

Информатика, вычислительная техника и управление

УДК: 621.039.58

DOI: 10.30987/1999-8775-2020-4-43-51

Андреев В.В., Берберова М.А., Золотарев О.В., Чуенко В.В.,
Карпушин Е.В., Дьячков Д.В., Суворов А.В.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ, АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОЦЕНКИ РИСКА НА АЭС ПРИ ЗАПРОЕКТНЫХ АВАРИЯХ

Проект направлен на разработку моделей, алгоритмов и программного комплекса для проведения мероприятий по повышению безопасности и снижению риска при проектировании новых и эксплуатации действующих атомных электростанций. Принципиальной новизной проекта является разработка методического аппарата для оценки радиационного риска на АЭС при наиболее опасных (запроектных) авариях с выбросом источников тепловых нейтронов с низкой плотностью потока. Ядерные реакторы, основанные на использовании энергии деления тяжелых ядер, являются мощными источниками гамма-излучения и нейтронов. Проект направлен на компьютерное моделирование и разработку новых методов, алгоритмов и программного комплекса для решения задач оценки безопасности и риска на АЭС при наиболее опасных

(запроектных) авариях с выбросом источников тепловых нейтронов с низкой плотностью потока. Необходимо разработать методический подход для решения задач оценки доз внешнего и внутреннего облучения и оценки ущерба населения, проживающего вокруг АЭС при наиболее опасных (запроектных) авариях с выбросом источников тепловых нейтронов с низкой плотностью потока; провести расчеты для населения, учитывая его возрастной состав. На основе этих решений будут предложены мероприятия по снижению риска и повышению безопасности АЭС.

Ключевые слова: вероятностный анализ безопасности, детерминистический анализ безопасности, оценка риска, АЭС, запроектные аварии, плотность потока нейтронов, выброс источников тепловых нейтронов.

V.V.Andreev, M.A.Berberova, O.V.Zolotaryov, V.V.Chuenko,
E.V. Karpushin, D.V.Diyachkov, A.V.Suvorov

DEVELOPMENT OF MODELS, ALGORITHMS AND PROGRAM COMPLEX FOR SOLUTION OF PROBLEMS IN RISK ESTIMATE AT NUCLEAR POWER PLANTS AT BEYOND-DESIGN PLANT FAILURES

A project is aimed at the development of models, algorithms and a program complex to carry out measures for safety increase and risk decrease during development of new nuclear power plants (NPP) and operation of working nuclear power ones. A basic novelty of the project is the development of a methodical apparatus for the estimate a radiation risk at NPP in case of the most dangerous (beyond-design) failures with the emission of origins of thermal neurons with the low density of a flow.

Atomic piles based on the use of fission energy of heavy nuclei fission are powerful sources of gamma and neuron radiation. The project is aimed at the computer modeling and development of new methods, algorithms and a program complex for the problem solution in the estimate of safety and risks at NPPs at the

most dangerous (beyond-design) failures with the emission of thermal neurons sources with the low density of a flow. To realize the project it is necessary to develop a methodical approach to the solution of problems in the estimate of doses of external and internal irradiation and the estimate of damage for the population living around NPPs at the most dangerous (beyond-design) failures with the emission of thermal neurons sources with the low density of a flow taking into account a population age structure. On the basis of these solutions there will be offered measures to decrease a risk and safety increase NPP safety.

Key words: probabilistic analysis of safety, deterministic analysis of safety, risk estimate, NPP, beyond-design failures, neuron flow density, emission of thermal neurons sources.

Введение

Начиная с 1997 года (с момента утверждения ОПБ88/97 (заменены на Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (НП-001-15) [1]), на всех российских АЭС стало обязательным выполнение вероятностного анализа безопасности (ВАБ). В ноябре 2004 года в МЧС России был подписан приказ № 506 [2], согласно которого в дальнейшем был разработан типовой паспорт безопасности опасного объекта. Для заполнения раздела II паспорта безопасности [3] необходимо выполнять оценку риска рассматриваемых объектов.

В 2015 году вышла работа «Оценка показателей риска для вторых очередей Смоленской и Курской АЭС» [4]. В [4] были предложены такие методические подходы, как методический подход для расчета доз внешнего и внутреннего облу-

чения населения в кольцевом сегменте румба и методический подход для оценки ущерба населению в кольцевом сегменте румба в результате воздействия радиоактивных веществ. Однако, задачи оценки доз внешнего и внутреннего облучения и ущерба населения (с учетом возрастного состава населения), проживающего вокруг АЭС, при наиболее опасных (запроектных) авариях с выбросом источников тепловых нейтронов с низкой плотностью потока, в этой работе не исследовались.

