

УДК: 621.039.58

DOI: 10.26277/SECNRS.2023.108.2.001

© 2023. Все права защищены.

ОБЗОР ОСНОВНЫХ ИТОГОВ ПЯТНАДЦАТИЛЕТНЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МНОГОНАЦИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ОЦЕНКЕ ПРОЕКТОВ НОВЫХ АЭС

Хамаза А. А.* , канд. техн. наук (a.khamaza@secnrs.ru),
 Ферাপонтов А. В. ** , канд. техн. наук (A.Ferapontov@gosnadzor.gov.ru),
 Кацман А. М. **** (kacman-am@rosenergoatom.ru),
 Егоров С. В.*** (s.v.egorov@ase-ec.ru),
 Ломакин А. Г.*** (Lomakin_AG@aep.ru),
 Богдан С. Н.* , канд. техн. наук (bogdan@secnrs.ru),
 Шевченко С. А.* , канд. техн. наук (sshevchenko@secnrs.ru),
 Козлова Н. А.* , канд. техн. наук (kozlova@secnrs.ru),
 Мистрюгов Д. А.* , канд. полит. наук (mistryugov@secnrs.ru),
 Федотова Н. А.* , канд. техн. наук (fedotova@secnrs.ru),
 Рогатов Д. М.* (rogatov@secnrs.ru),
 Рубцов В. С.* , канд. техн. наук (vrubtsov@secnrs.ru),
 Кораблёва С. А.* , канд. техн. наук (korableva@secnrs.ru)

Статья поступила в редакцию 24 апреля 2023 г.

Аннотация

Развитие международного сотрудничества в области использования атомной энергии в мирных целях направлено среди прочего на гармонизацию подходов к регулированию и оценке безопасности новых реакторных технологий с учетом высоких стандартов безопасности, что достигается путем унификации требований к безопасности, обмена опытом и распространения наилучших практик по оценке ядерной и радиационной безопасности.

В рамках указанного международного сотрудничества особое место занимает Многонациональная программа по оценке проектов новых АЭС (Multinational Design Evaluation Programme – MDEP), в которой реализован прагматично ориентированный подход к оценке безопасности различных инновационных проектов АЭС с разработкой технических отчетов, а также «Общих позиций» участников MDEP, которыми являются представители органов регулирования ядерной и радиационной безопасности 16-ти стран, по актуальным вопросам оценки инновационных технических решений и регулирования безопасности.

Статья содержит обзор основных итогов 15-летней деятельности MDEP по оценке проектов новых реакторов EPR1600, AP1000, APR1400, ABWR, HPR1000 и ВВЭР-1000/ВВЭР-1200, оценку значимости результатов деятельности MDEP, а также сведения об организации дальнейшей деятельности MDEP.

► Ключевые слова: Многонациональная программа по оценке проектов новых АЭС, международное сотрудничество, обоснование безопасности, лицензирование, гармонизация, экспертиза, требования к безопасности.

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

** Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), Москва, Россия.

*** АО «Атомэнергопроект», АО АСЭ, Москва, Россия.

**** АО «Концерн Росэнергоатом», Москва, Россия.

OVERVIEW OF THE MAIN RESULTS OF THE FIFTEEN-YEAR ACTIVITY OF THE MULTINATIONAL DESIGN EVALUATION PROGRAM

Khamaza A. A.*; Ph. D.,
Ferafontov A. V.**; Ph. D.,
Katsman A. M.****,
Egorov S. V.***,
Lomakin A. G.***,
Bogdan S. N.*; Ph. D.,
Shevchenko S. A.*; Ph. D.,
Kozlova N. A.*; Ph. D.,
Mistryugov D. A.*; Ph. D.,
Fedotova N. A.*; Ph. D.,
Rogatov D. M.*,
Rubtsov V. S.*; Ph. D.,
Korableva S. A.*; Ph. D.

Article is received on April 24, 2023.

Abstract

The development of international cooperation in the field of the peaceful use of atomic energy is aimed, among other things, at harmonizing approaches to the regulation and safety assessment of new reactor technologies, taking into account high safety standards, which is achieved through the unification of safety requirements, the exchange of experience and the dissemination of best practices for the assessment of nuclear and radiation safety.

Within the framework of this international cooperation, a Multinational Design Evaluation Program (MDEP) has a unique place, which implements a pragmatic approach to assessing the safety of various innovative NPP designs with the development of technical reports, as well as “Common Positions” on topical issues of evaluation of innovative technical solutions and safety regulation of MDEP participants, which are representatives of the nuclear and radiation safety regulatory authorities of 16-teen countries.

The article contains an overview of the main results of MDEP's 15-year activity in evaluating the new reactor designs such as EPR1600, AP1000, APR1400, ABWR, HPR1000 and VVER-1000/VVER-1200, an assessment of the significance of the results of MDEP's activities, as well as information about the organization of further activities of MDEP.

► **Keywords:** *Multinational Design Evaluation Programme (MDEP), international cooperation, safety analysis, licensing, harmonization, safety review, regulations.*

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

** Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service (Rostekhnadzor), Moscow, Russia.

*** Atomenergoproekt JSC, ASE JSC, Moscow, Russia.

**** Rosenergoatom JSC, Moscow, Russia.

Введение

Общие сведения о MDEP, цели, задачи, структура, организация работы

Многонациональная программа оценки проектов новых АЭС (MDEP) была образована в 2006 г. органами государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии ряда стран, развивающих атомную энергетику. Основная цель MDEP – содействие реализации новых проектов АЭС, отвечающих международным стандартам безопасности, при этом задачей деятельности MDEP было усиление международного сотрудничества по следующим направлениям:

- взаимодействие и обмен информацией по вопросам оценки различных проектов АЭС с целью обеспечения приоритета безопасности при проведении регулируемыми органами оценок обоснования безопасности;
- обмен информацией о национальных и международных требованиях и практиках оценок безопасности с целью их гармонизации для повышения безопасной эксплуатации АЭС.

До 2022 г. общее руководство MDEP осуществляла Группа принятия решений, в которую входили руководители различных органов государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии, научно-техническое руководство осуществлял Руководящий технический комитет.

В рамках MDEP функционировали пять рабочих групп (РГ), занимавшихся проведением совместных оценок безопасности новых проектов АЭС с реакторами EPR-1600, AP1000, APR1400, ABWR, HPR-1000, ВВЭР-1000/ВВЭР-1200, а также три РГ по цифровым системам контроля и управления (СКУ), по проведению инспекций на заводах-изготовителях оборудования и по нормам/стандартам к оборудованию АЭС. Структура MDEP до 2022 г. приведена на рис. 1.

Деятельность РГ по оценке новых проектов АЭС обеспечила обмен опытом регулирования и информацией о подходах к оценкам безопасности с учетом особенностей соответствующих проектов, разработку технических отчетов, связанных с оценкой безопасности новых проектов АЭС, а также разработку документов «Общие позиции» участников MDEP по соответствующим вопросам, важным для безопасности, реализации новых проектов АЭС.

В связи с завершением планов деятельности большинства РГ MDEP в 2022 г. произошла реорганизация MDEP – в ее новой фазе продолжают

сотрудничают органы регулирования безопасности четырех стран (Россия, Китай, Венгрия и Турция) по оценке новых проектов АЭС. Это сотрудничество осуществляется в рамках деятельности двух РГ по оценке новых проектов АЭС: с реакторами HPR1000 и ВВЭР-1000/ВВЭР-1200.

Претерпели изменения и органы управления MDEP: с 2022 г. руководство MDEP осуществляет Управляющим советом, который возглавил заместитель руководителя Ростехнадзора А. В. Ферапонтов. Действующая структура MDEP представлена на рис. 2.

Роль MDEP в достижении целей инициатив по гармонизации и стандартизации в области использования атомной энергии

Попытки систематизировать обмен опытом в области оценки безопасности проектов АЭС и выработать общие подходы к оценке безопасности новых технологий предпринимаются и в рамках других многосторонних международных инициатив и проектов.

Так, в 2007 г. под эгидой Всемирной ядерной ассоциации была сформирована РГ “Cooperation in Reactor Design Evaluation and Licensing” (CORDEL), которая должна была содействовать не только созданию единой нормативной основы регулирования безопасности, но и способствовать сертификации на международном уровне различных проектов реакторов нового поколения [1]. В состав CORDEL входят отраслевые специалисты в области обоснования и оценки безопасности реакторов, эксперты по ядерному праву, представители разработчиков инновационных проектов реакторов, эксплуатирующих организаций, а также международные организации, участвующие или непосредственно заинтересованные в лицензировании новых реакторов.

Несмотря на поставленную глобальную цель по проведению международной сертификации различных проектов реакторов [2], выпускаемые в рамках деятельности CORDEL отчеты посвящены в основном анализу различий в требованиях по безопасности в разных странах [3], рекомендациям по оптимизации процедуры лицензирования малых модульных реакторов [4] и т. д. Также выпускались отчеты с анализами различных подходов к классификации систем контроля и управления (СКУ) [5], применению принципа разнообразия при проектировании глубокоэшелонированной защиты (ГЭЗ) [6], сравнению подходов к установлению международных требований к безопасности в атомной и авиационной отраслях [7]. Все эти работы

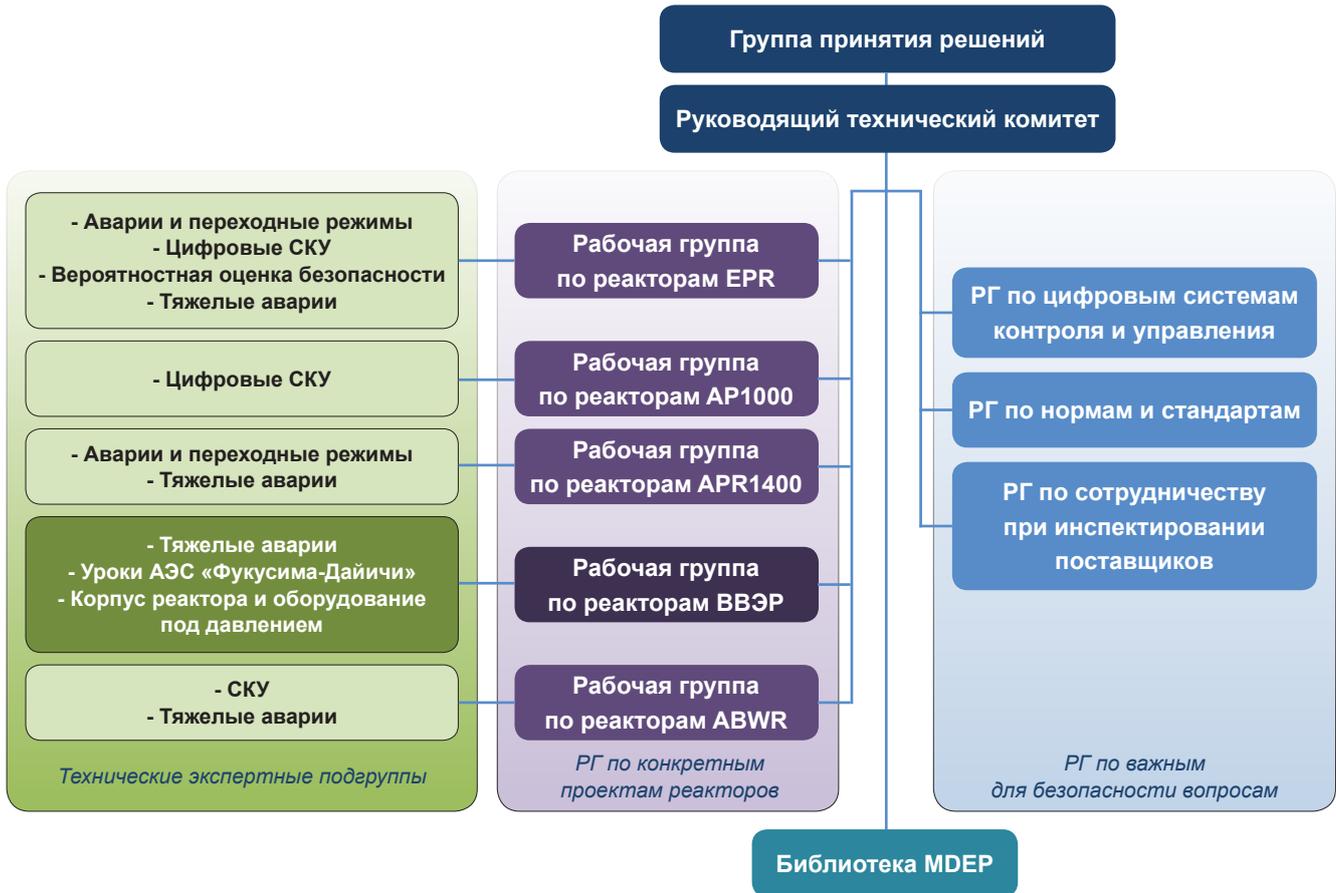


Рис. 1. Структура MDEP до 2022 г.
[Fig. 1. MDEP structure until 2022]



Рис. 2. Структура MDEP, начиная с 2022 г.
[Fig. 2. MDEP structure starting from 2022]

безусловно способствуют гармонизации национальных регулирующих основ, но не затрагивают вопросы лицензирования конкретных проектов.

