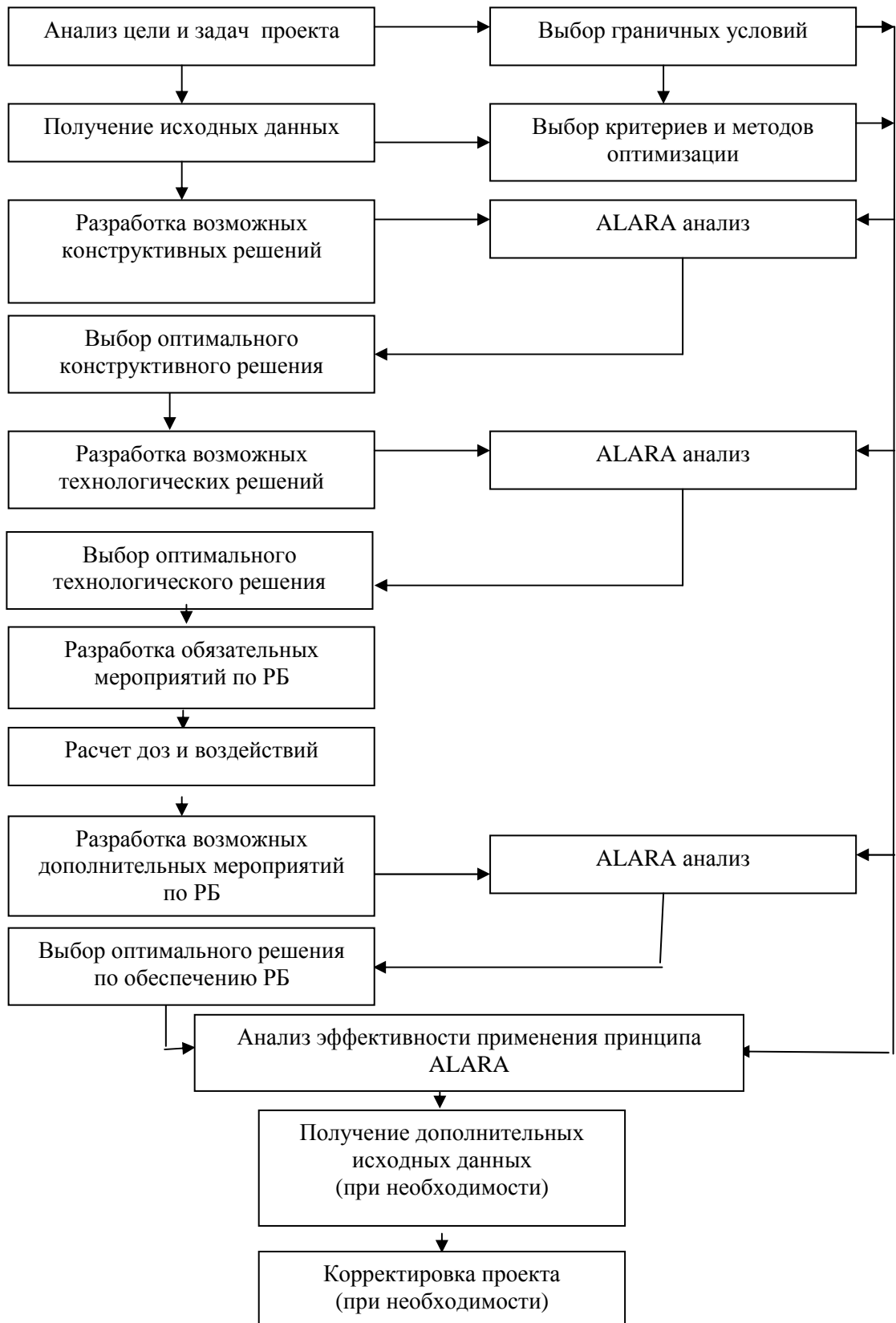


Рис. 1. Применение принципа ALARA при проектировании.

Для выбранного варианта технологической схемы необходимо рассчитать индивидуальные и коллективная эффективные дозы с учетом обязательных мероприятий по обеспечению радиационной безопасности. После этого должен быть разработан и проанализирован

перечень дополнительных мероприятий. На основе принципа ALARA должен быть выбран оптимальный перечень таких мероприятий, в том числе дополнительные средства индивидуальной защиты (СИЗ), способ проведения дезактивации, частота пылеподавления, оптимальные составы для дезактивации и пылеподавления с учетом сезонности и пр.