В середине 2017 года начались работы по исследованию зависимости результатов оценок радиационного риска АЭС от состава населения, проживающего вокруг АЭС [5, 6]. Но и в этих работах не рассматриваются наиболее опасные (запроектные) аварии с выбросом источников тепловых нейтронов с низкой плотностью потока.

Разработка структуры и формирование базы данных по отказам оборудования

Разработка структуры и формирование базы данных по отказам оборудования выполняется на основе материалов [7].

Данные по отказам оборудования необходимы при выполнении любых анализов безопасности. Очевидно, что все данные по отказам различного оборудования, используемые при выполнении ВАБ, не могут быть получены из опыта реальной эксплуатации конкретных реакторных установок, в том числе и с оценкой статистических параметров этих событий. Необходимо использование общих данных, полученных для однотипного оборудования на других станциях. При этом в различных анализах безопасности, выполненных для различных станций, используют различные подходы к выбору данных. В некоторых анализах используют исключительно общие данные, в некоторых рассматривают приоритетно данные полученные для конкретного оборудования на конкретной станции, а затем в случае отсутствия таких данных переходят к использованию общих данных.

Очевидно, также, что необходимо выполнять работы по сбору и системати-

зации данных по отказам оборудования, используемые при выполнении вероятностного анализа безопасности.

В настоящем исследовании рассматривается вариант выполнения базы данных по надежности оборудования, обычно рассматриваемого при выполнении вероятностного анализа безопасности различного уровня.

Представлена структура базы данных, а также рассмотрены источники данных, из которых были взяты соответствующие показатели надежности работы оборудования реакторных установок. Рассмотрены также проблемы, с которыми приходится сталкиваться при использовании в качестве информации по надежности оборудования.

Данные по надежности оборудования – важнейшая составная часть процесса выполнения вероятностного анализа безопасности. Качество используемых данных по надежности оборудования определяет качество выполненного анализа безопасности в целом. Конечно же наиболее предпочтительным является использование данных по вероятностям отказа элементов оборудования, которое используется на

конкретной исследуемой реакторной установке. Однако ориентация на опыт эксплуатации конкретной установки возможно в очень редких случаях. В основном, идет речь об использовании довольно ограниченной информации исходя из опыта эксплуатации и, как правило, небольшом количестве зафиксированных отказов. Использование общих данных становится, таким образом, неизбежно.

Сравнительно большое количество данных по надежности оборудования в настоящее время доступно в открытых источниках информации. Некоторые из этих данных используются при выполнении вероятностного анализа безопасности, другие данные собираются из источников информации, посвященных опыту эксплуатации близкого по характеристикам оборудования в промышленности. Некоторые данные из указанных выше достаточно

легко могут быть выявлены в этих источниках информации, выявление некоторых данных может представлять определенную проблему. Систематизация данных в составе базы данных позволяет повысить качество общих данных, облегчить использование их в случае создания автоматизированной базы данных по показателям надежности оборудования.

Структура базы данных по надежности оборудования содержит информацию о следующих моментах: шифр категории оборудования, тип компонента, способ функционирования, тип отказа, вероятность отказа, время восстановления, источник информации, комментарии.

Пример структуры базы данных по надежности оборудования (по [7]) представлен на рис. 1.

UNSK annunciator module solid state general
 Component boundary: detail n/a Operating mode: all Operating environment: normal
 Generic failure mode: spurious function Original failure mode: operates spurious or false response
 FAILURE RATE OR PROBABILITY rec : 1.7E-6/hr
 Source: IEEE 500 (1984) pg.40 Ultimate source: operating experience
 Comment: Reference : NUREG 2232 (1980)

BTABN battery
 Component boundary: battery,container,terminal connections incl.lst breaker connect. Operating mode: all Operating environment: normal
 Generic failure mode: degraded Original failure mode: inadequate output
 FAILURE RATE OR PROBABILITY rec : 3.2E-6/hr high: 7.5E-6/hr low: 4.9E-7/hr REPAIR TIME: 4-7 hours
 Source: NUREG 3831 (1985) (tbl.A6) Ultimate source: operating experience (plant records)
 Comment: Operating experience:total pop. 51.Operational time 1.564.315 hrs No.of failures 5.
 Repair time is range of medians.

