



УДК: 621.039.4

DOI: 10.26277/SECNRS.2022.103.1.002

© 2022. Все права защищены.

О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗВИТИЯ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕГУЛИРУЮЩИХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Курындин А. В.* , к. т. н. (kuryndin@secnrs.ru),
Киркин А. М.* (kirkin@secnrs.ru),
Ляшко И. А.* (lyashko@secnrs.ru)

Статья поступила в редакцию 10 ноября 2021 г.

Аннотация

Активное внедрение цифровых технологий в производственные и социальные секторы экономики позволяет существенно повысить эффективность выполнения большинства процессов. Атомная отрасль, как одна из передовых и высокотехнологичных отраслей экономики, не остается в стороне от современных цифровых тенденций. Так, например, во всем мире в деятельность организаций и предприятий атомной отрасли активно внедряются системы автоматизированного проектирования, автоматизированные системы управления технологическими процессами, роботизированные системы и т. д. Кроме того, активно развиваются как наукоемкие, многофункциональные и мультифизические расчетные коды, так и специализированные программные средства, предназначенные для решения конкретных прикладных задач в короткие сроки и с приемлемой точностью.

Такие специализированные или проблемно-ориентированные программные средства внедряются в деятельность не только проектных, конструкторских и эксплуатирующих организаций атомной отрасли, но и органов государственного регулирования безопасности в области использования атомной энергии и их организаций научно-технической поддержки. При этом важно отметить, что применение проблемно-ориентированных программных средств органами регулирования безопасности в конечном итоге способствует принятию научно обоснованных и апробированных опытом регулирующих решений.

В статье обсуждается важность и актуальность развития проблемно-ориентированных программных средств, в том числе для целей повышения эффективности регулирования безопасности в области использования атомной энергии.

► **Ключевые слова:** проблемно-ориентированные программные средства, регулирование безопасности, использование атомной энергии.

* Федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности», Москва, Россия.

ON THE NEED FOR DEVELOPMENT OF PROBLEM-ORIENTED SOFTWARE TO SUPPORT REGULATORY DECISION-MAKING IN THE FIELD OF ATOMIC ENERGY USE

Kuryndin A. V.*, Ph. D.,

Kirkin A. M.*,

Liashko I. A.*

Article is received on November 10, 2021

Abstract

The vigorous implementation of digital technologies into productive and social sectors of the economy make it possible to increase the efficiency of most processes significantly. The nuclear industry, as one of the most advanced and high-tech sectors of the economy, does not remain aloof from modern digital trends. For example, computer-aided design systems, automated process control systems, robotic systems, etc. are being actively introduced into the activities of organizations and enterprises of the nuclear industry worldwide. In addition, both high-tech, multifunctional and multiphysics computational codes, as well as specialized software to solve specific problems within a short time and with acceptable accuracy are being developed. Such specialized or problem-oriented software tools are being implemented into the activities of not only design, engineering and operating organizations of the nuclear industry, but also of state safety regulatory bodies in the field of atomic energy use and their technical and scientific support organizations. At the same time, it is important to note that the use of problem-oriented software tools by state safety regulatory bodies allows making evidence-based regulatory decisions.

The importance and relevance of problem-oriented software tools development, including for the purposes of improving the efficiency of safety regulation in the field of atomic energy use, are presented in the paper.

► **Keywords:** *problem-oriented software tools, safety regulation, field of atomic energy use.*

* Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety, Moscow, Russia.

Введение

В последние десятилетия происходит активное развитие цифровых технологий и масштабное внедрение цифровых продуктов, позволяющих существенно облегчить и ускорить социальные, экономические и производственные процессы, а также повысить их качество и эффективность. Наибольшей интеграции цифровых технологий подверглись государственные и частные сектора экономики, близкие к массовому конечному потребителю. Это сферы коммуникации, туризма, банковского дела и страхования, торговли, социальных услуг и другие. Несколько медленнее внедрение цифровых технологий происходит в секторах, связанных с промышленностью и энергетикой [1]. Тем не менее тенденции последних лет показывают, что государственный сектор переходит на функционирование и оказание услуг в онлайн-формате с использованием современных цифровых технологий, поэтому очевидно, что общемировой тренд на глобальную цифровизацию со временем полностью охватит все отрасли экономики [2]. Развитие атомной отрасли также связано с внедрением новых цифровых технологий, а совершенствование государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии с учетом современного уровня развития науки, техники и производства и вовсе является одним из основных направлений реализации государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности в соответствии с указом Президента Российской Федерации от 13.10.2018 № 585 [3].

Развитие цифровых технологий или Индустрия 4.0

По статистическим данным [4–6] за последние 10 лет количество пользователей сети Интернет возросло с 1,6 до 4,1 млрд человек, глобальный интернет-трафик увеличился с 4 до 100 Тб/сек, более половины мирового населения ежедневно использует интернет, в том числе для выполнения служебных обязанностей, что стало возможным благодаря Четвертой промышленной революции или Индустрии 4.0 [2].

С технологической точки зрения Индустрия 4.0 трансформирует производственный процесс путем цифровизации и автоматизации за счет следующих ключевых технологий [1, 2]: большие данные и аналитика (Big Data), моделирование, промышленный интернет вещей, облачные технологии, аддитивные 3D-технологии и дополненная реальность.

Так, например, моделирование позволяет предприятиям оценивать протекание различных процессов и прогнозировать поведение систем, которые ранее с трудом поддавались анализу. Внедрение процессов сбора данных, их обработки, управления и анализа с использованием технологий Big Data позволяет оптимизировать деятельность организаций и предприятий, выявлять «слабые» звенья, зависимости и тренды в производственных и технологических процессах, а на более ранних стадиях – определять задачи, объем и направления исследований и разработок, тем самым существенно повышать эффективность работы. Промышленный интернет вещей меняет порядок обращения с материальными и нематериальными ресурсами предприятия, снижая трудовые и финансовые затраты за счет оптимизации при подготовке исходных данных, сокращения необходимых ресурсов и соответствующей корректировки производственных процессов и внутренней логистики. Технологии изготовления прототипов и отдельных компонентов изделий методом 3D-печати позволяют оптимизировать разработку новых продуктов и их производство.

Очевидно, что основным драйвером развития экономики в ближайшие годы будет являться успешное внедрение принципов и подходов Индустрии 4.0 в практической деятельности. Уже сейчас существует множество примеров успешной интеграции подходов Индустрии 4.0, в том числе на государственном уровне. Большинство предприятий и органов государственного сектора экономики активно переходят на использование цифровых технологий в своей деятельности, в частности активно внедряется возможность получения услуг в онлайн-режиме [1, 7].

