РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ
при использовании атомной энергии



РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВЕРОЯТНОСТНОГО
АНАЛИЗА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ
НАРУШЕНИЙ В РАБОТЕ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

РБ-104-16

gost.e-ecolog.ru

ФБУ «НТЦ ЯРБ»

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому
и атомному надзору
от 1 июля 2016 г. № 281

РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

«РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВЕРОЯТНОСТНОГО АНАЛИЗА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ НАРУШЕНИЙ В РАБОТЕ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ» (РБ-104-16)

Введено в действие
с 01 июля 2016 г.

Москва 2016

Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «рекомендации по использованию вероятностного анализа безопасности при оценке нарушений в работе атомных станций» (РБ-104-16)

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, Москва, 2017

Руководство по безопасности при использовании атомной энергии "Рекомендации по использованию вероятностного анализа безопасности при оценке нарушений в работе атомных станций" (РБ-104-16) (далее - Руководство по безопасности) разработано в соответствии со статьей 6 Федерального закона от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ "Об использовании атомной энергии", пунктами 6, 7, 9 постановления Правительства Российской Федерации от 23 апреля 2012 г. № 373 "Об утверждении Положения о режиме постоянного государственного надзора на объектах использования атомной энергии", пунктом 4.1 приложения № 2 федеральных норм и правил в области использования атомной энергии "Положение о порядке расследования и учета нарушений в работе атомных станций" (НП-004-08), утвержденных постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14 мая 2008 г. № 3 (далее - НП-004-08).

Содержит рекомендации Ростехнадзора по применению вероятностного анализа безопасности для выполнения оценок значимости для безопасности (влияния на безопасность) атомных станций нарушений в работе атомных станций согласно классификации, установленной в НП-004-08, и эксплуатационных событий согласно классификации, принятой эксплуатирующей организацией. Выполнение данных рекомендаций содействует достижению приемлемого качества оценки нарушений.

Предназначено для применения: эксплуатирующими, проектными и конструкторскими организациями при расследовании нарушений в работе атомных станций с целью учета при разработке корректирующих мер для предотвращения повторения нарушений и повышения уровня безопасности; Ростехнадзором при принятии регулирующих решений с учетом результатов оценки нарушений в работе атомных станций.

Руководство по безопасности разработано с учетом рекомендаций МАГАТЭ и отечественного опыта регулирования и обеспечения безопасности в области использования атомной энергии.

Выпускается впервые

I. Общие положения

1. Настоящее руководство по безопасности при использовании атомной энергии "Рекомендации по использованию вероятностного анализа безопасности при оценке нарушений в работе атомных станций" (РБ-104-16) (далее - Руководство по безопасности) разработано в соответствии со статьей 6 Федерального закона от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ "Об использовании атомной энергии", пунктами 6, 7, 9 постановления Правительства Российской Федерации от 23 апреля 2012 г. № 373 "Об утверждении Положения о режиме постоянного государственного надзора на объектах использования атомной энергии", пунктом 4.1 приложения № 2 федеральных норм и правил в области использования атомной энергии "Положение о порядке расследования и учета нарушений в работе атомных станций" (НП-004-08), утвержденных постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14 мая 2008 г. № 3 (далее - НП-004-08).

2. Настоящее Руководство по безопасности содержит рекомендации Ростехнадзора по применению вероятностного анализа безопасности (далее - ВАБ) для выполнения оценок значимости для безопасности (влияния на безопасность) атомных станций нарушений в работе атомных станций (далее - АС) согласно классификации, установленной в НП-004-08, и эксплуатационных событий согласно классификации, принятой эксплуатирующей организацией (далее - нарушения).

Выполнение данных рекомендаций содействует достижению приемлемого качества оценки нарушений.

3. Настоящее Руководство по безопасности предназначено для применения:

эксплуатирующими, проектными и конструкторскими организациями при расследовании нарушений в работе атомных станций с целью учета при разработке корректирующих мер для предотвращения повторения нарушений и повышения уровня безопасности;

Ростехнадзором при принятии регулирующих решений с учетом результатов оценки нарушений в работе атомных станций.

4. Требования пункта 4.1 приложения № 2 НП-004-08 могут быть выполнены с использованием иных способов (методов), отличных от указанных в настоящем Руководстве по безопасности. При использовании иных способов (методов), отличных от указанных в настоящем Руководстве по безопасности, рекомендуется приводить обоснование применимости этих способов (методов) для анализа безопасности.