BTAFN battery
 Component boundary: battery,container,terminal connections incl.lst breaker connect. Operating mode: all Operating environment: normal
 Generic failure mode: fail to function Original failure mode: no output
 FAILURE RATE OR PROBABILITY rec : 6.4E-7/hr high: 3.0E-6/hr low: 3.0E-8/hr REPAIR TIME: 4-7 hours
 Source: NUREG 3831 (1985) (tbl.A6) Ultimate source: operating experience (plant records)
 Comment: Operating experience: total pop. 51.Operational time 1.564.315hours No of failures 1. High and low chi-square estimates.
 Repair times range of median

BTAFO battery
 Component boundary: detail n/a Operating mode: all Operating environment: normal
 Generic failure mode: fail to function Original failure mode: operational failure
 FAILURE RATE OR PROBABILITY mean : 8.2E-8/hr 95%: 2.5E-7/hr 5%: 8.E-10/hr REPAIR TIME: 11.2 hours
 Source: Oconee NPP PRA (tbl.b-1.) Ultimate source: generic data updated with plant specific operating experience
 Comment: Prior:IEEE 500(1977)(pg104),rec=median; max=80% of distribution. Operating experience: 96.426 hours of operation, no failures.
 Repair time is mean of updated component maintenance duration.

BTAFT battery
 Component boundary: battery only Operating mode: standby Operating environment: normal
 Generic failure mode: fail to function Original failure mode: failed effective output
 FAILURE RATE OR PROBABILITY mean : 1.3E-2/d 95%: 6.8E-2/d REPAIR TIME: 2 hours
 Source: Swedish Rel.data book, tbl.41 Ultimate source: plant operating experience (7 BWR plants), ATV reports, LERs
 Comment: Demand failure rate is based on refueling outage testing interval Operating experience: Total pop.129.No of demands 531.Number of failures 7. a=0.0346; b=2.59

Рис. 1. Пример структуры базы данных по надежности оборудования

Разработка модели наиболее опасной (запроектной) аварии с выбросом источников тепловых нейтронов с низкой плотностью потока

В рамках разработки модели наиболее опасной (запроектной) аварии с выбросом источников тепловых нейтронов с низкой плотностью потока анализирова-

лись результаты выполнения ВАБ-2 для реакторных установок различного типа. В частности, рассмотрены результаты выполнения ВАБ-2 для установки AP-1000.

Общая информация о реакторной установке AP-1000

AP-1000 - двухконтурный реактор с водой под давлением (два вертикальных парогенератора), с общей электрической мощностью 1117 МВт. Представляет собой эволюционное развитие проекта реактора AP-600 (600 МВт). По сравнению с AP-600 тепловая мощность увеличилась с 1933

МВт до 3400 МВт, количество сборок топлива с 145 до 157, длина сборки - с 12 до 14 футов. Увеличены высота защитной оболочки, площадь теплообмена в парогенераторе и мощность ГЦН.

Общий вид АЭС с AP-1000 представлен на рис. 2.