Следует отметить, что все большее развитие получают специализированные цифровые продукты, позволяющие решать конкретные задачи или оптимизировать бизнес-процессы. Так, например, в МЧС России, согласно перечню [8], разработано и функционирует более 500 уникальных программно-аппаратных комплексов, позволяющих решать основные задачи, закрепленные за МЧС России. Минприроды России активно использует специализированные программные средства (ПС) «ЭКОЮРС», «Кедр», «ЭкоМастер», «EcoReport», «ЭКО-Эксперт», «EMEX», «Rivo solutions» [9] и другие.

Цифровые технологии в атомной отрасли

Госкорпорация «Росатом» является одним из основных инициаторов продвижения цифровых

технологий в экономику Российской Федерации. Так, например, под ее эгидой развиваются суперкомпьютерные технологии, квантовый компьютеринг, центры обработки данных, цифровые двойники (цифровая АЭС) и многое другое [10].

На объектах использования атомной энергии (ОИАЭ), а также на проектных, конструкторских и производственных предприятиях атомной отрасли активно внедряются и используются современные цифровые технологии и подходы, используемые во многих других отраслях промышленности, к которым можно отнести системы автоматизированного проектирования, автоматизированные системы управления технологическими процессами, роботизированные системы на производственных участках.

В отдельный класс можно выделить специализированные наукоемкие вычислительные ПС, реализующие методы математического моделирования физических процессов на ОИАЭ. Для создания таких ПС требуются фундаментальные и глубокие знания научных принципов, конструктивных особенностей ОИАЭ и доступ к большому объему экспериментальных данных. Спектр областей применения и задач, которые могут решаться с использованием данных ПС, крайне широк. Прежде всего, это расчет нейтронно-физических, теплогидравлических, радиационных, прочностных и других параметров ОИАЭ как при нормальной эксплуатации, так и при авариях. К наукоемким ПС могут быть отнесены интегральные расчетные коды (например, «СОКРАТ», «HYDRA IBRAE/LM», «ЕВКЛИД», «RELAP», «ASTEC»), CFD-коды, реализующие методы вычислительной гидродинамики (например, «ЛОГОС», «Flow Vision», «CONV3D», «ANSYS Fluent»), программные коды, реализующие метод Монте-Карло для моделирования переноса излучения в веществе (например, «MCU», «SCALE», «SERPENT», «MCNP»), и другие.

При этом к ПС, используемым при обосновании безопасности ОИАЭ, предъявляются повышенные требования в части 13 статьи 26 Федерального закона от 21.11.1995 № 170-ФЗ [11], предписывающие прохождение экспертизы с целью оценки назначения и структуры ПС, используемых методов построения расчетных моделей, погрешностей и неопределенностей расчетных результатов, получаемых с использованием ПС, обоснований применимости используемых ПС баз данных и библиотек констант, а также оценки обоснования применимости аналитических задач и экспериментальных данных, используемых для верификации и валидации таких ПС [12].

На основе принципа независимости наукоемкие ПС могут использоваться в организациях научно-технической поддержки (ОНТП) Ростехнадзора при проведении исследований, испытаний, экспертизы безопасности, анализа и оценки безопасности ОИАЭ и видов деятельности, осуществляемых в рамках научно-технической поддержки Ростехнадзора.

Для целей регулирования безопасности ОИАЭ применение наукоемких ПС может быть затруднительным ввиду требовательности к аппаратному обеспечению, временным затратам для получения результата и т. д. В таких случаях предпочтение отдается специализированным или проблемно-ориентированным ПС, позволяющим, в частности, выполнять экспресс-оценку различных физических величин и параметров безопасности ОИАЭ, получать и обрабатывать информацию, содержащуюся в базах данных, а также выполнять многие другие служебные задачи. Например, для:

- экспресс-оценки радиационных последствий аварий на ОИАЭ применяются ПС «SULTAN», «НОСТРАДАМУС», «RECCASS» и «SILAM»;
- экспресс-оценки доз облучения персонала и населения – ПС «EDEN», «OEDIPE», «ECRIN», «DandD»;
- экспресс-оценки параметров защиты от ионизирующего излучения – ПС «MicroShield», «MicroSkyshine»;
- экспресс-оценки выбросов и сбросов реакторных установок типа PWR и BWR – ПС «GALE»;
- получения информации о различных физических величинах – базы данных «Janis», «Radiological Toolbox», «IRS», «NROD».

Проблемно-ориентированные ПС в большинстве случаев реализуют методы и подходы, изложенные в федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии, руководствах по безопасности при использовании атомной энергии, стандартах, методических документах, положениях и иных нормативных документах. При этом, несмотря на относительную простоту проблемно-ориентированных ПС, по сравнению с упомянутыми ранее наукоемкими ПС, в их основе также лежит разработка и программная реализация различных методов и подходов, что делает их создание комплексной и трудоемкой задачей. К примеру, могут потребоваться проведение расчетного моделирования физических процессов, формирование баз данных, разработка математических инструментариев и т. д. Однако использование проблемно-ориентированных ПС позволяет получить качественные оценки необходимых параметров в короткие

сроки с приемлемой точностью, что делает их применение зачастую более предпочтительным, удобным и эффективным.

Проблемно-ориентированные программные средства для регулирования безопасности в области использования атомной энергии

Государственное регулирование безопасности при использовании атомной энергии подразумевает деятельность Ростехнадзора (с привлечением ОНТП), направленную на организацию разработки, утверждение и введение в действие нормативных правовых актов в области использования атомной энергии, лицензирование деятельности в области использования атомной энергии, организацию проведения экспертизы безопасности (экспертизы обоснования безопасности) ОИАЭ и (или) видов деятельности в области использования атомной энергии, проведение проверок (инспекций), осуществление надзора за безопасностью на ОИАЭ и контроля за разработкой и реализацией мероприятий по защите персонала ОИАЭ, населения и окружающей среды в случае аварии при использовании атомной энергии [11]. В ряде случаев для решения упомянутых задач эффективным является использование проблемно-ориентированных ПС.

Во многих странах органы регулирования безопасности в области использования атомной энергии и их ОНТП широко используют проблемно-ориентированные ПС, предназначенные для расчета и оценки различных физических величин, параметров и показателей безопасности, а также для получения разнообразной информации. Так, например, Комиссией по ядерному регулированию США (NRC) для решения задач по экспресс-оценке доз облучения персонала ОИАЭ и населения, экспресс-оценке величины выбросов и сбросов радиоактивных веществ в окружающую среду реакторных установок типа PWR и BWR разработаны и используются такие проблемно-ориентированные ПС, как “GALE” и “DandD”. Указанные ПС реализуют положения методик, приведенных в документах NUREG-0016 [13] и NUREG/CR-5512 [14]. Также в NRC разработана и успешно функционирует информационная система “NROD”, содержащая базу данных по нарушениям в работе атомных станций, предоставляющая доступ к информации о нарушениях с помощью сети Интернет и позволяющая анализировать информацию с применением методов статистического анализа. Кроме того, информационная система “NROD” интегрирована с Международной базой данных по нарушениям

в работе атомных станций (IRS), за управление которой отвечает МАГАТЭ.