На следующем этапе необходимо провести комплексный ALARA анализ всего проекта и оценить достаточность имеющихся данных. Далее, при необходимости, следует разработать программу дополнительных исследований.

После проведения дополнительных исследований может быть проведена, при необходимости, корректировка начального варианта проекта.

Применение принципа ALARA при реализации проекта

На рис. 2 показана общая схема применения принципа ALARA на этапе реализации проекта.



Рис. 2. Применение принципа ALARA при реализации проекта.

Для текущего ALARA анализа в процессе производства работ, оперативного планирования вопросов радиационной безопасности и внесения, при необходимости, корректив следует создать специальную группу специалистов в области радиационной безопасности.

После разработки детальных процедур (определение способов получения данных, распределение ответственности и пр.) группа будет постоянно заниматься текущим ALARA анализом, который будет завершаться еженедельным отчетом. Процедуры текущего анализа показаны на рис. 3.

Группа будет проводить постоянный мониторинг процесса реализации проекта, ход выполнения графика производства работ, численности персонала, привлекаемого к работам в радиационно-опасных условиях и т.д. Эти данные необходимы для более качественного проведения ALARA анализа, нахождения соответствия между планируемыми и фактически выполняемыми работами, как можно более раннего обнаружения несоответствия.

Одной из важных задач группы управления ALARA является систематический сбор и анализ данных о радиационной обстановке в районе ЗПР.

В случае изменения радиационной обстановки должны быть идентифицированы виды работ и, по возможности, рабочие места, деятельность на которых привела к изменению радиационной обстановки.

В случае превышения проектных уровней должны выработываться предложения о корректирующих действиях (применение дополнительного экранирования, увеличение интенсивности пылеподавления и пр.).

Группа ALARA будет осуществлять мониторинг доз внешнего облучения. В настоящее время нет методов оперативного контроля дозы внутреннего облучения. СИЧ дает

только оценку накопления гамма-излучающих радионуклидов, а доза внутреннего облучения определяется, главным образом, альфа-излучающими трансурановыми элементами и бета-излучателями (прежде всего, ^{90}Sr). Поэтому проводить мониторинг доз внутреннего облучения по данным СИЧ невозможно и в процессе выполнения проекта будет производиться контроль только доз внешнего облучения. Кроме того, внешнее облучение дает подавляющий вклад в общую дозу.