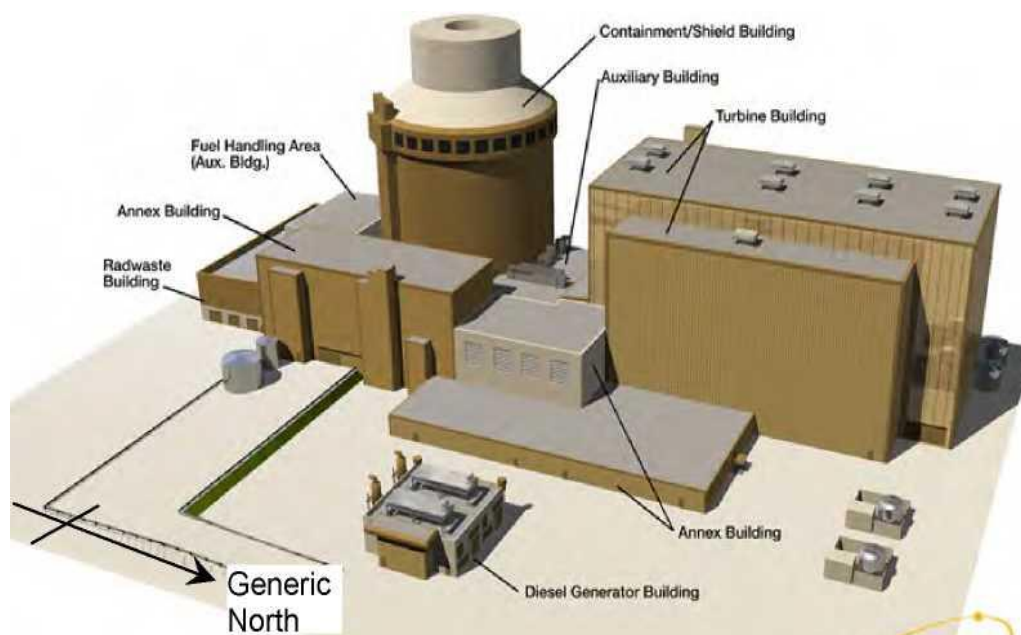


Рис. 2. Общий вид АЭС с AP-1000

1.1. Результаты ВАБ-2 для установки AP-1000

1.1.1. Объем анализа

В соответствии с необходимостью сертификации проекта станции AP-1000 требуется выполнение вероятностного анализа безопасности [8, 9]. В рамках ВАБ рассматривается анализ проекта, включая установку, защитную оболочку, местоположение АЭС при воздействии внешних и внутренних событий аварий. Процесс проектирования AP-1000 включал выполнение вероятностного анализа безопасности до завершения самого проекта, для оптимизации конструкции станции с точки зрения ее безопасности. Такое раннее применение методологии ВАБ было

направлено на выбор оптимальных конструкторских альтернатив, имея в виду цель, заключающуюся в том, что общий уровень безопасности выполненного проекта удовлетворяет целям проектирования.

ВАБ AP-1000 был выполнен для обеспечения процесса сертификации проекта станции. Проект AP-1000 в основном базируется на проектных решениях АС AP-600, проект которой был сертифицирован в 1999 году. Процедура ВАБ для АС AP-600 была проверена NRC в процессе выполнения семилетнего обзора. Этот ВАБ был использован как исходное исследова-

ние при выполнении ВАБ АР-1000. Целями выполненного анализа явилась необходимость получения данных для проведения оптимизации конструкции АС, а также подтверждение того, что целевые показатели безопасности удовлетворены. Ре-

зультаты ВАБ подтвердили также отсутствие преобладающих вкладчиков в величину риска по сравнению с проектом АР-600. Результаты ВАБ удовлетворяют количественным критериям безопасности с большим запасом.

1.1.2. Вероятность большого выброса для внутренних исходных событий при работе установки на мощности

Результаты ВАБ-2 (анализ поведения защитной оболочки) и ВАБ-3 (оценка риска) выполненных для внутренних исходных событий аварий при работе на мощности продемонстрировали, что конструкция защитной оболочки надежна с точки зрения ее способности предотвращать выбросы, являющиеся следствием тяжелой аварии и что риск для населения вследствие тяжелых аварий для АР1000 очень мал. Полная вероятность большого выброса для АЭС АР1000 составляет $1,95 \cdot 10^{-8}$ событий в

год. Это приблизительно 8% от вероятности тяжелого повреждения активной зоны для внутренних исходных событий при работе станции на мощности. Способность защитной оболочки предотвращать выбросы (то есть эффективность защитной оболочки) составляет 92%. Результаты ВАБ-3 показывают, что результирующий риск для населения мал и надежно попадает в диапазон, установленный требованиями обеспечения безопасности.

2. Разработка программы мониторинга (контроля) обеспечения безопасности атомных электростанций

Авторами была начата работа по созданию программы мониторинга (контроля) обеспечения безопасности атомных электростанций. Ниже дано краткое описание сегодняшнего состояния программы. Для ее разработки была настроена инфраструктура. Использовано средство изоляции Docker и система контроля версий git [10]. Создан один изолированный контейнер и установлены все необходимые инструменты: Python3.7 [11], Django [12], Sqlite3 [13]. С помощью стандартных средств Django [12] создана основа веб-приложения и начато его изменение и дополнение.

Логика приложения работает на Python3.7 [11], данные хранятся в базе Sqlite3 [13]. Для отрисовки страниц был использован шаблонизатор. Страницы отрисовывались с помощью автоматической генерации html страниц. Используются языки html, CSS, JavaScript.