В рамках деятельности Ассоциации западно-европейских органов регулирования безопасности при использовании атомной энергии в мирных целях (WENRA) разрабатываются так называемые референтные уровни безопасности, представляющие собой основополагающие принципы и требования по обеспечению безопасности различных объектов использования атомной энергии [8]. Страны, входящие в WENRA, проводят самооценку полноты применения референтных уровней безопасности в национальных нормативных документах, что безусловно также способствует гармонизации подходов к регулированию ядерной и радиационной безопасности, однако не направлено на решение вопросов, возникающих при оценке безопасности конкретных проектов ядерных установок в рамках лицензирования.

Наконец, необходимо отметить, что в 2022 г. Генеральный директор МАГАТЭ Рафаэль Гросси выступил с инициативой по гармонизации и стандартизации в области использования атомной энергии, целью которой является содействие ускорению внедрения и безопасному использованию технологий, предусмотренных в проектах малых модульных реакторов, а также других перспективных проектах реакторов (далее – инициатива Гросси) [9].

Одной из задач инициативы Гросси является развитие взаимодействия органов регулирования безопасности для оптимизации процедур экспертизы безопасности. В рамках инициативы разрабатываются отчеты МАГАТЭ, которые будут посвящены, в том числе, поиску направлений для совершенствования лицензирования объектов использования атомной энергии. Предполагается, что реализация инициативы будет способствовать снижению количества экспертиз, выполняемых для одних и тех же проектов реакторов в разных странах, а также уменьшению изменений, вносимых в проекты для соответствия национальным требованиям безопасности. Однако механизмы обмена информацией между странами-участницами инициативы до сих пор находятся лишь на стадии обсуждения.

На фоне перечисленных инициатив, направленных в основном на гармонизацию подходов к оценкам безопасности (как правило, без привязки к конкретным проектам реакторов), основным преимуществом MDEP является сосредоточенность практической деятельности участников программы на конкретных вопросах оценки

безопасности, возникающих у регуляторов различных стран в процессе лицензирования новых проектов реакторов.

Начатая как инициатива регуляторов стран, заинтересованных в оценке безопасности реакторов EPR, за более чем 15-летнюю историю своего существования Программа MDEP распространила свою деятельность на вопросы безопасности таких проектов реакторов, как AP1000 (США), APR1400 (Корея), ABWR (США, Япония), HPR1000 (Китай) и ВВЭР (Россия).

Поднимаемые в рамках деятельности РГ вопросы безопасности зарубежных проектов реакторов представляются актуальными и для оценок безопасности отечественных реакторов, так как отражают развитие нормативной правовой базы стран с передовой атомной энергетикой и подходы к решению вопросов безопасности со стороны органов регулирования таких стран. Наконец, необходимо отметить, что разрабатываемые всеми РГ документы проходили рассмотрение в Руководящем техническом комитете MDEP, в состав которого входили представители Ростехнадзора, поэтому документы всех РГ разработаны с учетом предложений и рекомендаций российской стороны.

Ниже приведен обзор основных текущих результатов Программы, в частности приведено описание «Общих позиций» и технических отчетов РГ по реакторам EPR, AP1000, APR1400, ABWR, HPR1000 и ВВЭР, а также не привязанных к конкретным проектам реакторов РГ по цифровым СКУ и по надзору за поставщиками. Кроме этого, обсуждаются планы дальнейшего развития деятельности программы, сформированные после завершившейся в 2022 г. реорганизации MDEP.

Обзор текущих результатов рабочих групп MDEP

Рабочая группа по реактору EPR

РГ по европейскому реактору EPR (РГ EPR) начала свою работу в 2006 г. Деятельность РГ EPR была сосредоточена на анализе безопасности проектов реактора EPR. В работе РГ EPR принимали участие следующие национальные органы регулирования безопасности: STUK (Финляндия), ASN (Франция), AERB (Индия), CNSC (Канада), NNSA (Китай), SSM (Швеция), ONR (Великобритания) и NRC (США).

Основная задача РГ EPR состояла в обмене информацией и опытом в области экспертизы безопасности и надзора за вводом в эксплуатацию

реакторов EPR с целью предоставления регулирующим органам возможности принимать своевременные решения о лицензировании. За годы деятельности этой РГ было разработано восемь «Общих позиций» [10–17] и семь технических отчетов [18–24].

«Общие позиции» РГ EPR содержат описание национальных требований и подходов к оценкам безопасности, а также результаты совместных оценок участников РГ EPR по следующим тематическим направлениям:

- обоснование программного-технического комплекса и прикладного программного обеспечения системы контроля и управления реактора EPR [10, 17];
- проектные решения по защитной оболочке реактора EPR, включая оценку обоснования системы отвода тепла из защитной оболочки при тяжелых авариях (ТА) [12–13];
- проектные решения по поддержанию водно-химического режима [14];
- оценка обоснования безопасности при аварии с «малой» течью теплоносителя, включая экспертные расчеты участников РГ EPR [15].

Кроме того, РГ EPR разработала «Общую позицию» по учету уроков аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи» в проекте EPR [11], а также по вопросу соответствия проекта реактора EPR положениям Венской декларации [16].

Технические отчеты РГ EPR содержат:

- описание подходов и критериев, применяемых регулирующими органами для экспертизы анализов безопасности при переходных процессах и авариях [18];
- анализ положительных практик по ограничению источников активности теплоносителя EPR [20];
- сравнение некоторых результатов вероятностного анализа безопасности (ВАБ) энергоблоков с EPR АЭС «Олкилуото» (Финляндия), «Фламанвиль» (Франция), «Тайшань» (Китай), а также проектов EPR для Великобритании и США [19, 21];
- рекомендации по использованию результатов испытаний оборудования и систем, проведенных во время ввода в эксплуатацию первого энергоблока с EPR (First-Plant-Only-Tests) [22];
- описание отличий проектов EPR во Франции («Фламанвиль-3»), Финляндии («Олкилуото-3»), Великобритании («Хинкли-пойнт») и Китае («Тайшань») в части обеспечения водородной безопасности, включая анализ проектов пассивных каталитических рекомбинаторов водорода и систем контроля водорода [23];

- анализ обоснования безопасности при аварии с двусторонним разрывом главного циркуляционного трубопровода [24].

Проекты EPR получили положительные заключения от регулирующих органов, энергоблоки с этими реакторами эксплуатируются в Китае и Финляндии, на стадии ввода в эксплуатацию находится энергоблок во Франции.

Рабочая группа по реактору AP1000

В РГ по американскому реактору AP1000 (РГ AP1000) входили представители регулирующих органов Канады (CNSC), Китая (NNSA), Индии (AERB), Великобритании (ONR) и США (NRC). РГ AP1000 разработала три «Общих позиции» [25–27] и шесть технических отчетов [28–33].

«Общие позиции» РГ AP1000 содержат описание национальных требований и подходов к оценкам безопасности, а также результаты совместных оценок участников РГ по следующим тематическим направлениям:

- использование пироклапанов в системах, важных для безопасности [25] (данная «Общая позиция» разработана на основе Технического отчета [29]);
- учет уроков аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи» в проекте AP1000 [26];
- обоснование системы аварийного охлаждения [27].

Технические отчеты РГ AP1000 содержат:

- описание подходов к регулирующей оценке процессов проектирования, изготовления и испытаний главного циркуляционного насоса, используемого на АЭС с AP1000 [28];
- результаты обмена информацией по вопросам, связанным с проектированием, сооружением и вводом в эксплуатацию АЭС с AP1000 [30] (доступ к отчету имеют только страны – участницы РГ AP1000);
- описание отличий проектов AP1000, принятых в Китае, Индии и США, в части обеспечения водородной безопасности, включая анализ проектов пассивных каталитических рекомбинаторов водорода и систем контроля водорода [31];
- рекомендации по использованию результатов испытаний оборудования и систем, проведенных во время ввода в эксплуатацию первого энергоблока с AP1000 (First-Plant-Only-Tests) [32];
- уроки, извлеченные из пусконаладочных испытаний, выполненных на энергоблоке № 1

АЭС «Санмен» и энергоблоке № 1 АЭС «Хайянг» в Китае [33].

В период с 2009 по 2021 гг. NRC, ONR и NNSA завершили свои оценки безопасности проекта реактора AP1000 и пришли к выводу, что проект AP1000 соответствует национальным нормативным требованиям к безопасности использования атомной энергии. В 2018 г. были введены в эксплуатацию первые энергоблоки с реакторами AP1000 на АЭС «Санмен» и «Хайянг».

Рабочая группа по реактору APR1400

РГ по корейскому реактору APR1400 (РГ APR1400) была создана в августе 2012 г. с участием органов регулирования четырех стран: Кореи (KINS), Объединенных Арабских Эмиратов (FANR), Финляндии (STUK) и США (NRC). Впоследствии Финляндия решила выйти из состава РГ APR1400 после принятия решения о приостановке проекта «Олкилуото-4» в 2015 г. РГ возглавляли представители FANR. С 2012 по 2021 гг. РГ APR1400 выпустила четыре «Общие позиции» [34–37] и пять технических отчетов [38–42].

«Общие позиции» РГ APR1400 содержат описание национальных требований и подходов к оценкам безопасности, а также результаты совместных оценок участников РГ по следующим тематическим направлениям:

- оценка проектных решений, принятых в системе аварийного охлаждения активной зоны, включая оценку теплогидравлических расчетов длительного охлаждения активной зоны реактора, испытаний фильтра прямка, байпаса, а также принятых в проекте критериев безопасности [35];

- переход на современные термомеханические программы для электронных вычислительных машин (ЭВМ), обеспечивающие учет ухудшения теплопроводности при выгорании топлива [36];

- обоснование прочности дистанционирующей решетки тепловыделяющей сборки с учетом воздействия нейтронного облучения, включая анализ результатов проведенных испытаний дистанционирующей решетки [37];

- учет уроков аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи» в проекте APR1400 [34].