В Институте радиационной защиты и ядерной безопасности (IRSN) во Франции разработаны и успешно используются проблемно-ориентированные ПС для экспресс-оценки доз облучения персонала и населения, такие как “EDEN” и “OEDIPE”. Помимо этого, в IRSN разработана база данных дозовых коэффициентов “ECRIN”.

В ФБУ «НТЦ ЯРБ» как ОНТП Ростехнадзора в последние годы также активно ведется разработка и внедрение в деятельность Ростехнадзора проблемно-ориентированных ПС. В частности, создан ряд ПС, позволяющих в экспресс-режиме проводить оценку различных показателей безопасности. К таким проблемно-ориентированным ПС относятся: «Калькулятор ИНЕС» [15, 16], предназначенный для оценки уровня ядерных и радиологических событий по шкале ИНЕС [17]; «Калькулятор радиационных и теплофизических характеристик ОЯТ» [18–20], позволяющий выполнять расчеты остаточного тепловыделения отработавшего ядерного топлива и концентрации основных радионуклидов, содержащихся в отработавшем ядерном топливе реакторов типа ВВЭР-440, ВВЭР-1000, ВВЭР-1200 и РБМК-1000, и реализующий методы, приведенные в РБ-093-20 [21]; «Калькулятор радиационных последствий аварий» [22], предназначенный для оценки радиационных последствий аварий на ОИАЭ, а также эффективной дозы облучения, временного интеграла приземной концентрации и плотности радиоактивных выпадений [23] (рис. 1).

В связи с растущим объемом информации по эксплуатационному опыту работы ОИАЭ в ФБУ «НТЦ ЯРБ» большое внимание уделено информационным системам. В частности, созданы: «Информационная система по нарушениям в работе ИЯУ и АС» [24, 25], позволяющая получить доступ к информации о нарушениях в работе исследовательских ядерных установок и атомных станций, а также выполнять статистическую обработку нарушений в работе исследовательских ядерных установок и атомных станций по интересующим пользователя показателям безопасности; «Информационная система по авариям на ИЯУ» [26], предназначенная для оперативного доступа к информации о проектных и запроектных авариях на исследовательских ядерных установках; «Полнотекстовая база данных RIS-M» [27], предназначенная для оперативного доступа к нормативным правовым актам и нормативным документам, относящимся к сфере деятельности Ростехнадзора (рис. 2).

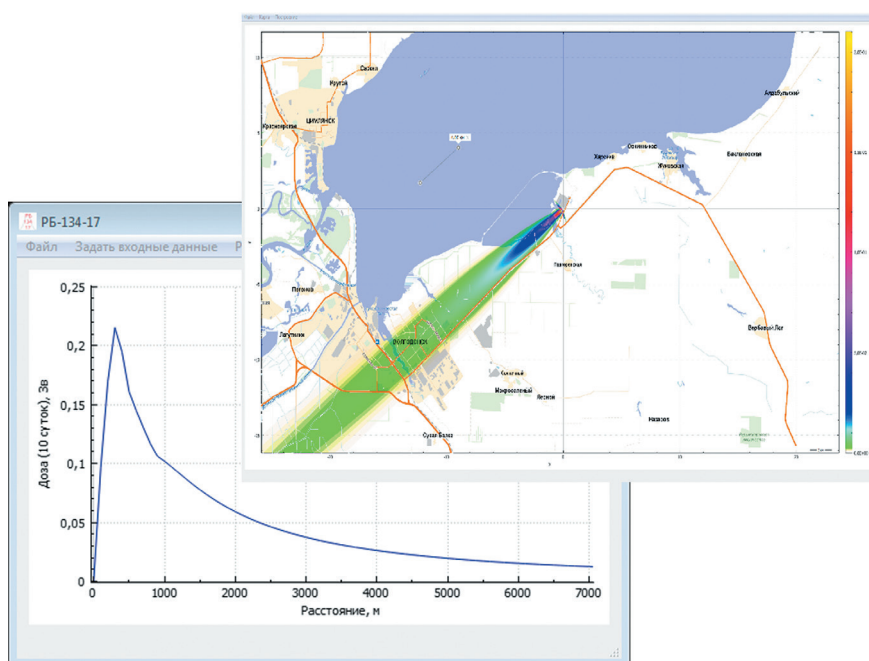
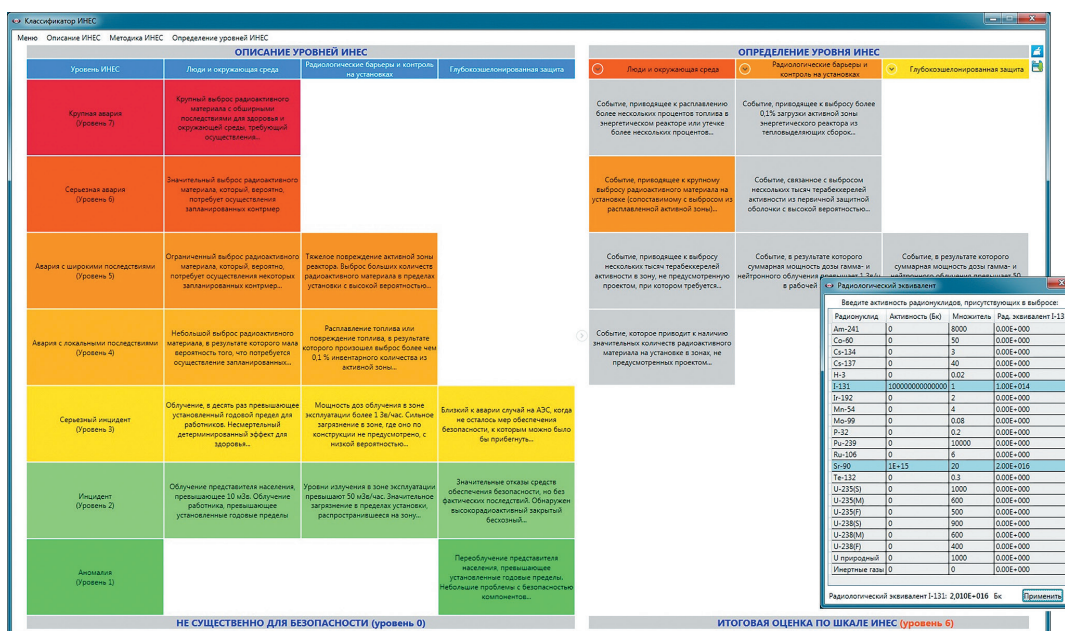
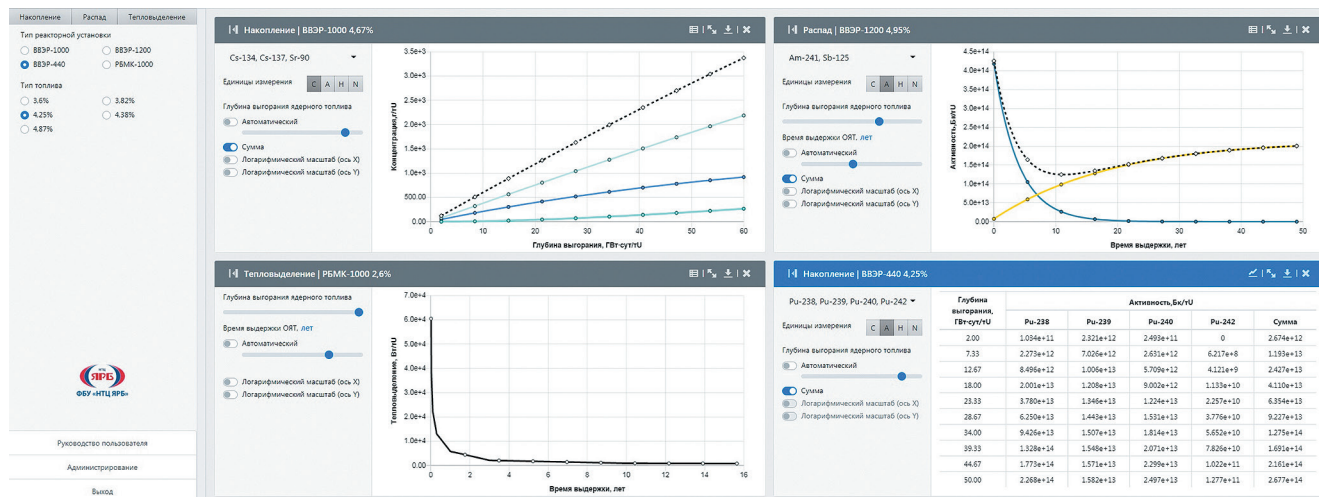