5. Рекомендации к выполнению расчета вероятностных показателей безопасности при оценке нарушений в работе атомных станций приведены в приложении № 1 к настоящему Руководству по безопасности, схема анализа значимости нарушений в работе атомных стан-

ций с использованием ВАБ - в приложении № 2 к настоящему Руководству по безопасности.

II. Общие рекомендации

6. Оценку значимости для безопасности нарушений (далее - оценка нарушений) рекомендуется выполнять с использованием вероятностных показателей безопасности, указанных в разделе III настоящего Руководства по безопасности. Для расчета вероятностных показателей безопасности рекомендуется использовать логико-вероятностные модели, разработанные при выполнении ВАБ блока АС (далее - модели ВАБ блока АС), объем моделирования и качество которых соответствуют современным требованиям к ВАБ и подтверждены экспертизой Ростехнадзора.

7. Рекомендуется проводить предварительный анализ нарушений на предмет возможности их оценки с использованием ВАБ. Невозможность оценки нарушения с использованием ВАБ рекомендуется обосновывать.

8. В отчете о расследовании нарушения рекомендуется приводить обоснование применимости модели ВАБ блока АС, используемой для оценки нарушения.

9. Для оценки нарушений рекомендуется использовать модель ВАБ блока АС, учитывающую актуальное состояние систем (элементов) блока АС, действующие процедуры эксплуатации, технического обслуживания, испытаний и ремонта, а также опыт эксплуатации блока АС, на котором произошло нарушение, и опыт эксплуатации блоков-прототипов.

10. Модель ВАБ блока АС, не позволяющую произвести оценку нарушений из-за реализации допущений, упрощающих моделирование, отсутствия необходимых систем (элементов) и/или исходных событий или по какой-либо другой причине, рекомендуется дорабатывать.

Дополнение и доработка модели ВАБ блока АС может включать:

уточнение уровня детализации модели ВАБ блока АС (например, детальное моделирование элементов схем управления электроприводного оборудования, ранее не включенных в состав модели ВАБ, учет отказов кабелей электроснабжения, ранее не учитывавшихся в модели ВАБ);

дополнение списка исходных событий событиями, обуславливаемыми оцениваемым нарушением, и формирование новых групп исходных событий в случае необходимости;

уточнение моделей надежности систем (элементов), на надежность которых влияет оцениваемое нарушение;

включение в модель ВАБ блока АС новых действий персонала, на

порядок и надежность выполнения которых влияет оцениваемое нарушение.

III. Вероятностные показатели безопасности

11. Для оценки нарушений используются следующие вероятностные показатели безопасности:

$ВТА_{баз}$ - базовая суммарная вероятность тяжелых запроектных аварий для референтного состояния блока АС за один год;

ВТА - суммарная вероятность тяжелых запроектных аварий для одного блока АС за один год с учетом нарушения;

$\Delta ВТА$ - увеличение суммарной вероятности тяжелых запроектных аварий для одного блока АС за один год, обусловленное оцениваемым нарушением;

УВТА - условная вероятность тяжелых запроектных аварий для одного блока АС при реализации оцениваемого нарушения.

Для нарушений, не приведших к реализации исходного события аварии, УВТА рассчитывается как ВТА для блока АС за один год при реализации условий оцениваемого нарушения в течение года.

Для нарушений, приведших к реализации исходного события аварии, УВТА рассчитывается как ВТА для блока АС при реализации исходного события и условий оцениваемого нарушения.

При наличии для блока АС ВАБ уровня 2 для оценки нарушений дополнительно рекомендуется использовать следующие вероятностные показатели безопасности:

$ВПАВ_{баз}$ - базовая суммарная вероятность предельного аварийного выброса для референтного состояния блока АС за один год;

ВПАВ - суммарная вероятность предельного аварийного выброса для одного блока АС за один год с учетом нарушения;

$\Delta ВПАВ$ - увеличение суммарной вероятности предельного аварийного выброса для одного блока АС за один год, обусловленное оцениваемым нарушением.

12. Величины $\Delta ВТА$ и $\Delta ВПАВ$, обусловленные оцениваемым нарушением, рекомендуется рассчитывать с использованием модели ВАБ блока АС относительно базовых величин $ВТА_{баз}$ и $ВПАВ_{баз}$.