Технические отчеты РГ APR1400 содержат:

- различия в проектах реакторов APR1400, представленных для получения лицензий в странах – участницах РГ APR1400 [38];

- анализ принятых в различных национальных проектах реактора APR1400 мер, предусмотренных

для предотвращения и (или) снижения последствий ТА [39];

- сопоставительный анализ результатов экспертиз безопасности при тяжелой аварии, сопровождающейся взаимодействием расплава активной зоны с бетоном защитной оболочки APR1400, выполненных специалистами KINS, FANR и NRC [40];

- описание национальных нормативных требований к обоснованию применения в проекте APR1400 рекомбинаторов водорода [41];

- описание национальных нормативных требований к выполнению и представлению результатов ВАБ АЭС, включая описание особенностей национальных процедур экспертизы результатов ВАБ [42].

Результаты деятельности РГ APR1400 использовались специалистами KINS, FANR и NRC при проведении национальных экспертиз безопасности реакторов APR1400. Указанные оценки завершились выдачей лицензии на строительство и эксплуатацию энергоблоков № 3 и 4 АЭС «Шин-Кори» и энергоблока № 1 АЭС «Шин-Ханул» в Корее и энергоблоков № 1–3 АЭС «Барака» в ОАЭ. NRC сертифицировало проект APR1400 в соответствии с правилами, установленными в Приложении F документа 10 CFR 52 (Design Certification Rule for the APR1400 Design), однако строительство энергоблоков с реактором APR1400 в США до сих пор не началось.

Рабочая группа по реакторам ABWR

РГ по реакторам ABWR (РГ ABWR) была сформирована в январе 2014 г. регулирующими органами Финляндии (STUK), Японии (NRA), Швеции (SRSA), Великобритании (ONR) и США (NRC). Финляндия позже вышла из РГ после принятия решения об отмене проекта «Олкилуото-4» в 2015 г.

Под эгидой РГ ABWR опубликованы одна «Общая позиция», посвященная учету уроков аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи» в проекте ABWR [43], и три технических отчета, содержащих:

- описание различий в технических решениях проектов реактора ABWR, реализуемых в странах – участницах РГ ABWR [44–45];

- анализ национальных нормативных требований в части обоснования безопасности при тяжелых авариях и учет этих требований в национальных проектах реактора ABWR [46].

Доступ к отчетам [44–46] имеют только страны – участницы РГ ABWR.

Несмотря на то, что РГ ABWR с мая 2018 г. не входит в состав MDEP, начатая группой работа продолжается в рамках деятельности Комитета по регулированию безопасности АЯЭ ОЭСР.

Рабочая группа по реакторам HPR1000

РГ по китайскому реактору HPR1000 (РГ HPR1000) начала работу в сентябре 2017 г. В деятельности РГ HPR1000 принимают участие национальные регулирующие органы следующих стран: Аргентина (ARN), Китай (NNSA), Южная Африка (NNR), Великобритания (ONR). Ключевая задача группы – обмен опытом проведения национальных экспертиз безопасности реактора HPR1000. Кроме этого, РГ обсуждает вопросы, связанные с проверками поставщиков оборудования, надзором за сооружением, вводом в эксплуатацию и эксплуатацией энергоблоков на ранних стадиях. Участники РГ HPR1000 регулярно взаимодействуют с эксплуатирующими организациями, занимающимися лицензированием и строительством HPR1000.

За пять лет работы РГ HPR1000 выпустила «Общую позицию» по учету уроков аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи» в проекте HPR1000 [47] и два технических отчета, содержащих:

- анализ проектных решений, принятых в различных проектах HPR1000 для обеспечения водородной взрывобезопасности при ТА [48];
- описание требований и рекомендаций по проведению и представлению результатов анализов безопасности при ТА [49].

РГ HPR1000, как самая молодая группа MDEP, находится лишь в начале своего пути к обеспечению лицензирования реактора HPR1000 за пределами Китая – в странах, заинтересованных в его сооружении. В этой связи деятельность РГ HPR1000 продолжается и после проведенной в 2022 г. реорганизации MDEP.

Рабочая группа по цифровым системам контроля и управления

РГ по цифровым системам контроля и управления (РГ ЦСКУ) функционировала в рамках MDEP с 2008 по 2018 гг. в целях содействия обмену опытом оценки безопасности современных систем управления, реализуемых в инновационных проектах реакторов. В состав РГ входили представители органов регулирования всех стран, входящих в MDEP. Задача РГ ЦСКУ заключалась в анализе существующих международных стандартов, национальных

нормативных требований, передовой практики проектирования и обоснования систем управления реактора. Разработано 13 «Общих позиций» РГ ЦСКУ [50–62], которые охватывают наиболее значимые технические аспекты безопасности цифровых систем управления, среди которых отказы по общей причине ЦСКУ, верификация/валидация программного обеспечения, применяемого в ЦСКУ, организация обмена данными, вопросы обеспечения кибербезопасности и многие другие.

Одним из ключевых достижений РГ ЦСКУ является «Общая позиция» по идентификации и классификации с точки зрения влияния на безопасность внутренних и внешних исходных событий, которые могут привести к отказам ЦСКУ [59].

Рабочая группа по надзору за поставщиками

Основная цель РГ по надзору за поставщиками (РГ НП) – это обмен опытом регулирующих органов по инспекциям, проводимым в отношении поставщиков оборудования для АЭС. В состав РГ НП входили представители органов регулирования всех стран, входящих в MDEP. Всего было выпущено четыре «Общих позиций» [63–66] и семь технических отчетов [67–73] (доступ к отчетам [71, 72] имеют только страны – участницы РГ НП). Документы РГ НП содержат описание процедур и практики проверок участников РГ НП в отношении контроля качества оборудования для АЭС [63, 65]. Участниками группы также проводились совместные проверки поставщиков, в рамках которых один регулирующий орган проводил инспекцию в соответствии со своей собственной нормативной базой при активном участии других национальных регулирующих органов в качестве наблюдателей. Например, выпущены отчеты о совместных проверках поставщиков во Франции [70–71] и Испании [72]. По мере развития РГ НП сотрудничество ее участников расширилось до выработки общих протоколов проверки поставщиков [64] и рекомендаций по минимизации рисков поставок контрафактной продукции на АЭС [66]. Последний отчет РГ НП [81] содержит описание наилучших практик стран – участниц РГ НП в области обеспечения культуры безопасности в «цепочке поставщиков».

Рабочая группа по реакторам ВВЭР

Решение о создании в рамках MDEP РГ по реакторам ВВЭР было принято на совещании

представителей Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), Госкорпорации «Росатом», ФБУ «НТЦ ЯРБ», АО «Концерн Росэнергоатом», АО «Атомэнергопроект», АО «Русатом Оверсиз», АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», НИЦ «Курчатовский институт», ООО «ИЦП МАЭ». Совещание состоялось в Ростехнадзоре 21–22 декабря 2013 г. Первоначально в состав РГ ВВЭР вошли представители органов регулирования безопасности России, Индии, Турции, Финляндии, Китая и Венгрии.

Первые пять лет с момента создания РГ ВВЭР руководство ее деятельностью было возложено на ФБУ «НТЦ ЯРБ», затем в 2018 г. руководство РГ ВВЭР перешло к представителям STUK (Финляндия), а с 2022 г. группу возглавили представители NDK (Турция).

В период с 2013 по 2022 гг. в рамках РГ ВВЭР функционировали экспертные подгруппы по следующим тематическим направлениям:

- корпус реактора и оборудование под давлением (подгруппу возглавляет НАЕА, Венгрия);
- безопасность энергоблока АЭС с учетом уроков аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи» (подгруппу возглавляет NDK, Турция);
- тяжелые аварии (подгруппу возглавляет ФБУ «НТЦ ЯРБ»);
- аварийные ситуации и переходные режимы (с 2017 г. подгруппу возглавлял STUK, Финляндия, начиная с 2022 г. – ФБУ «НТЦ ЯРБ»).

Начало работы РГ ВВЭР, равно как и в других РГ МДЕР, было посвящено анализу используемых при оценке безопасности АЭС нормативно-правовых баз стран – участниц РГ ВВЭР. В частности, были выпущены отчеты по анализу регулирующих подходов к оценке обоснований прочности корпусов реакторов и оборудования первого контура, анализов безопасности переходных процессов и аварий, анализов безопасности при ТА (см. таблицу).

Затем, по мере накопления опыта проведения экспертиз безопасности в странах – участницах РГ ВВЭР, разрабатывались документы, содержащие результаты совместной оценки по таким тематическим вопросам, как:

- учет в проекте АЭС с ВВЭР уроков аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи»;
- использование пассивных каталитических рекомбинаторов водорода;
- долгосрочный отвод тепла от защитной оболочки в условиях ТА.

Кроме того, участниками РГ ВВЭР разработана и поддерживается в актуальном состоянии

«Сравнительная таблица характеристик новых проектов АЭС с ВВЭР», которая отражает основные характеристики, состав применяемого оборудования и систем на энергоблоках АЭС с ВВЭР, эксплуатируемых или строящихся в странах – участницах РГ ВВЭР.

ФБУ «НТЦ ЯРБ», помимо непосредственного участия в подготовке документов РГ ВВЭР, отвечает и за организацию взаимодействия с российскими проектными, конструкторскими и эксплуатирующими организациями по вопросу предоставления необходимой информации и данных о важных для безопасности технологических решениях, принимаемых в проектах АЭС ВВЭР в странах – членах РГ ВВЭР.

В частности, в 2016 г. был проведен семинар по обсуждению опыта надзорной деятельности при сооружении и вводе в эксплуатацию АЭС в России с участием представителей Донского МТУ Ростехнадзора, АО «Концерн Росэнергоатом», АО «Атомэнергопроект», АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС». На семинаре также обсуждались вопросы по учету опыта ввода в эксплуатацию, совершенствованию требований к испытаниям при вводе в эксплуатацию и по подходам к управлению изменениями в проекте АЭС.

В 2018 и 2021 гг. был проведен ряд семинаров с представителями промышленности, посвященных опыту проведения испытаний оборудования, предназначенного для АЭС с ВВЭР-1200, в том числе валидации/сертификации впервые применяемого оборудования, подходам к оценке «цепочки поставщиков» такого оборудования.

Результаты семинаров учитывались членами РГ ВВЭР при разработке документов. Перечень и обзор содержания разработанных в РГ ВВЭР «Общих позиций» и технических отчетов приведены в таблице.

Актуальность результатов деятельности РГ ВВЭР в составе МДЕР для научно-технической поддержки регулирования безопасности

Разрабатываемые в рамках РГ ВВЭР отчеты и «Общие позиции» непосредственно использовались и продолжают использоваться в проектных организациях Госкорпорации «Росатом» при обосновании безопасности АЭС с ВВЭР, планируемых к сооружению за рубежом, а также в ФБУ «НТЦ ЯРБ» в рамках научно-технической поддержки Ростехнадзора.