Рис. 1. Разработанные в ФБУ «НТЦ ЯРБ» проблемно-ориентированные программные средства для экспресс-оценки показателей безопасности [Fig. 1. Problem-oriented software tools developed by SEC NRS for express assessment of safety indicators]

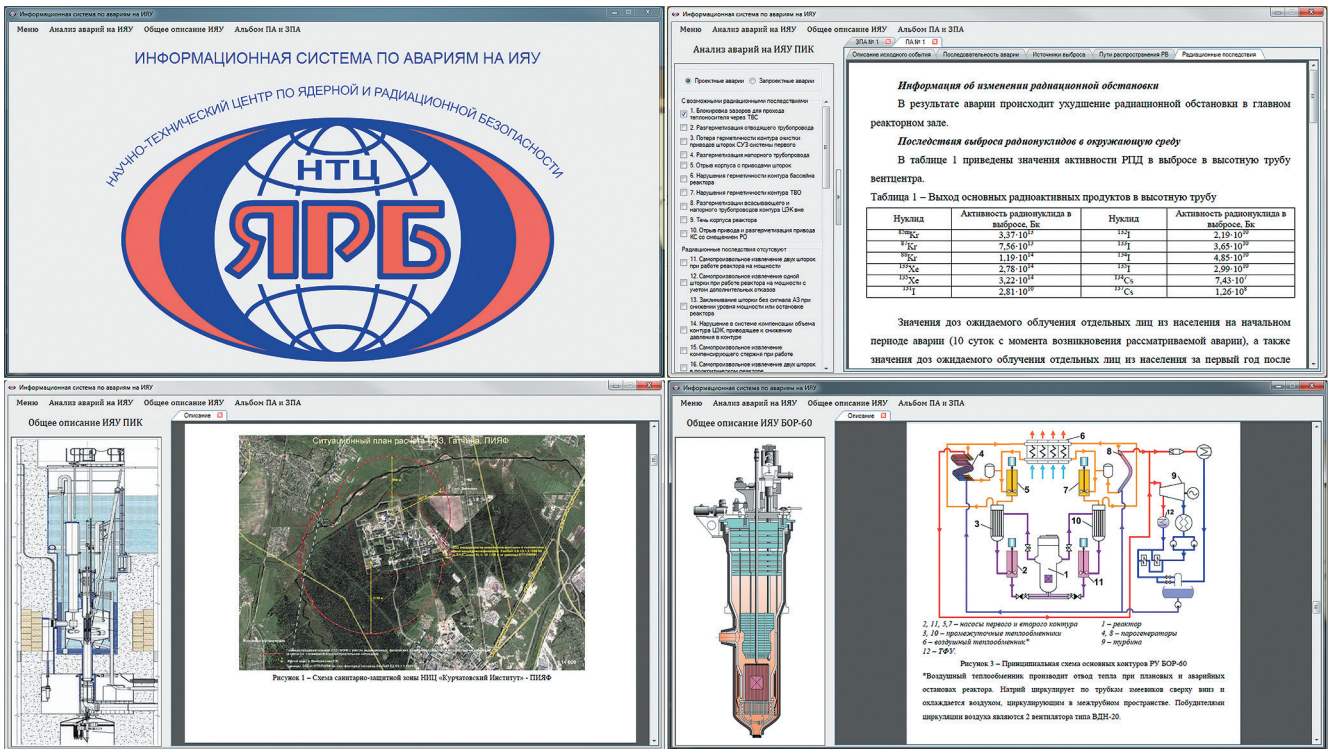
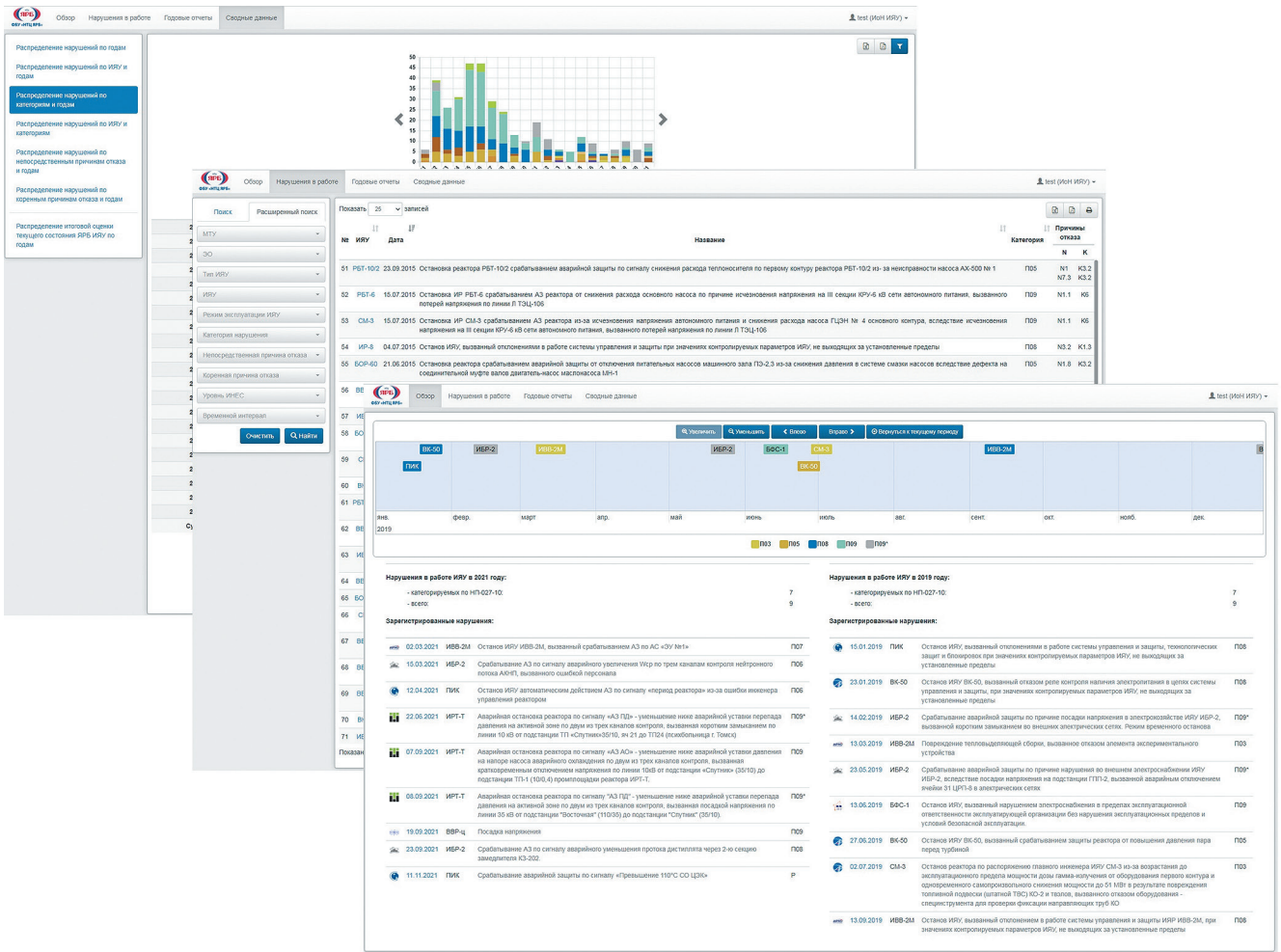