После настройки инфраструктуры началась работа над приложением программы. Работа начата с вывода на экран списка всех АЭС и добавления кнопок управления. После этого началось заполнение страниц каждой АЭС.

Приложение состоит из:

1. верхней «шапки» с кнопками поиска, главной страницы и контактами (рис. 3);

2. под «шапкой» можно увидеть 2 столбика, в которых отделены блоки под каждую из АЭС (рис. 3);

3. в блоке содержится: название АЭС, ее изображение, описание и кнопка перехода на страницу АЭС (рис. 3);

4. на странице АЭС также присутствует верхняя «шапка», название АЭС, ее изображение и полное описание (рис. 4);

5. под названием, изображением и полным описанием АЭС представлены данные паспорта безопасности (рис. 4).

Станции:





<p>Балаковская АЭС</p> <p>Мощность: 4000 МВт</p> <p>Атомная электростанция, расположенная в 12,5 км от города Балаково Саратовской области, на левом берегу Саратовского водохранилища.</p>  <p>Смотреть</p>	<p>Белоярская АЭС</p> <p>Мощность: 1 485 МВт</p> <p>Российская атомная электростанция. Расположена в Свердловской области в 3,5 км от города Заречный и 45 км от Екатеринбурга</p>  <p>Смотреть</p>
<p>Билибинская АЭС</p> <p>Мощность: 48 МВт</p> <p>Расположена рядом с городом Билибино Чукотского автономного округа (4,5 км). От Анадыря, административного центра региона, до АЭС 610 км</p> 	<p>Калининская - 1 АЭС</p> <p>Мощность: 4000 МВт</p> <p>Атомная электростанция, расположена на севере Тверской области в 120 км (по прямой) от города Тверь, реальное расстояние по трассе 182 км.</p> 

Рис. 3. Общий вид программы мониторинга (контроля) обеспечения безопасности АЭС Балаковская АЭС



Индивидуальный риск смерти, Чел./1 аварию	Индивидуальный риск смерти, Чел./год	Численность, Чел.	Коллективная доза, Чел./Зв	Ущерб, Руб.	Величина возможного ущерба, Руб.
$2.6 \cdot 10^{-4}$	$3.9 \cdot 10^{-13}$	963 579	$5.11 \cdot 10^3$	1500	11554000000

Балаковская АЭС — сложный и масштабный комплекс различных технологических систем, оборудования, устройств, сооружений, предназначенный для выработки электроэнергии. Условно его основное оборудование можно разделить на реакторную и турбогенераторную части, расположенные соответственно в реакторном и машинном отделениях; во всех технологических системах используется электрооборудование и оборудование тепловой автоматики и измерений. Также важную роль играет химическая часть, системы технического водоснабжения, газового воздуха и пылегаза. На всех

Рис. 4. Программа мониторинга (контроля) обеспечения безопасности АЭС. Страница АЭС

Результаты

1. Начата разработка структуры и формирование базы данных по отказам оборудования.

2. Начата разработка модели наиболее опасной (запроектной) аварии с вы-

бросом источников тепловых нейтронов с низкой плотностью потока.

3. Начата разработка программы мониторинга (контроля) обеспечения безопасности атомных электростанций.

Выводы

В дальнейшем необходимо:

1. Продолжить работу с базой данных по отказам оборудования.

2. Продолжить работу по выполнению оценки действий персонала при наиболее опасных (запроектных) авариях с выбросом источников тепловых нейтронов с низкой плотностью потока.

3. Продолжить разработку методического подхода для решения задач оценки доз внешнего и внутреннего облучения и оценки ущерба населению (с учетом возрастного состава населения), проживающему вокруг АЭС, при наиболее опасных (запроектных) авариях с выбросом источников тепловых нейтронов с низкой плот-

ностью потока.

4. Разработать расчетно-теоретическое обоснование конструкции нейтронного конвертера.

5. Разработать методику экспериментального исследования взаимодействия различных объектов с нейтронным излучением с низкой плотностью потока.

6. Провести экспериментальные исследования взаимодействия нейтронного излучения с низкой плотностью потока с различными объектами.

7. Продолжить разработку программы мониторинга (контроля) обеспечения безопасности атомных электростанций.