Таблица

**Результаты работы рабочей группы по реакторам ВВЭР
VVER WG results**

№	Название	Содержание
«Общие позиции», выпущенные в рамках деятельности рабочей группы по реакторам ВВЭР		
1	CP-VVERWG-01: Addressing Fukushima-related issues, May 2017 [74]	<p>«Общая позиция» содержит описание общего подхода к проведению оценки безопасности проектов АЭС с ВВЭР, учитывающего уроки аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи». Рассмотрены следующие тематические вопросы, связанные с реализацией в проекте концепции ГЭЗ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ учет внешних воздействий в проекте АЭС (в том числе учет сочетаний нескольких внешних воздействий, учет влияния воздействий на несколько энергоблоков АЭС, расположенных на одной площадке); ▪ надежность выполнения функций безопасности (в первую очередь обеспечение защиты элементов систем безопасности от отказа по общей причине, обеспечение независимости уровней ГЭЗ); ▪ проектные решения по управлению отдельными запроектными авариями (ЗПА) (полная потеря всех источников переменного тока, потеря конечного поглотителя тепла); ▪ готовность к чрезвычайным ситуациям и реагирование (противоаварийная готовность к защите населения и персонала и управлению АЭС в случае аварий, подобных аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи»). <p>По каждому из указанных выше тематических вопросов перечислены основные аспекты, на которые следует обратить внимание при оценке безопасности проекта энергоблока АЭС с целью недопущения аварии, аналогичной случившейся на АЭС «Фукусима-Дайичи», а также с целью обеспечения реализации противоаварийных мероприятий при авариях, вызванных внешними воздействиями.</p> <p>Приведены примеры технических и организационных решений, применяемых в проектах АЭС с ВВЭР, с целью учета уроков аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи» и выполнения современных нормативных требований, включая требования МАГАТЭ</p>
2	CP-VVERWG-02: Addressing ex-vessel corium stabilization in core catcher, June 2021 [75]	<p>«Общая позиция» сформулирована на основе предварительно разработанного Технического отчета [80], посвященного техническим особенностям конструкции «ловушки топлива» или устройства локализации расплава (УЛР) согласно принятому проектному обозначению и условиям его работы. Необходимостью разработки «Общей позиции» явилось то обстоятельство, что УЛР как специальное техническое средство, предназначенное для защиты целостности последнего физического барьера безопасности, является инновационным элементом проекта ВВЭР, и для него в национальных нормативных документах не детализированы критерии и требования к условиям работы, которые должны соблюдаться для обеспечения его целостности и эффективного охлаждения расплава при ТА.</p> <p>Приведена согласованная позиция представителей стран-участниц в отношении того, какие характеристики и условия работы УЛР должны быть представлены и обоснованы в отчете по обоснованию безопасности и впоследствии оценены в рамках экспертизы безопасности</p>
3	CP-VVERWG-03: Reactor pressure vessel and primary components reliability for AES-2006 designs, October 2021 [76]	<p>«Общая позиция» разработана участвующими регулирующими органами для обеспечения согласованности в подходах к оценке целостности корпуса реактора, оборудования и трубопроводов первого контура проекта АЭС с ВВЭР-1200.</p> <p>«Общая позиция» составлена на основе предварительно разработанного отчета [78] и содержит следующие разделы:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ применение концепции «течь перед разрушением» к трубопроводам первого контура; ▪ изготовление оборудования и трубопроводов первого контура; ▪ учет содержания никеля и марганца в материале корпуса реактора при выполнении оценок радиационного охрупчивания;

№	Название	Содержание
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ проведение предэксплуатационного и эксплуатационного контроля оборудования и трубопроводов первого контура, включая гидротестирования; ▪ учет нагрузок и их сочетаний при проектировании оборудования и трубопроводов первого контура; ▪ требования к наплавке на оборудовании и трубопроводах первого контура; ▪ защита от превышения давления в первом контуре
Технические отчеты, выпущенные в рамках деятельности рабочей группы по реакторам ВВЭР		
4	TR-VVERWG-01: Regulatory approaches and criteria used in severe accident analyses and severe accident management, November 2017 [77]	<p>Отчет содержит результаты сравнительного анализа требований национальных регулирующих органов, которым должны удовлетворять проекты инновационных АЭС с ВВЭР, в отношении условий ТА и ЗПА, включающие в себя:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ требования к проектированию оборудования и специальных технических средств, предназначенных для управления ТА; ▪ требования к условиям ТА, ЗПА, которые должны учитываться при проектировании; ▪ наличие установленных критериев безопасности (подкритичность, взрывобезопасность, радиационные последствия), выполнение которых должно подтверждаться в рамках обоснования безопасности; ▪ требования к управлению ЗПА, включая ТА. <p>По результатам сравнительного анализа сделан вывод о том, что общие требования в отношении учета в проекте ТА, обеспечения целостности защитной оболочки, подкритичности поврежденного ядерного топлива являются практически одинаковыми, однако численные значения национальных критериев отличаются</p>
5	TR-VVERWG-02: Regulatory approaches and oversight practices related to reactor pressure vessel and primary components, May 2017 [78]	<p>Отчет содержит обзор нормативных требований и практик регулирующих органов в части обеспечения целостности корпуса реактора и компонентов первого контура (трубопроводы первого контура, насосы, компенсаторы давления, парогенераторы и т. д.) реакторных установок с ВВЭР. В разработке отчета принимали участие регулирующие органы России, Венгрии, Турции, Финляндии, Китая и Индии.</p> <p>В Отчете рассмотрены следующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) применение концепции «течь перед разрушением» к трубопроводам первого контура; 2) изготовление оборудования и трубопроводов первого контура; 3) учет содержания никеля и марганца в материале корпуса реактора при выполнении оценок радиационного охрупчивания; 4) проведение предэксплуатационного и эксплуатационного контроля оборудования и трубопроводов первого контура, включая гидротестирования; 5) учет нагрузок и их сочетаний при проектировании оборудования и трубопроводов первого контура; 6) требования к наплавке на оборудовании и трубопроводах первого контура; 7) защита от превышения давления в первом контуре. <p>В Отчете приведен также сравнительный анализ, который содержит описание общих подходов и отличий в нормативных требованиях стран-участниц по рассмотренным вопросам</p>
6	TR-VVERWG-03: Regulatory approaches related to accidents and transients analyses, March 2019 [79]	<p>Отчет содержит обзор нормативных требований и существующей практики в области анализа аварий и переходных процессов в России, Венгрии, Турции, Китае и Финляндии. В частности, обсуждаются следующие вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ программы для ЭВМ, используемые для моделирования аварий и переходных процессов; ▪ демонстрации безопасности пассивных систем; ▪ организации и проведения экспертизы безопасности
7	TR-VVERWG-04: Core Catcher, June 2021 [80]	<p>Необходимость разработки данного Технического отчета вызвана тем, что представители стран-участниц не были детально знакомы с техническими особенностями и характеристиками проекта УЛР.</p> <p>Отчет содержит описание конструкции УЛР и условий его работы. Технический отчет явился основой для последующей разработки «Общей позиции» CP-VVERWG-02 [75]</p>

№	Название	Содержание
8	TR-VVERWG-05: Hydrogen Recombiners, June 2021 [81]	<p>Разработка Технического отчета была инициирована на объединенном совещании представителей подгрупп по ТА, функционирующих в рамках РГ проектов EPR, AP1000, ABWR (в проектах данных реакторов также предусмотрено применение пассивных каталитических рекомбинаторов водорода (ПКРВ).</p> <p>На основе разработанного вопросника существующих национальных требований (рекомендаций) в отношении ПКРВ был разработан Технический отчет, содержащий сравнительный анализ требований стран-участниц:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ определение необходимого количества ПКРВ; ▪ определение мест размещения ПКРВ; ▪ периодичность тестирования ПКРВ; ▪ защита ПКРВ от повреждения и т. д. <p>Данный отчет может служить основой для разработки или уточнения требований к локализирующим системам безопасности, где сформулированы достаточно общие требования к обеспечению водородной взрывобезопасности</p>

Положения «Общей позиции» [75] использовались при проведении экспертизы обоснования безопасности и отражались в замечаниях экспертизы, проведенной ФБУ «НТЦ ЯРБ» в рамках процедуры лицензирования пилотных проектов ВВЭР-1200 (энергоблоки № 1 и 2 ЛАЭС-2, энергоблоки № 1 и 2 Нововоронежской АЭС-2). По указанным замечаниям формулировались условия действия лицензии, и эксплуатирующей организацией выполнялись дополнительные обоснования характеристик и условий работы УЛР.

В «Общей позиции» по учету уроков аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи» [74] приведены перечни основных вопросов, на которые необходимо обратить внимание при оценке безопасности:

- мероприятия, направленные на обеспечение надежной ГЭЗ, включая обеспечение защиты АЭС от внешних воздействий;
- специальные технические средства, предназначенные для управления ЗПА;
- планы мероприятий по защите персонала и населения в случае аварий и управление аварией.

Указанные перечни используются при экспертизе безопасности сооружаемых и действующих энергоблоков, в частности при оценке обоснования защищенности от внешних воздействий мобильного оборудования, применяемого на российских АЭС в качестве средств по управлению ЗПА. Следует также отметить, что разработка «Общей позиции» по учету уроков аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи» [74] велась одновременно с разработкой действующей редакции НП-006-16 «Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности блока атомной станции с реактором типа ВВЭР» [82]. Принятые нормативные подходы по оценке безопасности проектов АЭС, изложенные в «Общей позиции», учтены при разработке требований к описанию

в отчете по обоснованию безопасности (ООБ) мероприятий, направленных на обеспечение реализации концепции ГЭЗ, в частности требований к описанию специальных технических средств для управления ЗПА. Вопросы, рассмотренные в «Общей позиции» [74], сохраняют актуальность и сегодня в связи с проведением эксплуатирующей организацией работ по обоснованию соблюдения в проекте требований НП-001-15 [83], касающихся обеспечения независимости уровней ГЭЗ, предотвращения повреждения одних физических барьеров вследствие повреждения других, а также по учету в проекте АЭС порогового эффекта.

Результаты сопоставления регулирующих требований в части обеспечения целостности корпуса реактора и работающего под давлением оборудования [76] использовались при разработке ряда федеральных норм и правил в области использования атомной энергии [84–86], а также при подготовке предложений в разрабатываемые (перерабатываемые) в настоящее время нормативные документы [87–88].

Отчеты с описанием регулирующих подходов к анализам безопасности при переходных процессах и авариях [77, 79] использовались при актуализации Порядка проведения экспертизы программ для ЭВМ в части актуализации требований к программам для ЭВМ [89], а также при разработке РБ-166-20 [90].

Перечисленные «Общие позиции» и технические отчеты РГ ВВЭР, наряду с документами и других РГ МДЕР, целесообразно принимать во внимание при реализации Стратегического плана реализации Концепции совершенствования нормативно-правового регулирования безопасности и стандартизации в области использования атомной энергии на 2021–2031 гг. [91] и Стратегического плана актуализации системы руководств по безопасности при использовании атомной энергии на 2020–2025 гг. [92].

«Общие позиции» РГ по цифровым системам контроля и управления [50–62] целесообразно учесть при разработке Требований к применению программно-аппаратных средств в управляющих системах, важных для безопасности атомных станций и Требований к программному обеспечению, используемому в управляющих системах, важных для безопасности атомных станций.

Отчеты РГ по надзору за поставщиками актуальны для совершенствования нормативно-правовой базы оценки соответствия продукции, для которой устанавливаются требования, связанные с обеспечением безопасности в области использования атомной энергии.

Одним из выводов, который можно сделать по итогам анализа зарубежной практики регулирования безопасности в странах – участницах РГ ВВЭР, является необходимость разработки российских рекомендаций по проведению детерминистического анализа безопасности АЭС. Такие рекомендации имеются у всех участников РГ ВВЭР, за исключением России, поэтому полученный в рамках деятельности РГ опыт и информация могут быть использованы при подготовке российских рекомендаций по детерминистическому анализу безопасности, в частности рекомендаций по:

- выбору необходимых данных для анализа безопасности различных режимов эксплуатации АЭС;
- описанию и категоризации режимов, принимаемых для анализов безопасности в ООБ;
- выбору и обоснованию критериев приемки для анализа различных режимов в рамках обоснования безопасности (с учетом специфики различных типов режимов);
- выполнению расчетов и представлению в ООБ их результатов;
- выполнению анализов безопасности на основе консервативного и реалистического подходов, включая рекомендации по использованию граничных условий (работы систем нормальной эксплуатации и систем безопасности), параметров исходного состояния реактора и энергоблока, моделирования элементов оборудования, параметры которого используются для проверки выполнения приемочных критериев и т. д.