IV. Вероятностные критерии и классификация нарушений

13. Нарушения, оцененные с использованием вероятностных пока-

зателей безопасности, рекомендуется классифицировать по их значимости для безопасности и соотносить с одной из следующих категорий: малозначимые, среднезначимые, высокозначимые.

14. Нарушение является малозначимым, если одновременно выполняются следующие условия:

$\Delta ВТА < 0,01 \cdot ВТА_{баз}$;

$\Delta ВПАВ < 0,01 \cdot ВПАВ_{баз}$;

УВТА < 1,0E - 4.

15. Нарушение является среднезначимым, если выполняется хотя бы одно из следующих условий и значения рассчитанных вероятностных показателей безопасности не превышают значений, соответствующих верхним границам указанных условий:

$0,01 \cdot ВТА_{баз} \le \Delta ВТА < 0,1 \cdot ВТА_{баз}$;

$0,01 \cdot ВПАВ_{баз} \le \Delta ВПАВ < 0,1 \cdot ВПАВ_{баз}$;

1,0E - 4 <= УВТА < 1,0E - 3.

16. Нарушение является высокозначимым (предвестником аварии), если выполняется любое из следующих условий:

$\Delta ВТА \ge 0,01 \cdot ВТА_{баз}$;

$\Delta ВПАВ \ge 0,01 \cdot ВПАВ_{баз}$;

УВТА >= 1,0E - 3.

V. Использование результатов вероятностной оценки нарушения

17. Если по результатам расследования нарушение классифицировано как малозначимое:

эксплуатирующей организации рекомендуется разработать и реализовать корректирующие меры для предотвращения повторения аналогичного нарушения;

межрегиональным территориальным управлениям по надзору за ядерной и радиационной безопасностью Ростехнадзора рекомендуется осуществлять контроль за разработкой и реализацией корректирующих мер, разработки и принятия регулирующих решений не требуется.

18. Если по результатам расследования нарушение классифицировано как среднезначимое:

эксплуатирующей организации рекомендуется расследовать нарушение, выяснить непосредственные и коренные причины, разработать и реализовать корректирующие меры для предотвращения повторения аналогичного нарушения;

межрегиональным территориальным управлениям по надзору за ядерной и радиационной безопасностью Ростехнадзора рекомендуется рассмотреть вопрос о необходимости разработки и реализации регулирующих решений и осуществлять контроль за разработкой и реализацией корректирующих мер.

19. Если по результатам расследования нарушение классифицировано как высокозначимое (что свидетельствует о значительном снижении уровня безопасности блока АС):

эксплуатирующей организации рекомендуется принять срочные меры к расследованию, определению и устранению непосредственных и коренных причин нарушения, а также к принятию необходимых корректирующих мер, проанализировать и принять решение о возможности дальнейшей эксплуатации блока АС на мощности;

межрегиональным территориальным управлениям по надзору за ядерной и радиационной безопасностью Ростехнадзора и центральному аппарату Ростехнадзора рекомендуется использовать результаты вероятностной оценки нарушения при разработке регулирующих решений и осуществлять контроль за разработкой и реализацией корректирующих мер.

VI. Документирование результатов оценки нарушений

20. Результаты оценки нарушений рекомендуется документировать в объеме, достаточном для формирования выводов о влиянии на безопасность блока АС произошедшего нарушения, и приводить согласно приложению № 2 НП-004-08 в составе раздела 4 отчета о расследовании нарушения и приложений к отчету.

21. В составе отчетной документации в части оценки нарушения с использованием ВАБ рекомендуется приводить следующую информацию:

краткую характеристику модели ВАБ блока АС, применяемой для оценки нарушения;

обоснование применимости модели ВАБ блока АС и описание способов учета рассматриваемого нарушения в применяемой модели ВАБ блока АС, включая описание допущений и ограничений, принятых при проведении ВАБ;

результаты оценок значимости доминантных вкладчиков в оцененные значения вероятностных показателей безопасности (для исходных событий, аварийных последовательностей, отказов оборудования, ошибок персонала);

результаты оценок нарушения с использованием вероятностных показателей безопасности;

результаты классификации нарушения и формулировку выводов;

оценку влияния выполнения корректирующих мер на вероятностные показатели безопасности.