Рис. 2. Разработанные в ФБУ «НТЦ ЯРБ» информационные системы [Fig. 2. Information systems developed by SEC NRS]

Таким образом, очевидно, что обеспеченность специалистов Ростехнадзора удобным и функциональным цифровым инструментарием для поддержки принятия регулирующих решений в области использования атомной энергии не только позволяет существенно повысить эффективность работы, но и соответствует передовым мировым подходам в части всеобщей глобальной цифровизации.

Темпы развития атомной отрасли в последние годы увеличиваются, растет количество ОИАЭ, меняются подходы к обеспечению и регулированию безопасности ОИАЭ. Происходит дальнейшее развитие технологий реакторов типа ВВЭР, которые получили широкое распространение как в России, так и за рубежом, масштабное развитие реакторов на быстрых нейтронах [28], технологий замыкания ядерного-топливного цикла [29], развитие современного атомного ледокольного флота [30], исследовательских ядерных установок [31, 32], малых модульных реакторов [33] и т. д. Эффективность системы государственного регулирования безопасности в области использования атомной энергии в текущих условиях развития атомной отрасли зависит также от дальнейшего внедрения в деятельность Ростехнадзора и ОНТП Ростехнадзора проблемно-ориентированных ПС. Основными направлениями развития таких ПС в дальнейшем могут являться различные мониторинговые системы (например, по отслеживанию параметров безопасности ОИАЭ в режиме реального времени), информационные системы (например, базы данных по накопленному опыту эксплуатации ОИАЭ) и различные ПС для оценки параметров безопасности существующих и новых, в том числе перспективных, ОИАЭ.

Заключение

Технологии Индустрии 4.0 безусловно являются основными драйверами экономики в XXI веке, поэтому от того, насколько государственный и частный сектора экономики смогут реагировать на возникающие вызовы современного общества и быть готовыми к интеграции цифровых технологий, зависит их конкурентоспособность и экономическая эффективность. Цифровые технологии активно и широко применяются в деятельности различных организаций и предприятий атомной отрасли, при этом сохраняется большой потенциал для их роста, развития и внедрения.

При регулировании безопасности в области использования атомной энергии, по мнению авторов, следует ориентироваться не только на специализированные наукоемкие ПС, но и на проблемно-ориентированные ПС, применение которых способствует повышению научно-технической обеспеченности органов регулирования безопасности при использовании атомной энергии.

Создание и применение проблемно-ориентированных ПС соответствует общемировым подходам и практикам, способствует принятию научно обоснованных регулирующих решений при осуществлении государственного регулирования безопасности в области использования атомной энергии и в конечном итоге способствует достижению целей государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности [3].

Литература

1. Абдрахманова Г. И., Быховский К. Б., Веселитская Н. Н., Вишневский К. О., Гохберг Л. М. и др. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: доклад к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества (13–30 апреля 2021 г.). – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. – 239 с. – ISBN 978-5-7598-2510-4, ISBN 978-5-7598-2270-7 (e-book).
2. Götz M., Jankowska B. Adoption of Industry 4.0 Technologies and Company Competitiveness: Case Studies from a Post-Transition Economy // Foresight and STI Governance. 2020. Vol. 14. No. 4. Pp. 61–78.
3. Об утверждении Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу: указ Президента Российской Федерации от 13.10.2018 № 585.
4. Абдрахманова Г. И., Баскакова О. Е., Вишневский К. О., Гохберг Л. М. и др. Тенденции развития интернета в России и зарубежных странах: аналитический доклад. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2020. – 144 с. – ISBN 978-5-906737-66-3.
5. Плаксин С. М., Жулин А. Б., Фаризова С. А. «Черный лебедь» в белой маске: аналитический доклад НИУ ВШЭ к годовщине пандемии COVID-19. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. – 336 с. – ISBN 978-5-7598-2500-5, ISBN 978-5-7598-2259-2 (e-book).