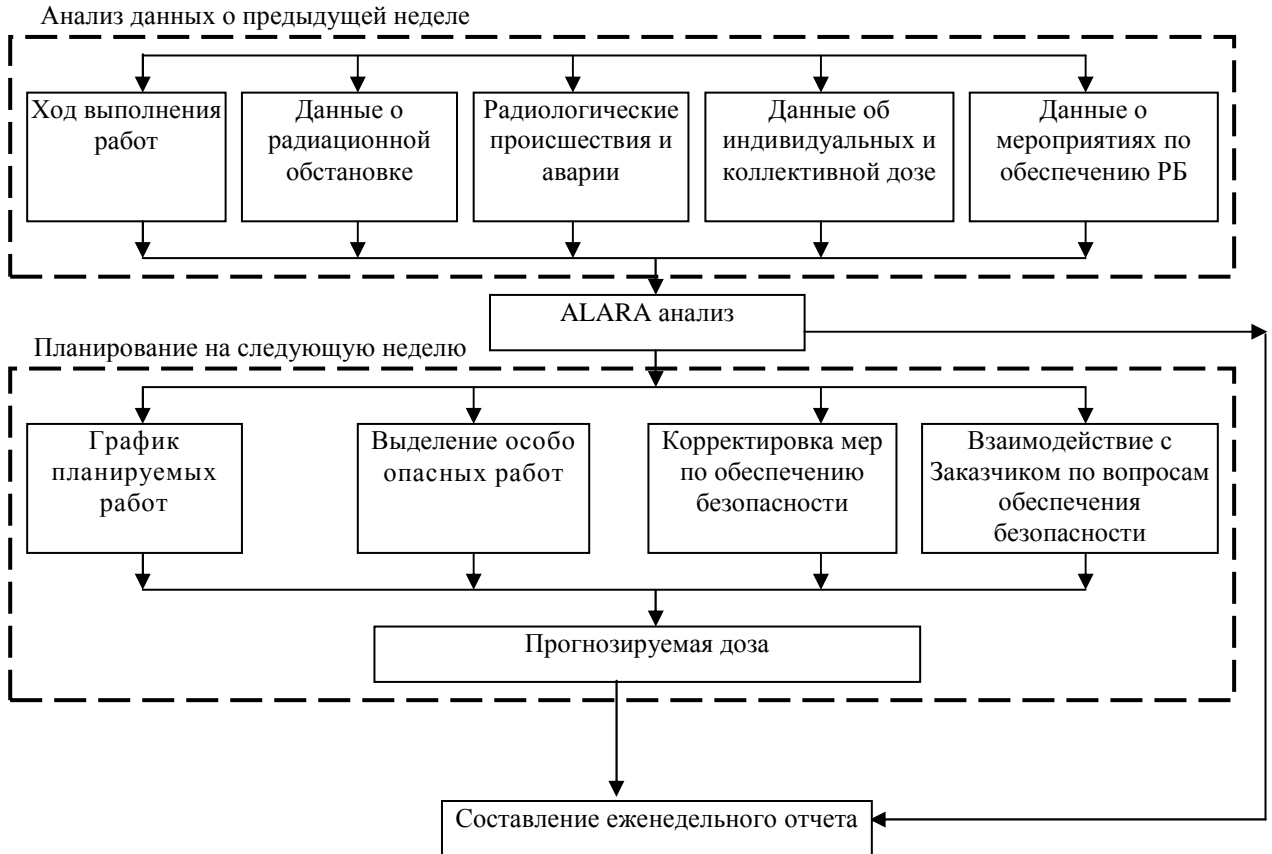


Рис. 3. Процедуры текущего ALARA анализа при производстве работ.

Учет коллективной и индивидуальной доз внешнего облучения позволит на раннем этапе реализации проекта выявить превышение фактических доз проектных значений и принять мероприятия по снижению дозовых нагрузок.

Данные должны быть использованы для расчета текущего значения ИЭД и недопущения превышения контрольных уровней за год и 100 мЗв за последние 5 лет. Вырабатываются рекомендации о привлечении персонала, ИЭД которого близок к этим величинам, к работам в более благоприятных радиационных условиях, т.е. по оптимизации использования рабочей силы.

При заметном отклонении проектных и фактических КЭД проводится анализ причин различия:

- измерение радиационной обстановки;
- изменение трудозатрат (и по каким причинам);
- отклонение от проектных решений по радиационной безопасности;
- неточность проектных расчетов;
- неточность измерений радиационной обстановки и/или ИДК;
- неточная идентификация проектных и фактических видов работ.

В случае, если произошло ухудшение радиационной обстановки по сравнению с проектными параметрами или превышение фактических КЭД соответствующих проектных

решений, а проведенный анализ не выявил причин превышения, будет проведен анализ эффективности решений по радиационной безопасности и выработаны предложения по их корректировке или по разработке новых мероприятий для уменьшения КЭД при производстве работ.

К таким мероприятиям могут относиться:

повышение эффективности пылеподавления;

применение более эффективных СИЗ;

усиление экранирования защитных сооружений и пр.

Должны быть выработаны конкретные предложения для дальнейшей деятельности.

В случае, если произошло радиологическое происшествие (значительное превышение дозы за смену, резкое повышение показаний СИЧ или наличие значимых активностей в биофизических пробах) или радиационная авария, должен быть проведен анализ с целью выявления: исходного события; сценария развития; последствий; эффективности предотвращающих мероприятий (если авария является проектной); достаточности выполненных смягчающих мероприятий.

На основе проведенного анализа должны быть выработаны предложения по применению дополнительных смягчающих мероприятий (при необходимости), а также по корректировке планирования аналогичной деятельности по дальнейшей реализации проекта с целью уменьшения вероятности таких событий и/или смягчению их последствий.

На следующем этапе будет проведен комплексный ALARA анализ процесса реализации проекта. При этом должны быть рассмотрены ход выполнения проекта, изменение радиационной обстановки, процессы увеличения ИЭД и КЭД, а также радиологические происшествия и аварии за предыдущую неделю и на протяжении всего периода проведения работ и построены соответствующие корреляционные зависимости, которые позволят увязать процессы выполнения определенных видов работ и их последствия.

Будет проведен анализ динамики изменения ИЭД персонала за прошедшую неделю, в течение проекта и на протяжении последних 5 лет, построены и проанализированы распределения ИЭД, а также средние значения ИДК для персонала, задействованного на отдельных видах работ, на различных рабочих местах и всего по проекту.

На основе проведенного анализа должны быть определены: работы с особо опасными условиями; перечень работников с наибольшими ИЭД.