Перспективные направления развития деятельности рабочей группы по реакторам ВВЭР и MDEP

К числу перспективных направлений деятельности РГ ВВЭР, работа по которым проводится

в настоящее время либо планируется в ближайшие годы, относятся:

- обмен опытом проведения экспертизы обоснования безопасности АЭС с ВВЭР-1200. Такая работа началась в рамках подгруппы по анализу переходных процессов и аварий. В рамках работы представители НАЕА, NDK и NNSA обсуждают вопросы, возникающие в процессе экспертизы обоснования безопасности АЭС с ВВЭР с учетом позиции российской стороны. Результаты данной работы планируется оформить в виде Технического отчета, который представляется актуальным при проведении экспертизы безопасности отечественных АЭС с ВВЭР;
- завершение разработки Технического отчета, посвященного подходам к оценке программ образцов-свидетелей при обосновании прочности реактора, обоснований впервые применяемых элементов оборудования, квалификации персонала по неразрушающему контролю и сварщиков;
- обмен опытом сооружения, пуско-наладки, ввода в эксплуатацию и первых лет эксплуатации. В рамках данного направления проводится обмен информацией об инцидентах, происходящих на площадках АЭС с ВВЭР стран-участниц;
- совершенствование подходов к квалификации участников «цепочки поставщиков» в атомной отрасли;
- разработка «Общей позиции» по оценке обоснования длительного отвода тепла от защитной оболочки;
- завершение разработки «Общей позиции» по Венской декларации о ядерной безопасности – такая работа ведется в рамках подгруппы по безопасности энергоблока АЭС с учетом уроков аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи». В рамках работы планируется сформулировать «Общую позицию» по нормативным подходам к учету в проекте АЭС принципа 1 Венской декларации (в части недопущения аварий, приводящих к ранним и (или) большим радиоактивным выбросам), а также привести сведения о мерах, предусмотренных на энергоблоках АЭС, с целью предотвращения выбросов при ТА.

Для более эффективного использования результатов MDEP проектным и конструкторским организациям российской атомной отрасли целесообразно завершить перевод «Общих позиций» и технических отчетов РГ ВВЭР для последующего их опубликования.

Для российской атомной промышленности представляется актуальным дальнейшее углубление взаимодействия с РГ ВВЭР, включая создание

механизма формирования вопросов от представителей российских проектных, конструкторских и эксплуатирующих организаций к представителям регулирующих органов стран, сооружающих АЭС по российским проектам. Внедрение такого механизма в деятельности МДЕР поможет, с одной стороны, эффективнее планировать работу экспертных подгрупп, с другой – обеспечит возможность обсуждения особенностей национальных подходов к регулированию безопасности еще на этапе подготовки обоснований безопасности энергоблоков АЭС с ВВЭР, планируемых к сооружению за рубежом.

Возглавляемая Ростехнадзором МДЕР, безусловно, и дальше будет способствовать гармонизации подходов и обмену опытом по экспертизе безопасности проектов новых реакторов, объединению усилий национальных регуляторов при лицензировании, надзоре за строительством, вводом в эксплуатацию инновационных проектов АЭС. При этом повышению эффективности деятельности МДЕР, направленной на поддержку более широкого внедрения передовых российских реакторных технологий за рубеж, может способствовать расширение перечня РГ МДЕР за счет включения в Программу инновационных проектов реакторов АЭС малой мощности и других инновационных российских проектов, обладающих значительным экспортным потенциалом.

Кроме того, деятельность МДЕР целесообразно согласовывать с инициативой генерального директора МАГАТЭ Рафаэля Гросси [9] и других международных программ. Это позволит дополнить направленную на гармонизацию и стандартизацию регулирования безопасности инициативу Гросси [9] отработанным за 15 лет механизмом международного сотрудничества органов регулирования безопасности при проведении лицензирования инновационных проектов.

Заключение

Представленный в настоящей статье обзор основных результатов, полученных в рамках Многонациональной программы по оценке проектов новых АЭС, показывает, что деятельность РГ МДЕР по оценке безопасности новых проектов АЭС была эффективной.

Результаты деятельности РГ МДЕР отражены в целом ряде отчетов, содержащих детальные сведения о нормативных требованиях, принятых в качестве основы при оценках по техническим аспектам безопасности, а также в «Общих позициях» участников МДЕР, содержащих консолидированные подходы органов регулирования к оценке безопасности новых проектов АЭС.

Полученные в рамках МДЕР результаты учитываются при актуализации действующих и разработке новых российских федеральных норм и правил в области использования атомной энергии и руководств по безопасности при использовании атомной энергии, а также при экспертизе безопасности новых проектов АЭС, реализуемых в России и за рубежом.

В связи с завершением планов деятельности большинства РГ МДЕР в 2022 г. произошла реорганизация МДЕР – в ее новой фазе органы регулирования безопасности четырех стран (Россия, Китай, Венгрия и Турция) продолжают сотрудничество по оценке новых проектов АЭС с реакторами ВВЭР-1000/ВВЭР-1200 и HPR-1000. При этом участники МДЕР сохранили подход, при котором вопросы, возникающие при оценке безопасности, обсуждаются с привлечением специалистов проектных, конструкторских и эксплуатирующих организаций, что способствует эффективному решению вопросов безопасности.

Литература

1. International Standardization of Nuclear Reactor Designs. World Nuclear Association. January 2010. URL: https://world-nuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working_Group_Reports/International%20Standardization%20of%20Nuclear%20Reactor%20Designs.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
2. CORDEL Strategic Plan 2019–2023. World Nuclear Association. Report No. 2019/002. March 2019. URL: <https://www.world-nuclear.org/getattachment/c3d5b873-95aa-4c88-aa71-80a274b0453b/CORDEL-Strategic-Plan-2019.pdf.aspx> (дата обращения: 17.05.2023).
3. Different Interpretations of Regulatory Requirements. World Nuclear Association. Report No. 2021/004. December 2021. URL: <https://www.world-nuclear.org/getattachment/0fcd8e09-2628-4263-ba36-3726c74df8f3/DiRR-Report-designed.pdf.aspx> (дата обращения: 17.05.2023).
4. Facilitating International Licensing of Small Modular Reactors. World Nuclear Association. Report No. 2015/004. August 2015. URL: https://world-nuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working_Group_Reports/REPORT_Facilitating_Intl_Licensing_of_SMRs.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

5. Safety Classification for I&C Systems in Nuclear Power Plants: Comparison of Definitions of Key Concepts. World Nuclear Association. Report No. 2019/008. October 2019. URL: <https://world-nuclear.org/getmedia/1b9be90a-3fff-4aa6-b419-678c477e1d55/safety-classification-for-i-c-cdkc-2019-008-30-Sept.pdf.aspx> (дата обращения: 17.05.2023).

6. Defense-in-Depth and Diversity: Challenges Related to I&C Architecture. World Nuclear Association. Report No. 2018/003. April 2018. URL: <https://world-nuclear.org/getattachment/Our-Association/Publications/Online-Reports/CORDEL-Defence-in-Depth-and-Diversity/CORDEL-Defence-in-Depth-Report-10-April.pdf.aspx> (дата обращения: 17.05.2023).

7. Aviation Licensing and Lifetime Management – What Can Nuclear Learn? Produced by: World Nuclear Association. Series: WNA Report No. 2013/001. January 2013. URL: https://www.world-nuclear.org/uploaded-files/org/wna/publications/working_group_reports/cordelaviationreport.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

8. WENRA Safety Reference Levels for Existing Research Reactors, November 2020. URL: https://www.wenra.eu/sites/default/files/publications/wenra_safety_reference_levels_for_research_reactors_final_november_2020.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

9. IAEA Initiative Sets Ambitious Goals to Support the Safe and Secure Deployment of SMRs. 2022. URL: <https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-initiative-sets-ambitious-goals-to-support-the-safe-and-secure-deployment-of-smrs> (дата обращения: 17.05.2023).

10. CP-EPRWG-01: Design specific common position on DI&C design of the EPR. OECD. December 2010. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/PUBLIC%20USE%20DCP-EPR-01-%20EPR%20Instrumentation%20and%20Controls%20Design.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).

11. CP-EPRWG-02: Design specific common position addressing Fukushima Daiichi-related issues regarding the EPR design. OECD. October 2015. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/CP-EPRWG-02-addressing-fukushima-related-issues-v6-September2015.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).

12. CP-EPRWG-03: Design specific common position on the EPR Containment Mixing (Update of 16 March 2015). OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/2015-03-16_CP-EPRWG-03-common-position-containment-mixing-March2015.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

13. CP-EPRWG-04: Design specific common position on the EPR Containment Heat Removal System in Accident Conditions (Update of 16 March 2015). OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/2015-03-16_CP-EPRWG-04-common-position-CHRS-SAHRS_March2015.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

14. CP-EPRWG-05: Design specific common position on the EPR IRWST pH Control in Accident Conditions (Update of 16 March 2015). OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/2015-03-16_CP-EPRWG-05-common-position-IRWST-ph-Control-March2015.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

15. CP-EPRWG-06: EPR boron dilution during a Small Break Loss of Coolant Accident (SBLOCA). OECD. April 2018. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/CP-EPRWG-06_Boron_dilution.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

16. CP-EPRWG-07: Vienna Declaration on Nuclear Safety. OECD. April 2018. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/CP-EPRWG-07%20Vienna%20Declaration%20on%20Nuclear%20Safety.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).

17. CP-EPRWG-01: EPR Instrumentation and Control. May 2020 (update of December 2010). OECD. URL: www.oecd-nea.org/mdep/documents/CPEPRWG01_I&C_2020.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

18. TR-EPRWG-01: Survey on the regulatory approaches and criteria used in the analysis of accidents and transients in MDEP EPRWG member countries (Update of 20 November 2014). OECD. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/EPR-Survey-Regulatory-Approaches.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).

19. TR-EPRWG-02: Insights from PSA Comparison in Evaluation of EPR Designs. OECD. 2014. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/PSAM-12-PSA.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).

20. TR-EPRWG-03: Definition of primary coolant source terms used in the different EPR designs. OECD. October 2015. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-EPRWG-03-Source-term-survey_May2015.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

21. TR-EPRWG-04: Limited Comparison of EPR PSA. OECD. November 2017. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/2017-11-30%20TR-EPRWG-04%20Limited%20Comparison%20of%20EPR%20PSA.PDF> (дата обращения: 17.05.2023).