Приложение № 1
к руководству по безопасности
при использовании атомной энергии
"Рекомендации по использованию
вероятностного анализа безопасности
при оценке нарушений в работе

атомных станций", утвержденному
приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому
и атомному надзору
от 1 июля 2016 г. № 281

РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ НАРУШЕНИЙ В РАБОТЕ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

1. В качестве исходной информации при оценке нарушений рекомендуется использовать:

информацию о расследовании нарушений (например, отчеты о расследовании нарушений, цеховые журналы заявок и ремонтов);

сведения об опыте эксплуатации блока АС;

сведения об опыте эксплуатации блоков-прототипов АС;

проектную и эксплуатационную документацию блока АС;

ВАБ блока АС.

2. Расчет вероятностных показателей безопасности при оценке нарушений в работе АС рекомендуется выполнять в два этапа:

1-й этап (предварительный анализ) включает:

выполнение качественного экспертного анализа информации о рассматриваемом нарушении с целью предварительного определения степени его влияния на безопасность блока АС;

оценку нарушения по международной шкале INES (International Nuclear Event Scale (Международная шкала ядерных и радиологических событий)) на основании качественного анализа информации;

предварительную экспертную оценку влияния нарушения на вероятностные показатели безопасности.

2-й этап (детальный анализ) включает:

определение возможности моделирования оцениваемого нарушения в модели ВАБ блока АС; в случае необходимости - доработка модели ВАБ блока АС;

выполнение расчетов по модели ВАБ блока АС для определения вероятностных показателей безопасности с учетом оцениваемого нарушения;

выполнение анализа результатов расчетов по модели ВАБ блока АС, проведение классификации значимости нарушений в соответствии с вероятностными критериями.

3. При выполнении оценки значимости нарушений рекомендуется разделение нарушений на следующие категории:

1-я категория - нарушения, приводящие к отказам или снижению готовности элементов оборудования и/или систем, участвующих в выполнении функций безопасности, в случае возникновения исходных событий, но не приводящие к возникновению исходного события;

2-я категория - нарушения, приводящие к росту частоты исходных событий, но не приводящие к возникновению исходного события;

3-я категория - нарушения, приводящие к возникновению исходного события.

4. Увеличение суммарной вероятности тяжелых запроектных аварий для одного блока АС за один год (ΔВТА), обусловленное оцениваемым нарушением, для 1-й и 2-й категорий нарушений рассчитывается по соотношению (1), для 3-й категории нарушений рассчитывается по соотношению (2).

Увеличение суммарной вероятности предельного аварийного выброса для одного блока АС за один год (ΔВПАВ), обусловленное оцениваемым нарушением, для 1-й и 2-й категорий нарушений рассчитывается по соотношению (3), для 3-й категории нарушений рассчитывается по соотношению (4).

$$\Delta ВТА = ВТА - ВТА_{баз} = ВТА_{баз} \cdot (t_{год} - t_{нар})/t_{год} + УВТА \cdot t_{нар}/t_{год}, (1)$$

$$\Delta ВТА = УВТА, (2)$$

$$\Delta ВПАВ = ВПАВ - ВПАВ_{баз} = ВПАВ_{баз} \cdot (t_{год} - t_{нар})/t_{год} + УВПАВ \cdot t_{нар}/t_{год}, (3)$$

$$\Delta ВПАВ = УВПАВ, (4)$$

В данных формулах:

ВТА - суммарная вероятность тяжелых запроектных аварий для одного блока АС за один год, рассчитанная с использованием модели ВАБ блока АС с учетом вклада оцениваемого нарушения;

$ВТА_{баз}$ - суммарная вероятность тяжелых запроектных аварий для одного блока АС за один год, рассчитанная с использованием модели ВАБ блока АС для базового состояния блока АС без учета оцениваемого нарушения;

УВТА - условная вероятность тяжелой запроектной аварии для одного блока АС при реализации оцениваемого нарушения; для нарушений 1-й и 2-й категорий рассчитывается как суммарная вероятность тяжелых запроектных аварий для блока АС за один год в предположении реализации условий оцениваемого нарушения в течение года; для нарушений 3-й категории рассчитывается как вероятность тяжелой запроектной аварии блока АС при реализации исходного события и условий оцениваемого нарушения;