6. The COVID-19 Crisis: Accentuating the Need to Bridge Digital Divides. UNCTAD, 2020. URL: <https://unctad.org/webflyer/covid-19-crisis> (дата обращения: 08.02.2022).
7. Логинова А. С., Шубина Е. А. Предоставление электронных государственных услуг в Российской Федерации: проблемы и пути их решения // Российский юридический журнал. 2018. № 4. С. 137–144.
8. Перечень баз и банков данных, специального программного обеспечения, находящихся на учете в Фонде алгоритмов и программ ГОЧС МЧС России. 2019. URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/1948> (дата обращения: 08.02.2022).
9. Халевин Р. Г., Бердников А. В. Компьютерные программы для экологов // Экологические системы и приборы. 2002. № 3. С. 35–38.
10. Галковская В. Е., Кобылина Е. В. Цифровизация как одно из направлений бизнеса высоких технологий ГК Росатома // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2018. № 11. URL: <https://ekonomika.snauka.ru/2018/11/16306> (дата обращения: 08.02.2022).
11. Об использовании атомной энергии: Федер. закон от 21.11.1995 № 170-ФЗ.
12. Об утверждении Порядка проведения экспертизы программ для электронных вычислительных машин, используемых в целях построения расчетных моделей процессов, влияющих на безопасность объектов использования атомной энергии и (или) видов деятельности в области использования атомной энергии: приказ Ростехнадзора от 30.07.2018 № 325.
13. Calculation of releases of radioactive materials in gaseous liquid effluents from boiling water reactors (BWR-GALE CODE). NUREG-0016, Revision 1. 1978.
14. Residual Radioactive Contamination from Decommissioning. User's Manual DandD Version 2.1. NUREG/CR-5512, Vol. 2. NRC. 2001.
15. Курындин А. В., Киркин А. М., Шаповалов А. С., Сорокин Д. В., Ляшко И. А. Программная реализация методики определения уровня ядерных и радиологических событий по шкале ИНЕС // Ядерная и радиационная безопасность. 2018. № 4. С. 1–11.
16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Классификатор ИНЕС 1.00» от 22.06.2018 № 2018617337.
17. The International Nuclear and Radiological Event Scale. User's Manual, 2008 Edition. IAEA, Vienna, 2013.
18. Курындин А. В., Строганов А. А., Киркин А. М., Ляшко И. А., Курбатова М. В. «Калькулятор радиационных и теплофизических характеристик ОЯТ», реализующий методы и подходы РБ-093-14 // Ядерная и радиационная безопасность. 2016. № 4. С. 1–14.
19. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Калькулятор радиационных и теплофизических характеристик ОЯТ (v2.0)» № 2021617328 от 13.05.2021.
20. Свидетельство о государственной регистрации базы данных «База данных радиационных и теплофизических характеристик ОЯТ (v2.0)» № 2021621149 от 31.05.2021.
21. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Радиационные и теплофизические характеристики отработавшего ядерного топлива водо-водяных энергетических реакторов и реакторов большой мощности канальных. РБ-093-20: утверждены приказом Ростехнадзора от 11.03.2020 № 106.
22. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Калькулятор радиационных последствий аварий» № 2020619313 от 17.08.2020.
23. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Рекомендуемые методы оценки и прогнозирования радиационных последствий аварий на объектах ядерного топливного цикла. РБ-134-17: утверждены приказом Ростехнадзора от 16.11.2017 № 479.
24. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Информационная система «Ион ИЯУ» № 2019662800 от 02.10.2019.
25. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Информационная система «Ион АС» № 2021664145 от 01.09.2021.
26. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Информационная система по авариям на ИЯУ» № 2018617323 от 21.06.2018.
27. Свидетельство о государственной регистрации базы данных «RIS-M» № 2015620264 от 11.02.2015.
28. Васильев Б. А., Васяев А. В., Зверев Д. Л. и др. Развитие проекта энергоблока нового поколения с реактором БН-1200 / Международная конференция по быстрым реакторам FR17 (26–29 июня 2017 г.). – Екатеринбург, 2017.

29. Адамов Е. О., Каплиенко А. В., Орлов В. В. и др. Быстрый реактор со свинцовым теплоносителем БРЕСТ: от концепции к реализации технологии // Атомная энергия. 2020. Т. 129. № 4. С. 185–194.
30. Кашка М. М., Смирнов А. А., Головинский С. А. и др. Перспективы развития атомного ледокольного флота // Арктика: экология и экономика. 2016. № 3 (23). С. 98–107.
31. Смольский С. Л., Коротынский А. В., Антонов А. В. и др. Подготовка исследовательского реактора ПИК к энергетическому пуску / Безопасность исследовательских ядерных установок: тезисы докладов XXI Российской конференции (20–24 мая 2019 г.). – Димитровград: АО «ГНЦ – НИИАР», 2019. – С. 9–10.
32. Тузов А. А., Киверов С. А., Парфенов В. Р. и др. Создание исследовательской ядерной установки с многоцелевым исследовательским реактором на быстрых нейтронах МБИР / Инновационные проекты и технологии ядерной энергетики: сборник докладов IV Международной научно-технической конференции (27–30 сентября 2016 г.). – Москва: АО «НИКИЭТ», 2016. – С. 124–123.
33. Алленых М. А., Анисимова А. И. Плавающая атомная теплоэлектростанция «Академик Ломоносов» как новый вектор развития атомной энергетики // Друкеровский вестник. 2020. № 3 (35). С. 166–179. DOI 10.17213/2312-6469-2020-3-166-179.