22. TR-EPRWG-05: First-Plant-Only-Tests (FPOT) considered for EPR. OECD. June 2018. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/EPRWG-EPR05-EPR-for-FPOT.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).
23. TR-EPRWG-06: Hydrogen Management for EPR. OECD. May 2020. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/EPRWG06_TechnicalReport_Hydrogen_Management.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
24. TR-EPRWG-07: 2A-LOCA assessment. OECD. May 2020. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/EPRWG07_TechnicalReport_2A%20LOCA_public.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
25. CP-AP1000WG-01: Common Position on the Design and Use of Explosive – Actuated (Squib) Valves in Nuclear Power Plants. OECD. December 2010. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/PUBLIC%20USE%20DCP-AP1000-01-%20Squib%20valves.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).
26. CP-AP1000WG-02: Common Position Addressing Fukushima Daiichi NPP Accident-Related Issues. OECD. September 2016. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp-ap1000wg-02-common_position_fukushima.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
27. CP-AP1000WG-03: Common Position on AP1000 In-containment Refuelling Water Storage Tank (IRWST) Condensate Return Modelling. OECD. October 2018. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp-ap1000wg-03.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).
28. TR-AP1000WG-01: Technical Report on Lessons Learnt with AP1000 Reactor Coolant Pumps. OECD. October 2018. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/tr-ap1000wg-01.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).
29. TR-AP1000WG-02: Technical Report on AP1000 Squib Valves Design, Construction, Qualification, and Testing Experience. OECD. October 2018. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/tr-ap1000wg-02.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).
30. TR-AP1000WG-03: Technical Report on AP1000 Technical Exchanges during the Design, Construction, and Commissioning of AP1000 Reactors. OECD. November 2019. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/annual-reports/MDEP_Phase1_SummaryReport7613.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
31. TR-AP1000WG-04: Common Understanding of the Hydrogen Control System for the AP1000 Design. OECD. September 2020. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/Technical_Report_AP1000_Hydrogen_Control_System_Approved_Sept2020_FINAL.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
32. TR-AP1000WG-05: Technical Report on Lessons Learnt from Implementation of the Common Position on FPOT for AP1000. OECD. May 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/AP1000_TR_LessonsLearnt_ImplementationCP_FPOT_FINAL.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
33. TR-AP1000WG-06: Technical Report on Hot Functional and Startup Testing Lessons Learnt. OECD. May 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/AP1000_TR_hotfunctionaltesting_startuplessonslearnt_FINAL.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
34. CP-APR1400-01: Common Position Addressing Fukushima-Related Issues. OECD. March 2017. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp-apr1400wg-01-common_position_fukushima.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
35. CP-APR1400-02: Common Position on the APR1400 post-loss of coolant accident (LOCA) strainer performance and debris in-vessel downstream effects. OECD. August 2017. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp-apr1400wg-02-debris-common-position.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).
36. CP-APR1400-03: Fuel Thermal Conductivity Degradation. OECD. November 2018. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/DCP-APR1400-Fuel_Thermal_Conductivity_Degradation.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
37. CP-APR1400-04 on Irradiation Effect on the APR1400 Fuel Bundle Spacer Grid Strength. OECD. October 2019. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp_apr1400wg_01_fuel%20seismic.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
38. TR-APR1400-01: Technical Report on Design Description and Comparison of Design Differences between APR1400 Plants. OECD. March 2018. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-APR1400-01%20Design%20Description%20and%20Comparison%20of%20Design%20Differences.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).
39. TR-APR1400-02: Technical Report on the comparison of the prevention and mitigation measures against severe accident. OECD. September 2017. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/2017-11-30%20TR-APR1400-02%20on%20the%20comparison%20of%20the%20prevention%20and%20mitigation%20measures%20against%20severe%20accident.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).

40. TR-APR1400-03: Technical Report on the findings of the review of the MCCI phenomena for the APR1400. OECD. September 2017. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-APR1400-03%20on%20the%20findings%20of%20the%20review%20of%20the%20MCCI%20phenomena.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).

41. TR-APR1400-04: Technical Report on the Hydrogen Recombiner Survey Results for APR1400 design in place, or proposed, for the MDEP Member Countries. OECD. March 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-APR1400WG-04_hydrogenrecombiner_surveyreport_FINAL.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

42. TR-APR1400-05: Technical Report on the Comparison of the Regulatory Requirements for Probabilistic Risk Assessment (PRA) of the APR1400 nuclear power plants, for the MDEP Member Countries. OECD. April 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-APR1400WG-05_ComparisonRegulatoryRequirements_PRA_NPP_Final.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

43. CP-ABWRWG-01: Common Position Addressing Issues Related to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp-abwrwg-01-fukushima_daiichi_accident.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

44. TR-ABWRWG-01: Technical Report on Design Comparisons. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/annual-reports/MDEP_Phase1_SummaryReport7613.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

45. TR-ABWRWG-02: Technical Report on Design Differences Identified from Comparison of International ABWR Designs. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/annual-reports/MDEP_Phase1_SummaryReport7613.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

46. TR-ABWRWG-03: Technical Report on Comparison of Severe Accidents Regulatory Positions for ABWR Reactors (Regulatory Differences). OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/annual-reports/MDEP_Phase1_SummaryReport7613.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

47. CP-HPR1000WG-01: Common Position Addressing Fukushima Daiichi NPP Accident-Related Issues. OECD. 2020. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/CP-HPR1000WG-01_CP_AddressingFukushimaDaiichiNPPAccident-RelatedIssues.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

48. TR-HPR1000WG-01: Hydrogen Control During Severe Accidents. OECD. 2020. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-HPR1000WG-01%20Hydrogen%20Control%20During%20Severe%20Accidents_clean%20copy_FINAL.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

49. TR-HPR1000WG-02: Technical Report on Regulatory Requirements and Practices for Severe Accidents. OECD. 2020. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-HPR1000WG-02_TR_RegulatoryRequirements_Practices_Severe%20Accidents.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

50. Generic Common Position DICWG-01: Common Position on the Treatment of Common Cause Failure Caused by Software within Digital Safety Systems. OECD. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/dicwg-01.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).

51. Generic Common Position DICWG-02: Software Tools. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/gcp-dicwg-02-Software_Tools_Ver_C.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

52. Generic Common Position DICWG-03: Verification and Validation throughout the Life Cycle of Safety Systems Using Digital Computers. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/gcp-dicwg-03_VV_Ver_H.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

53. Generic Common Position DICWG-04: Communication Independence. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/dicwg_4_ver_b.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

54. Generic Common Position DICWG-05: Treatment of Hardware Description Language (HDL) Programmed Devices for Use in Nuclear Safety Systems. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/gcp-dicwg-05_hdl_Pro_Dev_Ver_A.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

55. Generic Common Position DICWG-06: Simplicity in Design. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/gcp-dicwg-06_Simplicity_in_Design_Ver_C.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

56. Generic Common Position DICWG-07: Selection and Use of Industrial Digital devices of Limited Functionality (Update of 20 July 2014). OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/DICWG_GCP-DICWG-07.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

57. Generic Common Position DICWG-08: Impact of Cyber Security Features on Digital I&C Safety Systems. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/dicwg_8_rev_f.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

58. Generic Common Position DICWG-09: Safety Design Principles and Supporting Information for the Overall I&C Architecture. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/GCP-09_Overall_IC_Architecture_final.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
59. Generic Common Position DICWG-10: Hazard Identification and Control for Digital Instrumentation and Control Systems. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/MDEP_GCP-DICWG-10_HazardIDandControl.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
60. Generic Common Position DICWG-11: Digital I&C System Pre-installation and Initial On-site Testing. OECD. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/gcp-dicwg-11-ver-e.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).
61. Generic Common Position DICWG-12: Use of Automatic Testing in Digital I&C Systems as part of Surveillance Testing. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/Public_Use_MDEP_GCP-DICWG-12_Ver_A.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
62. Generic Common Position DICWG-13: Common Position on Spurious Actuation. OECD. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp-dicwg-13.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).
63. CP-VICWG-01: Common Position on Establishment of Common QA/QM Criteria for Multinational Vendor Inspection. OECD. September 2015. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp-vicwg-01.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).
64. CP-VICWG-02: Common Position on Witnessed, Joint and Multinational Vendor Inspection Protocol. OECD. November 2020. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/CP-VICWG-02_RevApproved_28Jan2021_FINAL.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
65. CP-VICWG-03: Common Position on Preparation and Performance of Vendor Inspections. OECD. May 2018. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp-vicwg-03.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).
66. CP-VICWG-04: Common Position on Mitigating the Risks of Counterfeit, Fraudulent, and Suspect Items. OECD. June 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/VICWG_CFSI_CommonPositions09Jun2021_approved_FINAL.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
67. TR-VICWG-01: Technical Report on Witnessed and Joint Vendor Inspection Protocol. OECD. March 2014 (CP-VICWG-02 replaces this technical report). URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/VICWG-01-V2-vendor-inspection-protocol.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).
68. TR-VICWG-02: Technical Report on Survey on Quality Assurance Program Requirements. OECD. December 2011. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/tr-vicwg-02.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).
69. TR-VICWG-03: Technical Report on Common QA/QM Criteria for Multinational Vendor Inspection. OECD. January 2014. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/2015-10-20%20TR-VICWG-03%20MDEP%20VICWG%20Technical%20Report%20Common_QAQM_Criteria_Version%201_30%20January%202014.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
70. TR-VICWG-04: Technical Report on Assessment of Multinational Vendor Inspection of Valinox Nuclear. OECD. September 2015. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/tr-vicwg-04.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).
71. TR-VICWG-05: Technical Report on Assessment of Multinational Vendor Inspection of AREVA NP Creusot Forge (ACF). OECD. October 2018. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/annual-reports/MDEP_Phase1_SummaryReport7613.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
72. TR-VICWG-06: Technical Report on Assessment of Multinational Vendor Inspection of ENSA (Spain). OECD. September 2020. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/annual-reports/MDEP_Phase1_SummaryReport7613.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
73. TR-VICWG-07: Technical Report on Safety Culture in the Nuclear Supply Chain. OECD. January 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-VICWG-07_TR_SafetyCulture_NuclearSupplyChainFinal_Rev29Jan2021_FINAL.pdf (дата обращения: 17.05.2023).
74. CP-VVERWG-01: Addressing Fukushima-related issues. OECD. May 2017. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/CP-VVERWG-01-fukushima.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).
75. CP-VVERWG-02: Addressing Ex-vessel Corium Stabilization in Core Catcher. OECD. June 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/CP-VVERWG-02_CoriumStabilization_CoreCatcher_FINAL.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

76. CP-VVERWG-03: Reactor pressure vessel and primary components reliability for AES-2006 designs. OECD. October 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/CPVVERWG_RPVPC_Final.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

77. TR-VVERWG-01: Regulatory approaches and criteria used in severe accident analyses and severe accident management. OECD. November 2017. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/2017-11-30%20TR-VVERWG-01%20Regulatory%20approaches%20and%20criteria%20used%20in%20severe%20accident%20analyses%20and%20severe%20accident%20management.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).

78. TR-VVERWG-02: Regulatory approaches and oversight practices related to reactor pressure vessel and primary components. OECD. May 2017. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/vverwg-tr-02-2017.pdf> (дата обращения: 17.05.2023).

79. TR-VVERWG-03: Regulatory approaches related to accidents and transients analyses. OECD. March 2019. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/VVERWG_TR_%20Accident_Transients_0_7_STC%20comm_FINAL.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

80. TR-VVERWG-04: Core Catcher. OECD. June 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/tr-vverwg-04_CoreCatcher_Final.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

81. TR-VVERWG-05: Hydrogen Recombiners. OECD. June 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-VVERWG-05_HydrogenRecombiners_FINAL.pdf (дата обращения: 17.05.2023).

82. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности блока атомной станции с реактором типа ВВЭР. НП-006-16: утв. приказом Ростехнадзора от 13.02.2017 № 53.

83. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. НП-001-15: утв. приказом Ростехнадзора от 17.12.2015 № 522.

84. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Основные требования к продлению срока эксплуатации блока атомной станции. НП-017-18: утв. приказом Ростехнадзора от 05.04.2018 № 162.

85. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Сварка и наплавка оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок НП-104-18: утв. приказом Ростехнадзора от 14.11.2018 № 554.

86. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила контроля металла оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок при изготовлении и монтаже. НП-105-18: утв. приказом Ростехнадзора от 14.11.2018 № 553.

87. ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. – М.: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1989.

88. ГОСТ Р 58328-2018. Трубопроводы атомных станций. Концепция «течь перед разрушением». – М.: Стандартинформ, 2018.

89. Порядок 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: утв. приказом Ростехнадзора от 30.07.2018 № 325.

90. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Рекомендации по оценке погрешностей и неопределенностей результатов расчетных анализов безопасности атомных станций. РБ-166-20: утв. приказом Ростехнадзора от 30.07.2020 № 288.

91. Стратегический план реализации Концепции совершенствования нормативно-правового регулирования безопасности и стандартизации в области использования атомной энергии на 2021–2031 гг. URL: <https://www.gosnadzor.ru/nuclear> (дата обращения: 17.05.2023).

92. Стратегический план актуализации системы руководств по безопасности при использовании атомной энергии 2020–2025 гг. URL: <https://www.gosnadzor.ru/nuclear> (дата обращения: 17.05.2023).

References

1. International Standardization of Nuclear Reactor Designs. World Nuclear Association. January 2010. URL: https://world-nuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working_Group_Reports/International%20%20Standardization%20of%20%20Nuclear%20Reactor%20Designs.pdf (reference date: 17.05.2023).
2. CORDEL Strategic Plan 2019–2023. World Nuclear Association. Report No. 2019/002. March 2019. URL: <https://www.world-nuclear.org/getattachment/c3d5b873-95aa-4c88-aa71-80a274b0453b/CORDEL-Strategic-Plan-2019.pdf.aspx> (reference date: 17.05.2023).
3. Different Interpretations of Regulatory Requirements. World Nuclear Association. Report No. 2021/004. December 2021. URL: <https://www.world-nuclear.org/getattachment/0fcd8e09-2628-4263-ba36-3726c74df8f3/DiRR-Report-designed.pdf.aspx> (reference date: 17.05.2023).
4. Facilitating International Licensing of Small Modular Reactors. World Nuclear Association. Report No. 2015/004. August 2015. URL: https://world-nuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working_Group_Reports/REPORT_Facilitating_Intl_Licensing_of_SMRs.pdf (reference date: 17.05.2023).
5. Safety Classification for I&C Systems in Nuclear Power Plants: Comparison of Definitions of Key Concepts. World Nuclear Association. Report No. 2019/008. October 2019. URL: <https://world-nuclear.org/getmedia/1b9be90a-3fff-4aa6-b419-678c477e1d55/safety-classification-for-i-c-cdkc-2019-008-30-Sept.pdf.aspx> (reference date: 17.05.2023).
6. Defense-in-Depth and Diversity: Challenges Related to I&C Architecture. World Nuclear Association. Report No. 2018/003. April 2018. URL: <https://world-nuclear.org/getattachment/Our-Association/Publications/Online-Reports/CORDEL-Defence-in-Depth-and-Diversity/CORDEL-Defence-in-Depth-Report-10-April.pdf.aspx> (reference date: 17.05.2023).
7. Aviation Licensing and Lifetime Management – What Can Nuclear Learn? Produced by: World Nuclear Association. Series: WNA Report No. 2013/001. January 2013. URL: https://www.world-nuclear.org/uploadedfiles/org/wna/publications/working_group_reports/cordelaviationreport.pdf (reference date: 17.05.2023).
8. WENRA Safety Reference Levels for Existing Research Reactors, November 2020. URL: https://www.wenra.eu/sites/default/files/publications/wenra_safety_reference_levels_for_research_reactors_final_november_2020.pdf (reference date: 17.05.2023).
9. IAEA Initiative Sets Ambitious Goals to Support the Safe and Secure Deployment of SMRs. 2022. URL: <https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-initiative-sets-ambitious-goals-to-support-the-safe-and-secure-deployment-of-smrs> (reference date: 17.05.2023).
10. CP-EPRWG-01: Design specific common position on DI&C design of the EPR. OECD. December 2010. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/PUBLIC%20USE%20DCP-EPR-01-%20EPR%20Instrumentation%20and%20Controls%20Design.pdf> (reference date: 17.05.2023).
11. CP-EPRWG-02: Design specific common position addressing Fukushima Daiichi-related issues regarding the EPR design. OECD. October 2015. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/CP-EPRWG-02-addressing-fukushima-related-issues-v6-September2015.pdf> (reference date: 17.05.2023).
12. CP-EPRWG-03: Design specific common position on the EPR Containment Mixing (Update of 16 March 2015). OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/2015-03-16_CP-EPRWG-03-common-position-containment-mixing-March2015.pdf (reference date: 17.05.2023).
13. CP-EPRWG-04: Design specific common position on the EPR Containment Heat Removal System in Accident Conditions (Update of 16 March 2015). OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/2015-03-16_CP-EPRWG-04-common-position-CHRS-SAHRS_March2015.pdf (reference date: 17.05.2023).
14. CP-EPRWG-05: Design specific common position on the EPR IRWST pH Control in Accident Conditions (Update of 16 March 2015). OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/2015-03-16_CP-EPRWG-05-common-position-IRWST-ph-Control-March2015.pdf (reference date: 17.05.2023).
15. CP-EPRWG-06: EPR boron dilution during a Small Break Loss of Coolant Accident (SBLOCA). OECD. April 2018. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/CP-EPRWG-06_Boron_dilution.pdf (reference date: 17.05.2023).
16. CP-EPRWG-07: Vienna Declaration on Nuclear Safety. OECD. April 2018. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/CP-EPRWG-07%20Vienna%20Declaration%20on%20Nuclear%20Safety.pdf> (reference date: 17.05.2023).

17. CP-EPRWG-01: EPR Instrumentation and Control. May 2020 (update of December 2010). OECD. URL: www.oecd-nea.org/mdep/documents/CPEPRWG01_I&C_2020.pdf (reference date: 17.05.2023).
18. TR-EPRWG-01: Survey on the regulatory approaches and criteria used in the analysis of accidents and transients in MDEP EPRWG member countries (Update of 20 November 2014). OECD. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/EPR-Survey-Regulatory-Approaches.pdf> (reference date: 17.05.2023).
19. TR-EPRWG-02: Insights from PSA Comparison in Evaluation of EPR Designs. OECD. 2014. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/PSAM-12-PSA.pdf> (reference date: 17.05.2023).
20. TR-EPRWG-03: Definition of primary coolant source terms used in the different EPR designs. OECD. October 2015. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-EPRWG-03-Source-term-survey_May2015.pdf (reference date: 17.05.2023).
21. TR-EPRWG-04: Limited Comparison of EPR PSA. OECD. November 2017. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/2017-11-30%20TR-EPRWG-04%20Limited%20Comparison%20of%20EPR%20PSA.PDF> (reference date: 17.05.2023).
22. TR-EPRWG-05: First-Plant-Only-Tests (FPOT) considered for EPR. OECD. June 2018. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/EPRWG-EPR05-EPR-for-FPOT.pdf> (reference date: 17.05.2023).
23. TR-EPRWG-06: Hydrogen Management for EPR. OECD. May 2020. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/EPRWG06_TechnicalReport_Hydrogen_Management.pdf (reference date: 17.05.2023).
24. TR-EPRWG-07: 2A-LOCA assessment. OECD. May 2020. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/EPRWG07_TechnicalReport_2A%20LOCA_public.pdf (reference date: 17.05.2023).
25. CP-AP1000WG-01: Common Position on the Design and Use of Explosive – Actuated (Squib) Valves in Nuclear Power Plants. OECD. December 2010. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/PUBLIC%20USE%20DCP-AP1000-01-%20Squib%20valves.pdf> (reference date: 17.05.2023).
26. CP-AP1000WG-02: Common Position Addressing Fukushima Daiichi NPP Accident-Related Issues. OECD. September 2016. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp-ap1000wg-02-common_position_fukushima.pdf (reference date: 17.05.2023).
27. CP-AP1000WG-03: Common Position on AP1000 In-containment Refuelling Water Storage Tank (IRWST) Condensate Return Modelling. OECD. October 2018. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp-ap1000wg-03.pdf> (reference date: 17.05.2023).
28. TR-AP1000WG-01: Technical Report on Lessons Learnt with AP1000 Reactor Coolant Pumps. OECD. October 2018. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/tr-ap1000wg-01.pdf> (reference date: 17.05.2023).
29. TR-AP1000WG-02: Technical Report on AP1000 Squib Valves Design, Construction, Qualification, and Testing Experience. OECD. October 2018. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/tr-ap1000wg-02.pdf> (reference date: 17.05.2023).
30. TR-AP1000WG-03: Technical Report on AP1000 Technical Exchanges during the Design, Construction, and Commissioning of AP1000 Reactors. OECD. November 2019. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/annual-reports/MDEP_Phase1_SummaryReport7613.pdf (reference date: 17.05.2023).
31. TR-AP1000WG-04: Common Understanding of the Hydrogen Control System for the AP1000 Design. OECD. September 2020. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/Technical_Report_AP1000_Hydrogen_Control_System_Approved_Sept2020_FINAL.pdf (reference date: 17.05.2023).
32. TR-AP1000WG-05: Technical Report on Lessons Learnt from Implementation of the Common Position on FPOT for AP1000. OECD. May 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/AP1000_TR_LessonsLearnt_ImplementationCP_FPOT_FINAL.pdf (reference date: 17.05.2023).
33. TR-AP1000WG-06: Technical Report on Hot Functional and Startup Testing Lessons Learnt. OECD. May 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/AP1000_TR_hotfunctionaltesting_startuplessonslearnt_FINAL.pdf (reference date: 17.05.2023).
34. CP-APR1400-01: Common Position Addressing Fukushima-Related Issues. OECD. March 2017. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp-apr1400wg-01-common_position_fukushima.pdf (reference date: 17.05.2023).
35. CP-APR1400-02: Common Position on the APR1400 post-loss of coolant accident (LOCA) strainer performance and debris in-vessel downstream effects. OECD. August 2017. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp-apr1400wg-02-debris-common-position.pdf> (reference date: 17.05.2023).