Благодарность

Работа выполнена и опубликована при поддержке РФФИ, грант 19-07-00445.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (НП-001-15): [Нормы и правила НП-001-15: утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 декабря 2015 # 522]. М., 2015. 74 с.
2. Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта: [приказ МЧС России № 506 от 4 ноября 2004 г.]. М., 2004. 1 с.
3. Паспорт безопасности критически важного (опасного) объекта Росатома: [приказ МЧС России № 506 от 4 ноября 2004]. М., 2006. 9 с.
4. Берберова М.А. Оценка показателей риска для вторых очередей Смоленской и Курской АЭС: дис.... канд. техн. наук / М.А. Берберова. – М., 2015. 130 с.
5. Маринина Д.А., Берберова М.А. Оценка риска радиационного воздействия на население, проживающего вблизи рассматриваемой АЭС с реактором типа ВВЭР, с учетом возрастного состава // Тр. Международ. научн. конф. SCVRT2017. - Москва-Протвино: Изд. ИФТИ, 2017. С.94-98.
6. Маринина Д.А., Берберова М.А. Исследование зависимости результатов оценок радиационного риска АЭС с реактором типа ВВЭР от состава населения, проживающего вокруг АЭС (на примере Ростовской и Калининской АЭС) // Тр. Международ. научн. конф. СРТ2018. - Москва-Протвино: Изд. ИФТИ, 2018. С.255-263.
7. Component reliability data for use in Probabilistic Safety Assessment IAEA, Vienna, 1988 IAEA-TECDOC-478 ISSN 1011-4289 Printed by the IAEA in Austria October 1988.
8. АЭС Саньмэнь. – Режим доступа. – <http://www.seogan.ru>.
9. Level 2 PSA Methodology and severe accident management. Prepared by the CNRA Working Group on Inspection Practices (WGIP). Organization for economic co-operation and development, 1997, 234 p.
10. Чакон С., Штрауб Б. Git для профессионального программиста. Питер, 2017. 496 с.
11. David Beazley, Guido Van Rossum. Python: Essential Reference. New Riders Publishing, 1999.
12. Чан У., Биссекс П., Форсье Д. Django. Разработка веб-приложений на Python = Python Web Development with Django / пер. с англ. А. Киселёв. СПб.: Символ-Плюс, 2009. 456 с. (High Tech). ISBN 978-5-93286-167-7
13. https://sqlite.org/releaselog/3_31_0.html - 2020.

1. Federal standards and rules in use of atomic energy "General regulations to ensure nuclear power plant safety" (NP-001-15): [Standards and Rules NP-001-15: approved by the Federal Service on Ecological, Technological and Nuclear Supervision of December 17, 2015, # 522]. M., 2015. 74 p.
2. On Approval of Standard Certificate of Dangerous Object Safety: [Order of MES of Russia No. 506 of November 4, 2004]. M., 2004. 1 p.
3. Certificate on Safety of Critically Significant (Dangerous) Object of Rosatom: [Order of MES No. 506 of November 4, 2004]. M., 2006. 9 p.
4. Berberova M.A. Estimate of Risk Indices for the Second Stages of Smolensk and Kursk NPPs: Thesis for Can. Sc. Tech. Degree. M.: 2015. 130 p.
5. Marinina D.A., Berberova M.A. Estimate of radiation impact risk upon population living about analyzed NPP with pile of VVER type taking into account age structure // Proceedings of the Scientif. Conf. SCVRT2017. Moscow-Protvino: IPTI Publishers, 2017. P. 94-98.
6. Marinina D.A., Berberova M.A. Investigation of radiation risk result dependence of NPP with pile of VVER upon population structure around NPP (by the example of Rostov and Kalinin NPPs) // Proceedings of the Inter. Scientif. Conf. SRT2018. Moscow-Protvino: IPTI Publishers, 2018. P. 255-263.
7. Component reliability data for use in Probabilistic Safety Assessment IAEA, Vienna, 1988 IAEA-TECDOC-478 ISSN 1011-4289 Printed by the IAEA in Austria October 1988.
8. NPP Sanmen. Access Mode. – <http://www.seogan.ru>.
9. Level 2 PSA Methodology and severe accident management. Prepared by the CNRA Working Group on Inspection Practices (WGIP). Organization for economic co-operation and development, 1997. 234 p.
10. Chacon S., Straub B. Git for Professional Programmer. Peter, 2017. 496 p.
11. David Beazley, Guido Van Rossum. Python: Essential Reference. New Riders Publishing, 1999.
12. U. Chan, P. Bissex, D. Forsier. Django. Python Web Development with Django / transl. from Engl. by A. Kiselyov. S-Pb.: Symbol-Plus, 2009. 456 p. (High Tech.). - ISBN 978-5-93286-167-7
13. https://sqlite.org/releaselog/3_31_0.html - 2020.