References

1. Abdrakhmanova G. I., Bykhovskiy K. B., Veselitskaya N. N., Vishnevsky K. O., Gokhberg L. M. et al. (2021). Tsifrovaya transformatsiya otraslei: startovye usloviya i priority [Digital transformation of industries: starting conditions and priorities]. Doklad k XXII Apr. mezhdunar. nauch. konf. po problemam razvitiya ehkonomiki i obshchestva (13–30 aprelya 2021 g.) – Report to XXII Apr. intl. scientific conf. on the problems of economic and social development (April 13–30, 2021). Moscow: Ed. house of the Higher School of Economics. ISBN 978-5-7598-2510-4, ISBN 978-5-7598-2270-7 (e-book) [in Russian].
2. Götz M., Jankowska B. Adoption of Industry 4.0 Technologies and Company Competitiveness: Case Studies from a Post-Transition Economy. Foresight and STI Governance, 2020, vol. 14, no. 4, pp. 61–78.
3. Ukaz Prezidenta Rossiiskoi Federatsii № 585 “Ob utverzhdenii Osnov gosudarstvennoi politiki v oblasti obespecheniya yadernoi i radiatsionnoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii na period do 2025 goda i dal'neishuyu perspektivu” [Decree of the President of the Russian Federation no. 585 “On approval of the Fundamentals of State Policy in the Field of Ensuring Nuclear and Radiation Safety of the Russian Federation for the period up to 2025 and beyond”]. 2018 [in Russian].
4. Abdrakhmanova G. I., Baskakova O. E., Vishnevsky K. O., Gokhberg L. M. et al. (2020). Tendentsii razvitiya interneta v Rossii i zarubezhnykh stranakh: analiticheskii doklad [Trends in the development of the Internet in Russia and foreign countries: an analytical report]. – Moscow: Ed. house of the Higher School of Economics. ISBN 978-5-906737-66-3 [in Russian].
5. Plaksin S. M., Zhulin A. B., Farizova S. A. (2021). «Chernyi lebed'» v beloi maske: analiticheskii doklad NIU VSHEH k godovshchine pandemii COVID-19 [“Black Swan” in a White Mask: HSE Analytical Report on the Anniversary of the COVID-19 Pandemic]. – Moscow: Ed. house of the Higher School of Economics. ISBN 978-5-7598-2500-5, ISBN 978-5-7598-2259-2 (e-book) [in Russian].
6. The COVID-19 Crisis: Accentuating the Need to Bridge Digital Divides. UNCTAD, 2020. URL: <https://unctad.org/webflyer/covid-19-crisis> (reference date: 08.02.2022).
7. Loginova A. S., Shubina E. A. Predostavlenie ehlektronnykh gosudarstvennykh uslug v Rossiiskoi Federatsii: problemy i puti ikh resheniya [Provision of electronic public services in the Russian Federation: problems and ways to solve them]. Rossiiskii yuridicheskii zhurnal – Russian Journal of Law, 2018, no. 4, pp. 137–144 [in Russian].
8. Perechen' baz i bankov dannykh, spetsial'nogo programmnoho obespecheniya, nakhodyashchikhsya na uchete v Fonde algoritmov i programm GOCHS MCHS Rossii [List of databases and data banks, special software registered with the Fund of Algorithms and Programs of the Civil Defense and Emergency Situations of the Ministry of Emergency Situations of Russia]. 2019. URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/1948> (reference date: 08.02.2022).
9. Khalevin R. G., Berdnikov A. V. Komp'yuternye programmy dlya ehkologov [Computer programs for ecologists]. Ehkologicheskie sistemy i pribory – Ecological systems and devices, 2002, no. 3, pp. 35–38 [in Russian].

10. Galkovskaya V. E., Kobylina E. V. Tsifrovizatsiya kak odno iz napravlenii biznesa vysokikh tekhnologii GK Rosatoma [Digitalization as one of the directions of the high-tech business of Rosatom State Corporation]. *Ehkonomika i menedzhment innovatsionnykh tekhnologii – Economics and management of innovative technologies*, 2018, no. 11. URL: <https://ekonomika.snauka.ru/2018/11/16306> (reference date: 08.02.2022).

11. Federalnyj zakon “Ob ispolzovanii atomnoj energii” [Federal law no. 170-FZ “On the usage of the nuclear power”]. 1995.

12. Ob utverzhdenii Poryadka provedeniya ehkspertizy programm dlya ehlektronnykh vychislitel'nykh mashin, ispol'zuemykh v tselyakh postroeniya raschetnykh modelei protsessov, vliyayushchikh na bezopasnost' ob"ektov ispol'zovaniya atomnoi ehnergii i (ili) vidov deyatel'nosti v oblasti ispol'zovaniya atomnoi ehnergii [On Approval of the Procedure for Expert Review of Programs for Electronic Computers Used to Build Calculation Models of Processes Affecting the Safety of Nuclear Facilities and (or) Activities in the Field of Nuclear Energy Use]. Rostekhnadzor Order No. 325 dated July 30, 2018.

13. Calculation of releases of radioactive materials in gaseous liquid effluents from boiling water reactors (BWR-GALE CODE). NUREG-0016, Revision 1. 1978.

14. Residual Radioactive Contamination from Decommissioning. User’s Manual DandD Version 2.1. NUREG/CR-5512, Vol. 2. NRC. 2001.

15. Kuryndin A. V., Kirkin A. M., Shapovalov A. S., Sorokin D. V., Lyashko I. A. Programmaya realizatsiya metodiki opredeleniya urovnya yadernykh i radiologicheskikh sobytii po shkale INES [The software implementation of the method for determining the level of nuclear and radiological events in the INES scale]. *Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost' – Nuclear and Radiation Safety*, 2018, no. 4, pp. 1–11 [in Russian].

16. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EHVM “Klassifikator INES 1.00” [Certificate of Registration for the Computer Code “INES 1.00 Classification Code” № 2018617337]. 2018.

17. The International Nuclear and Radiological Event Scale. User’s Manual, 2008 Edition. IAEA, Vienna, 2013.

18. Kuryndin A. V., Stroganov A. A., Kirkin A. M., Lyashko I. A., Kurbatova M. V. “Kal'kulyator radiatsionnykh i teplofizicheskikh kharakteristik OYAT”, realizuyushchii metody i podkhody RB-093-14 [Software “SNF Calculator” based on safety guide “Radiation and Thermal Characteristics of VVER and RBMK spent nuclear fuel” (RB-093-14)]. *Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost' – Nuclear and Radiation Safety*, 2016, no. 4, pp. 1–14 [in Russian].

19. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EHVM “Kal'kulyator radiatsionnykh i teplofizicheskikh kharakteristik OYAT (v2.0)” [Certificate of Registration for the Computer Code “Calculator of Radiation, Thermal and Physical Characteristics of SNF (v2.0)” № 2021617328]. 2021.

20. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii bazy dannykh “Baza dannykh radiatsionnykh i teplofizicheskikh kharakteristik OYAT (v2.0)” [Certificate of Registration for the Database “Database of Radiation, Thermal and Physical Characteristics of SNF (v2.0)” № 2021621149]. 2021.