На основе проведенного анализа должны быть откорректированы, при необходимости, проектные решения и график движения рабочей силы так, чтобы минимизировать значения ИЭД отдельных работников. В частности, должны быть выработаны предложения по привлечению работников с наибольшими ИЭД к работам с наиболее благоприятными радиационными условиями.

Будет проведено сравнение фактических и проектных значений КЭД и анализ фактических КЭД за предыдущую неделю и на протяжении всего периода реализации проекта и сравнение с проектными значениями.

В случае превышения фактических КЭД проектных значений должны быть выработаны предложения по усовершенствованию технологии и/или мероприятий по радиационной безопасности.

При пониженных значениях фактических КЭД должны быть проанализированы причины и сделаны выводы о целесообразности/нецелесообразности использования опыта проведения соответствующих работ в дальнейшей деятельности по реализации проекта.

Должен быть проведен анализ радиологических происшествий и аварий в процессе выполнения проекта и предложены, при необходимости, дополнительные мероприятия по предотвращению таких событий и аварий и/или смягчению их последствий.

Будет проводиться анализ ИЭД и КЭД персонала, находящегося на межвахтовом отдыхе, радиационной обстановки в ЗПР, а также оптимизация распределения персонала по рабочим местам для минимизации индивидуальных доз.

На основании результатов ALARA анализа предыдущей деятельности будут выделяться особо опасные работы.

Для выделения особо опасных работ применяются следующие критерии: радиационная обстановка в процессе производства работ; КЭД; ИЭД; радиологические происшествия на различных рабочих местах и для различных видов работ; радиационные аварии.

Для особо опасных работ должны быть, при необходимости, разрабатываться дополнительные превентивные мероприятия по радиационной защите персонала и уменьшению воздействий на окружающую среду.

На основании результатов ALARA анализа предыдущей деятельности (радиационной обстановки, КЭД, ИЭД) должны быть спрогнозированы индивидуальные и коллективные эффективные дозы персонала.

Заключение

Предложен системный подход к применению принципа оптимизации (принципа ALARA) в процессе преобразования объекта "Укрытие" Чернобыльской АЭС. Принцип оптимизации необходимо применять на всех фазах проектирования и реализации проектов. Его необходимо применять при разработке конструктивных и технологических решений, а также мероприятий по повышению уровня радиационной безопасности.

Вследствие недостаточности исходных данных, что характерно для специфических условий объекта "Укрытие", необходимо обеспечить текущий ALARA анализ в процессе реализации проектов и возможность оперативно вносить корректировки, в первую очередь в части мероприятий по радиационной безопасности.

Применение предложенного подхода позволит уменьшить дозы текущего облучения персонала, а также радиационные риски, связанные с возможными авариями в процессе производства работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батий В.Г., Деренговский В.В., Михайлюк В.П. Использование метода многокритериального анализа при выборе оптимальных проектных решений при проведении деятельности по преобразованию объекта "Укрытие" // Тез. докл. VI конф. Междунар. Чернобыльского центра "2003: Международное сотрудничество - Чернобылю", 9 - 12 сент. 2003 г., Славутич, Украина, с. 120.
2. Батий В.Г., Деренговский В.В., Михайлюк В.П. и др. Проведение анализа доз/затрат/выгод по стабилизационным мероприятиям 14, 14а, 4 и б/н. // Проблемы Чернобиля. - 2003. - Вип. 13. - С. 108 - 115.

Поступила в редакцию 15.12.05

**16 МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПУ ОПТИМІЗАЦІЇ В ПРОЦЕСІ ПЕРЕТВОРЕННЯ
ОБ'ЄКТА "УКРИТТЯ"**

В. Г. Батій, Л.І.Павловський, В.М.Рудько

Запропоновано системний підхід до застосування принципу оптимізації (принципу ALARA) у процесі перетворення об'єкта "Укриття" Чорнобильської АЕС. Описано особливості його застосування для вибору оптимальних конструктивних і технологічних рішень, а також заходів щодо підвищення рівня радіаційної безпеки на всіх фазах проектування й реалізації проектів.

**16 METHOD OF APPLICATION OF OPTIMIZATION PRINCIPLE IN THE PROCESS OF "SHELTER"
OBJECT TRANSFORMATION**

**V.Batiy, L.Pavlovskiy, V.Rud'ko
V. G. Batiy, L. I. Pavlovskiy, V. M. Rud'ko**

System approach to application of optimization principle (ALARA principle) in the process of transformation of object "Shelter" of Chernobyl NPP is offered. The particulars of its application for the choice of optimum construction and technological decisions and measures on the increase of radiation safety at all the phases of planning and realization of projects are described.