Ссылка для цитирования:

Андреев В.В., Берберова М.А., Золотарев О.В., Чуенко В.В., Карпушин Е.В., Дьячков Д.В., Суворов А.В. Разработка моделей, алгоритмов и программного комплекса для решения задач оценки риска на АЭС при запроектных авариях // Вестник Брянского государственного технического университета. 2020. № 4. С. 43–51. DOI: 10.30987/1999-8775-2020-4-43-51

Статья поступила в редакцию 19.02.20.

Рецензент: д.т.н., доцент Брянского государственного технического университета
Захарова А.А.,
член редсовета журнала «Вестник БГТУ».
Статья принята к публикации 26.03.20.

Сведения об авторах:

Андреев Вячеслав Викторович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Ядерные реакторы и энергетические установки» Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е.Алексеева, тел.: +7 (902) 304-77-45, e-mail: vyach.andreev@mail.ru.

Берберова Мария Александровна, к.т.н., доцент кафедры информационных технологий и естественно-научных дисциплин АНО ВО «Российский новый университет», тел.: +7 (916) 507-57-99, e-mail: maria.berberova@gmail.com

Золотарев Олег Васильевич, к.т.н., доцент, зав. кафедрой информационных систем в экономике и управлении АНО ВО «Российский новый университет», тел.: +7 (903) 262-44-05, e-mail: ol-zolot@yandex.ru.

Чуенко Владислав Васильевич, бакалавр кафедры информационных систем в экономике и управлении

Andreev Vyacheslav Victorovich, Dr. Sc. Tech., Prof., Head of the Dep. "Nuclear Piles and Power Plants", Alexeev State Technical University of Nizhny Novgo-

АНО ВО «Российский новый университет», тел.: +7 (925) 338-81-27, e-mail: xetyrj22@gmail.com.

Карпушин Егор Викторович, магистрант кафедры информационных систем в экономике и управлении АНО ВО «Российский новый университет», тел.: +7(903) 674-67-06, e-mail: egor9731@yandex.ru.

Дьячков Дмитрий Владимирович, магистрант кафедры информационных систем в экономике и управлении АНО ВО «Российский новый университет», тел.: +7 (964) 727-81-97, e-mail: dimi-tri.dyach@gmail.com.

Суворов Андрей Викторович, магистрант кафедры телекоммуникационных систем и информационной безопасности АНО ВО «Российский новый университет», тел.: +7 (903) 199-47-35, e-mail: suvorov-97@mail.ru .

rod, phone: +7 (902) 304-77-45, e-mail: vyach.andreev@mail.ru.

Berberova Maria Alexandrovna, Can. Sc. Tech., of the Dep. "Information Technologies and Natural Subjects of ANO VO "Russian New University", phone: +7 916 507-57-99, e-mail: maria.berberova@gmail.com

Zolotaryov Oleg Vasilievich, Can. Sc. Tech., Assistant Prof., Head of the Dep. "Information Systems in Economy and Control", ANO VO "Russian New University", phone: +7 903 262 44 05, e-mail: ol-zolot@yandex.ru.

Chuenko Vladislav Vasilievich, Bachelor of the Dep. "Information Systems in Economy and Control", ANO VO "Russian New University", phone: +7 925 338 81 27, e-mail: xetyrj22@gmail.com.

Karpushin Egor Victorovich, Master degree student of the Dep. "Information Systems in Economy and Control", ANO VO "Russian New University", phone: +7 903 674 67 06, e-mail: egor9731@yandex.ru.

Diyachkov Dmitry Vladimirovich, Master degree student of the Dep. "Information Systems in Economy and Control", ANO VO "Russian New University", phone: +7 964 727 81 97, e-mail: dimi-tri.dyach@gmail.com.

Suvorov Andrey Victorovich, Master degree student of the Dep. "Telecommunication Systems and Information Safety", ANO VO "Russian New University", phone: +7 903 199 47 35, e-mail: suvorov-97@mail.ru.