21. Rukovodstvo po bezopasnosti pri ispol'zovanii atomnoi ehnergii “Radiatsionnye i teplofizicheskie kharakteristiki otrabotavshego yadernogo topliva vodo-vodyanykh ehnergeticheskikh reaktorov i reaktorov bol'shoi moshchnosti kanal'nykh” (RB-093-20) [Safety Guideline “Radiation, Thermal and Physical Characteristics of Spent Nuclear Fuel from Water-Moderated Power Reactors and High Power Channel-Type Reactors” (RB-093-20)]. 2020.

22. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EHVM “Kal'kulyator radiatsionnykh posledstviy avarii” [Certificate of Registration for the Computer Code “Calculator of radiation consequences of accidents” № 2020619313]. 2020.

23. Rukovodstvo po bezopasnosti pri ispol'zovanii atomnoi ehnergii “Rekomenduemye metody otsenki i prognozirovaniya radiatsionnykh posledstviy avarii na ob"ektakh yadernogo toplivnogo tsikla” (RB-134-17) [Safety Guideline “Recommended Methods for Assessing and Predicting the Radiation Consequences of Accidents at Nuclear Fuel Cycle Facilities” (RB-134-17)]. 2017.

24. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EHVM “Informatsionnaya sistema “ION IYAU” [Certificate of Registration for the Computer Code “Information system “IoN RR” № 2019662800]. 2019.

25. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EHVM “Informatsionnaya sistema “ION AS” [Certificate of Registration for the Computer Code “Information system “IoN NPP” № 2021664145]. 2021.

26. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EHVM "Informatsionnaya sistema po avariyam na IYAU" [Certificate of Registration for the Computer Code "Information system on accidents at RR" № 2018617323]. 2018.

27. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii bazy dannykh "RIS-M" [Certificate of Registration for the Database "RIS-M" № 2015620264]. 2015.

28. Vasiliev B. A., Vasyaev A. V., Zverev D. L. et al. Razvitie proekta ehnergobloka novogo pokoleniya s reaktorom BN-1200 [Development of the project of a new generation power unit with a BN-1200 reactor]. Mezhdunarodnaya konferentsiya po bystrykh reaktoram FR17 (26–29 iyunya 2017 g.) – International Conference on Fast Reactors and Related Fuel Cycles: Next Generation Nuclear Systems for Sustainable Development (FR17) (June 26–29, 2017), Yekaterinburg [in Russian].

29. Adamov E. O., Kaplienko A. V., Orlov V. V., et al. Bystryi reaktor so svintsovyim teplonositelem BREST: ot kontseptsii k realizatsii tekhnologii [BREST lead-cooled fast reactor: from concept to technology implementation]. Atomnaya ehnergiya – Atomic energy, 2020, v. 129, no. 4, pp. 185–194 [in Russian].

30. Kashka M. M., Smirnov A. A., Golovinsky S. A. et al. Perspektivy razvitiya atomnogo ledokol'nogo flota [Prospects for the development of the nuclear icebreaker fleet]. Arktika: ehkologiya i ehkonomika – Arctic: ecology and economy, 2016, no. 3 (23), pp. 98–107 [in Russian].

31. Smolsky S. L., Korotynsky A. V., Antonov A. V. et al. Podgotovka issledovatel'skogo reaktora PIK k ehnergeticheskomu puskuy [Preparation of the PIK research reactor for power start-up]. Bezopasnost' issledovatel'skikh yadernykh ustanovok: tezisy dokladov XXI Rossiiskoi konferentsii (20–24 maya 2019 g.) – Safety of research nuclear installations: abstracts of the XXI Russian Conference (May 20–24, 2019), Dimitrovgrad, Joint Stock Company "State Scientific Center – Research Institute of Atomic Reactors", pp. 9–10 [in Russian].

32. Tuzov A. A., Kiverov S. A., Parfenov V. R. et al. Sozdanie issledovatel'skoi yadernoi ustanovki s mnogotselevym issledovatel'skim reaktorom na bystrykh neitronakh MBIR [Creation of a research nuclear facility with a multi-purpose fast neutron research reactor MBIR]. Innovatsionnye proekty i tekhnologii yadernoi ehnergetiki: sbornik dokladov IV Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii (27–30 sentyabrya 2016 g.) – Innovative projects and technologies of nuclear energy: collection of reports of the IV International scientific and technical conference (September 27–30, 2016), Moscow, AO "NIKIET", pp. 124–123 [in Russian].

33. Allenykh M. A., Anisimova A. I. Plavuchaya atomnaya teploehlektrostantsiya "Akademik Lomonosov" kak novyi vektor razvitiya atomnoi ehnergetiki [Floating nuclear power plant "Akademik Lomonosov" as a new vector for the development of nuclear energy]. Drukerovskii vestnik – Drucker's Bulletin, 2020, no. 3 (35), pp. 166–179. DOI 10.17213/2312-6469-2020-3-166-179 [in Russian].

Сведения об авторах

Курьиндин Антон Владимирович, руководитель отделения общих проблем ядерной и радиационной безопасности, федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

Киркин Андрей Михайлович, начальник отдела безопасности исследовательских и транспортных ядерных установок, федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

Ляшко Илья Алексеевич, старший научный сотрудник отдела безопасности исследовательских и транспортных ядерных установок, федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

Authors credentials

Kuryndin Anton Vladimirovich, Head of Nuclear and Radiation Safety Department, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8, building 5, Malaya Krasnoselskaya str., Moscow, 107140), e-mail: kuryndin@secnrs.ru.

Kirkin Andrey Mikchaylovich, Head of the Research and Transport Nuclear Installations Safety Division, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8, building 5, Malaya Krasnoselskaya str., Moscow, 107140), e-mail: kirkin@secnrs.ru.

Liashko Ilya Alekseevich, Senior Scientific Researcher, Research and Transport Nuclear Installations Safety Division, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8, building 5, Malaya Krasnoselskaya str., Moscow, 107140), e-mail: lyashko@secnrs.ru.

Для цитирования

Курындин А. В., Киркин А. М., Ляшко И. А. О необходимости развития проблемно-ориентированных программных средств для поддержки принятия регулирующих решений в области использования атомной энергии // Ядерная и радиационная безопасность. 2022. № 1 (103). С. 19–31. DOI: 10.26277/SECNRS.2022.103.1.002.

For citation

Kuryndin A. V., Kirkin A. M., Liashko I. A. On the need for development of problem-oriented software to support regulatory decision-making in the field of atomic energy use. Nuclear and Radiation Safety, 2022, no. 1 (103), pp. 19–31. DOI: 10.26277/SECNRS.2022.103.1.002 [in Russian].