ВПАВ - суммарная вероятность предельного аварийного выброса для одного блока АС за один год, рассчитанная с использованием модели ВАБ блока АС с учетом вклада оцениваемого нарушения;

$ВПАВ_{баз}$ - суммарная вероятность предельного аварийного выброса для одного блока АС за один год, рассчитанная с использованием модели ВАБ блока АС для базового состояния блока АС без учета оцениваемого нарушения;

УВПАВ - условная вероятность предельного аварийного выброса для одного блока АС при реализации оцениваемого нарушения; для нарушений 1-й и 2-й категорий рассчитывается как вероятность предельного аварийного выброса для блока АС за один год в предположении реализации условий оцениваемого нарушения в течение года; для нарушений 3-й категории рассчитывается как вероятность предельного аварийного выброса блока АС при реализации исходного события и условий оцениваемого нарушения;

$t_{год}$ - промежуток времени, равный одному году;

$t_{нар}$ - время, в течение которого блок АС эксплуатировался с условиями оцениваемого нарушения.

5. При оценке нарушений рекомендуется учитывать все возможные исходные события и аварийные последовательности, на которые может оказывать влияние оцениваемое нарушение.

6. Рекомендуется анализировать хронологию промежуточных событий во время рассматриваемого нарушения и разрабатывать диаграмму, отражающую последовательность промежуточных событий на уровне отказов элементов. Диаграмма включает в себя:

информацию о начальных условиях рассматриваемого нарушения, включая информацию об отказавших системах (элементах), системах (элементах), частично утративших способность выполнять функции безопасности или находившихся на техническом обслуживании в момент наступления нарушения;

информацию об отказах систем (элементов) или ошибках персонала, которые произошли во время рассматриваемого нарушения;

информацию об отказавших системах (элементах), работоспособность которых была позднее восстановлена персоналом;

информацию о скрытых отказах систем (элементов), обнаруженных при расследовании рассматриваемого нарушения (отказы резервных систем (элементов), которые не были востребованы во время нарушения).

7. Продолжительность неготовности систем (элементов) во время рассматриваемого нарушения, отказы которых произошли в различные промежутки времени, рекомендуется определять с учетом наложившихся отказов и с допустимой степенью консерватизма установления продолжительности неготовности систем (элементов), не приводящей к качественному изменению перечня доминантных вкладчиков в оцененные значения вероятностных показателей безопасности.

8. Для систем (элементов), которые при нарушении частично утратили способность выполнять свои функции, рекомендуется переоценивать вероятность их отказа с помощью инженерного анализа или путем экспертной оценки.

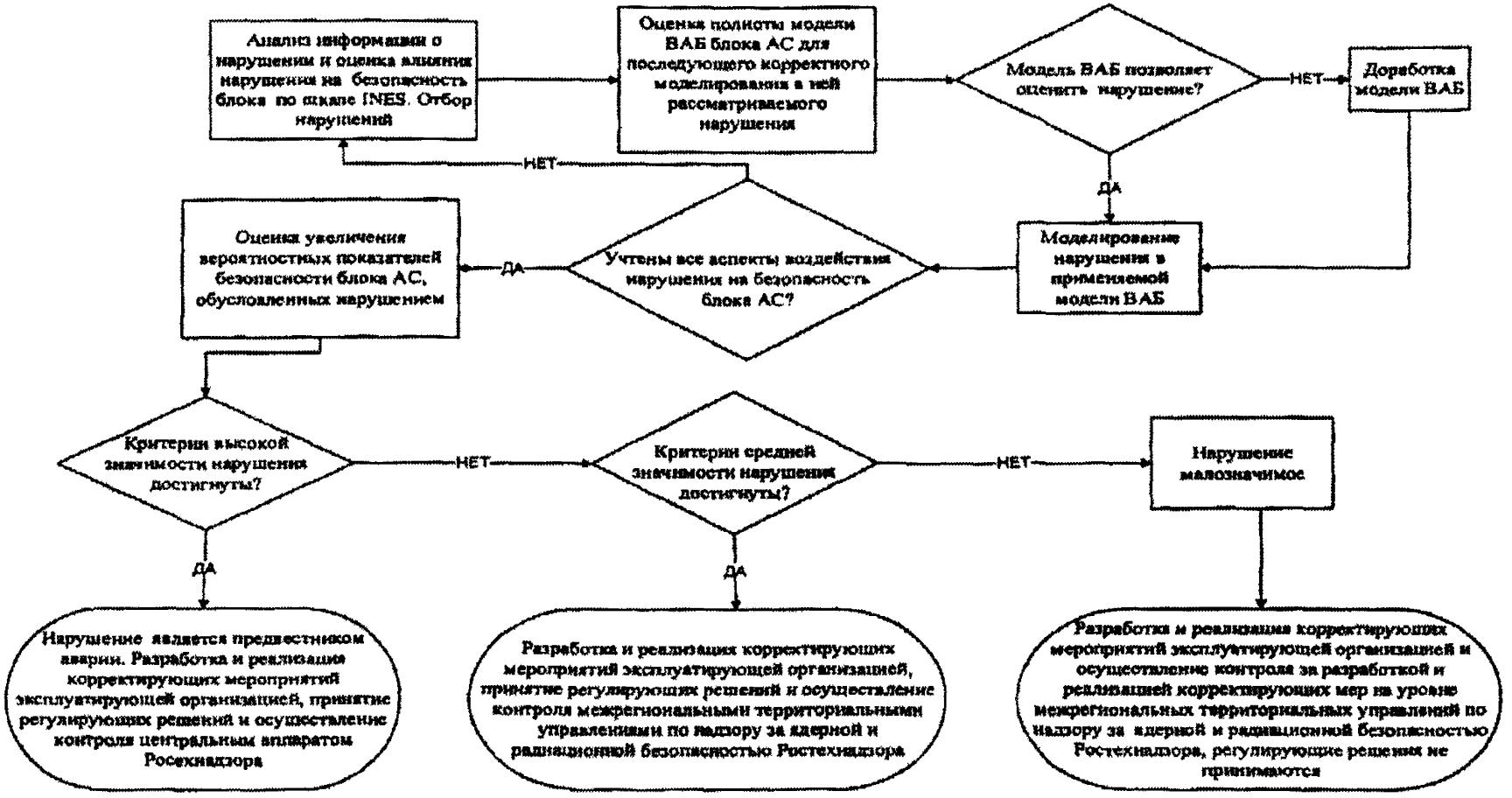
9. Рекомендуется переоценивать вероятности отказов по общей причине для систем (элементов), идентичных отказавшим системам (элементам), выполняющим функции резервирования.

10. Рекомендуется определять и учитывать особенности нарушений, которые приводят к изменению используемых в ВАБ значений вероятностей ошибок персонала. Необходимость переоценки надежности действий персонала может быть обусловлена неучтенными в ВАБ условиями, возникшими во время рассматриваемого нарушения.

11. Рекомендуется выполнять анализ чувствительности в отношении влияния допущений (упрощений) моделирования, принятых при оценке нарушений, на значения вероятностных показателей безопасности для выявления степени влияния изменений исходных данных вероятностной модели на эти значения вероятностных показателей безопасности.

Приложение № 2
к руководству по безопасности при использовании атомной энергии
"Рекомендации по использованию вероятностного
анализа безопасности при оценке нарушений в работе атомных станций",
утвержденному приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому и атомному надзору
от 1 июля 2016 г. № 281

СХЕМА АНАЛИЗА ЗНАЧИМОСТИ НАРУШЕНИЙ В РАБОТЕ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВАБ



Руководство по безопасности при использовании атомной энергии
«Рекомендации по использованию вероятностного анализа безопасности при оценке нарушений в работе атомных станций»
РБ-104-16

Официальное издание
Ответственный за выпуск Синицына Т.В.
Верстка выполнена в ФБУ «НТЦ ЯРБ» в полном соответствии с
приложением к приказу Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору от 1 июля 2016 г. № 281
Подписано в печать 20.07.2016

ФБУ «НТЦ ЯРБ»
является официальным издателем и распространителем нормативных актов
Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Приказ
Федеральной службы по экологическому, технологическому
и атомному надзору от 20.04.06 № 384),
а также официальным распространителем документов МАГАТЭ на территории России
Тираж 100 экз.
Отпечатано в ФБУ «НТЦ ЯРБ»
Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5

РЕГИСТР ИСО 9001	TÜVRheinland ISO 9001:2015	Система менеджмента качества ФБУ «НТЦ ЯРБ» сертифицирована на соответствие требованиям международного стандарта ISO 9001:2015 и национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 9001-2015

gost.e-ecolog.ru