36. CP-APR1400-03: Fuel Thermal Conductivity Degradation. OECD. November 2018. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/DCP-APR1400-Fuel_Thermal_Conductivity_Degradation.pdf (reference date: 17.05.2023).
37. CP-APR1400-04 on Irradiation Effect on the APR1400 Fuel Bundle Spacer Grid Strength. OECD. October 2019. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp_apr1400wg_01_fuel%20seismic.pdf (reference date: 17.05.2023).
38. TR-APR1400-01: Technical Report on Design Description and Comparison of Design Differences between APR1400 Plants. OECD. March 2018. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-APR1400-01%20Design%20Description%20and%20Comparison%20of%20Design%20Differences.pdf> (reference date: 17.05.2023).
39. TR-APR1400-02: Technical Report on the comparison of the prevention and mitigation measures against severe accident. OECD. September 2017. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/2017-11-30%20TR-APR1400-02%20on%20the%20comparison%20of%20the%20prevention%20and%20mitigation%20measures%20against%20severe%20accident.pdf> (reference date: 17.05.2023).
40. TR-APR1400-03: Technical Report on the findings of the review of the MCCI phenomena for the APR1400. OECD. September 2017. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-APR1400-03%20on%20the%20findings%20of%20the%20review%20of%20the%20MCCI%20phenomena.pdf> (reference date: 17.05.2023).
41. TR-APR1400-04: Technical Report on the Hydrogen Recombiner Survey Results for APR1400 design in place, or proposed, for the MDEP Member Countries. OECD. March 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-APR1400WG-04_hydrogenrecombiner_surveyreport_FINAL.pdf (reference date: 17.05.2023).
42. TR-APR1400-05: Technical Report on the Comparison of the Regulatory Requirements for Probabilistic Risk Assessment (PRA) of the APR1400 nuclear power plants, for the MDEP Member Countries. OECD. April 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-APR1400WG-05_ComparisonRegulatoryRequirements_PRA_NPP_Final.pdf (reference date: 17.05.2023).
43. CP-ABWRWG-01: Common Position Addressing Issues Related to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp-abwrwg-01-fukushima_daiichi_accident.pdf (reference date: 17.05.2023).
44. TR-ABWRWG-01: Technical Report on Design Comparisons. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/annual-reports/MDEP_Phase1_SummaryReport7613.pdf (reference date: 17.05.2023).
45. TR-ABWRWG-02: Technical Report on Design Differences Identified from Comparison of International ABWR Designs. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/annual-reports/MDEP_Phase1_SummaryReport7613.pdf (reference date: 17.05.2023).
46. TR-ABWRWG-03: Technical Report on Comparison of Severe Accidents Regulatory Positions for ABWR Reactors (Regulatory Differences). OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/annual-reports/MDEP_Phase1_SummaryReport7613.pdf (reference date: 17.05.2023).
47. CP-HPR1000WG-01: Common Position Addressing Fukushima Daiichi NPP Accident-Related Issues. OECD. 2020. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/CP-HPR1000WG-01_CP_AddressingFukushimaDaiichiNPPAccident-RelatedIssues.pdf (reference date: 17.05.2023).
48. TR-HPR1000WG-01: Hydrogen Control During Severe Accidents. OECD. 2020. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-HPR1000WG-01%20Hydrogen%20Control%20During%20Severe%20Accidents_clean%20copy_FINAL.pdf (reference date: 17.05.2023).
49. TR-HPR1000WG-02: Technical Report on Regulatory Requirements and Practices for Severe Accidents. OECD. 2020. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-HPR1000WG-02_TR_RegulatoryRequirements_Practices_Severe%20Accidents.pdf (reference date: 17.05.2023).
50. Generic Common Position DICWG-01: Common Position on the Treatment of Common Cause Failure Caused by Software within Digital Safety Systems. OECD. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/dicwg-01.pdf> (reference date: 17.05.2023).
51. Generic Common Position DICWG-02: Software Tools. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/gcp-dicwg-02-Software_Tools_Ver_C.pdf (reference date: 17.05.2023).
52. Generic Common Position DICWG-03: Verification and Validation throughout the Life Cycle of Safety Systems Using Digital Computers. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/gcp-dicwg-03_VV_Ver_H.pdf (reference date: 17.05.2023).

53. Generic Common Position DICWG-04: Communication Independence. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/dicwg_4_ver_b.pdf (reference date: 17.05.2023).
54. Generic Common Position DICWG-05: Treatment of Hardware Description Language (HDL) Programmed Devices for Use in Nuclear Safety Systems. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/gcp-dicwg-05_hdl_Pro_Dev_Ver_A.pdf (reference date: 17.05.2023).
55. Generic Common Position DICWG-06: Simplicity in Design. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/gcp-dicwg-06_Simplicity_in_Design_Ver_C.pdf (reference date: 17.05.2023).
56. Generic Common Position DICWG-07: Selection and Use of Industrial Digital devices of Limited Functionality (Update of 20 July 2014). OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/DICWG_GCP-DICWG-07.pdf (reference date: 17.05.2023).
57. Generic Common Position DICWG-08: Impact of Cyber Security Features on Digital I&C Safety Systems. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/dicwg_8_rev_f.pdf (reference date: 17.05.2023).
58. Generic Common Position DICWG-09: Safety Design Principles and Supporting Information for the Overall I&C Architecture. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/GCP-09_Overall_IC_Architecture_final.pdf (reference date: 17.05.2023).
59. Generic Common Position DICWG-10: Hazard Identification and Control for Digital Instrumentation and Control Systems. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/MDEP_GCP-DICWG-10_HazardIDandControl.pdf (reference date: 17.05.2023).
60. Generic Common Position DICWG-11: Digital I&C System Pre-installation and Initial On-site Testing. OECD. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/gcp-dicwg-11-ver-e.pdf> (reference date: 17.05.2023).
61. Generic Common Position DICWG-12: Use of Automatic Testing in Digital I&C Systems as part of Surveillance Testing. OECD. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/Public_Use_MDEP_GCP-DICWG-12_Ver_A.pdf (reference date: 17.05.2023).
62. Generic Common Position DICWG-13: Common Position on Spurious Actuation. OECD. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp-dicwg-13.pdf> (reference date: 17.05.2023).
63. CP-VICWG-01: Common Position on Establishment of Common QA/QM Criteria for Multinational Vendor Inspection. OECD. September 2015. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp-vicwg-01.pdf> (reference date: 17.05.2023).
64. CP-VICWG-02: Common Position on Witnessed, Joint and Multinational Vendor Inspection Protocol. OECD. November 2020. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/CP-VICWG-02_RevApproved_28Jan2021_FINAL.pdf (reference date: 17.05.2023).
65. CP-VICWG-03: Common Position on Preparation and Performance of Vendor Inspections. OECD. May 2018. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/cp-vicwg-03.pdf> (reference date: 17.05.2023).
66. CP-VICWG-04: Common Position on Mitigating the Risks of Counterfeit, Fraudulent, and Suspect Items. OECD. June 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/VICWG_CFSI_CommonPositions09Jun2021_approved_FINAL.pdf (reference date: 17.05.2023).
67. TR-VICWG-01: Technical Report on Witnessed and Joint Vendor Inspection Protocol. OECD. March 2014 (CP-VICWG-02 replaces this technical report). URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/VICWG-01-V2-vendor-inspection-protocol.pdf> (reference date: 17.05.2023).
68. TR-VICWG-02: Technical Report on Survey on Quality Assurance Program Requirements. OECD. December 2011. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/tr-vicwg-02.pdf> (reference date: 17.05.2023).
69. TR-VICWG-03: Technical Report on Common QA/QM Criteria for Multinational Vendor Inspection. OECD. January 2014. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/2015-10-20%20TR-VICWG-03%20MDEP%20VICWG%20Technical%20Report%20Common_QAQM_Criteria_Version%201_30%20January%202014.pdf (reference date: 17.05.2023).
70. TR-VICWG-04: Technical Report on Assessment of Multinational Vendor Inspection of Valinox Nuclear. OECD. September 2015. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/common-positions/tr-vicwg-04.pdf> (reference date: 17.05.2023).
71. TR-VICWG-05: Technical Report on Assessment of Multinational Vendor Inspection of AREVA NP Creusot Forge (ACF). OECD. October 2018. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/annual-reports/MDEP_Phase1_SummaryReport7613.pdf (reference date: 17.05.2023).

72. TR-VICWG-06: Technical Report on Assessment of Multinational Vendor Inspection of ENSA (Spain). OECD. September 2020. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/annual-reports/MDEP_Phase1_SummaryReport7613.pdf (reference date: 17.05.2023).

73. TR-VICWG-07: Technical Report on Safety Culture in the Nuclear Supply Chain. OECD. January 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-VICWG-07_TR_SafetyCulture_NuclearSupplyChainFinal_Rev29Jan2021_FINAL.pdf (reference date: 17.05.2023).

74. CP-VVERWG-01: Addressing Fukushima-related issues. OECD. May 2017. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/CP-VVERWG-01-fukushima.pdf> (reference date: 17.05.2023).

75. CP-VVERWG-02: Addressing Ex-vessel Corium Stabilization in Core Catcher. OECD. June 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/CP-VVERWG-02_CoriumStabilization_CoreCatcher_FINAL.pdf (reference date: 17.05.2023).

76. CP-VVERWG-03: Reactor pressure vessel and primary components reliability for AES-2006 designs. OECD. October 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/CPVVERWG_RPVPC_Final.pdf (reference date: 17.05.2023).

77. TR-VVERWG-01: Regulatory approaches and criteria used in severe accident analyses and severe accident management. OECD. November 2017. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/2017-11-30%20TR-VVERWG-01%20Regulatory%20approaches%20and%20criteria%20used%20in%20severe%20accident%20analyses%20and%20severe%20accident%20management.pdf> (reference date: 17.05.2023).

78. TR-VVERWG-02: Regulatory approaches and oversight practices related to reactor pressure vessel and primary components. OECD. May 2017. URL: <https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/vverwg-tr-02-2017.pdf> (reference date: 17.05.2023).

79. TR-VVERWG-03: Regulatory approaches related to accidents and transients analyses. OECD. March 2019. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/VVERWG_TR_%20Accident_Transients_0_7_STC%20comm_FINAL.pdf (reference date: 17.05.2023).

80. TR-VVERWG-04: Core Catcher. OECD. June 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/tr-vverwg-04_CoreCatcher_Final.pdf (reference date: 17.05.2023).

81. TR-VVERWG-05: Hydrogen Recombiners. OECD. June 2021. URL: https://www.oecd-nea.org/mdep/documents/TR-VVERWG-05_HydrogenRecombiners_FINAL.pdf (reference date: 17.05.2023).

82. Federal'nye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoi ehnergii "Trebovaniya k soderzhaniyu otcheta po obosnovaniyu bezopasnosti bloka atomnoi stantsii s reaktorom tipa VVEHR" (NP-006-16) [Federal rules and regulations in the field of atomic energy use "Requirements for the content of safety analysis reports for nuclear power plant units with VVER reactors" (NP-006-16)]. 2016.

83. Federal'nye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoi ehnergii "Obshchie polozheniya obespecheniya bezopasnosti atomnykh stantsii" (NP-001-15) [Federal rules and regulations in the field of atomic energy use "General provisions for nuclear power plant safety assurance" (NP-001-15)]. 2015.

84. Federal'nye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoi ehnergii "Osnovnye trebovaniya k prodleniyu sroka ehkspluatatsii bloka atomnoi stantsii" (NP-017-18) [Federal rules and regulations in the field of atomic energy use "Basic requirements for the life extension of nuclear unit" (NP-017-18)]. 2018.

85. Federal'nye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoi ehnergii "Svarka i naplavka oborudovaniya i truboprovodov atomnykh ehnergeticheskikh ustanovok" (NP-104-18) [Federal rules and regulations in the field of atomic energy use "Welding and surfacing of equipment and pipelines of nuclear power installations" (NP-104-18)]. 2018.

86. Federal'nye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoi ehnergii "Pravila kontrolya metalla oborudovaniya i truboprovodov atomnykh ehnergeticheskikh ustanovok pri izgotovlenii i montazhe" (NP-105-18) [Federal rules and regulations in the field of atomic energy use "Regulations for control of metal of equipment and pipelines of nuclear power installations at manufacture and assembly" (NP-105-18)]. 2018.

87. Normy rascheta na prochnost' oborudovaniya i truboprovodov atomnykh ehnergeticheskikh ustanovok (PNAE G-7-002-86) [Rules of equipment and pipelines strength calculation of nuclear power plants (PNAE G-7-002-86)]. Moscow: "Energoatomizdat", 1989. [in Russian].

88. GOST R 58328-2018. Truboprovody atomnykh stantsii. Kontseptsiya "tech' pered razrusheniem" [GOST R 58328-2018. Pipelines of nuclear power plants. Concept "leak before break"]. M.: Standartinform, 2018. [in Russian].

89. Poryadok provedeniya ehkspertizy program 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 [The procedure for the review of computer programs used for the generation of computational models of processes affecting the safety of nuclear facilities and (or) activities in the field of atomic energy use]. 2018.

90. Rukovodstvo po bezopasnosti pri ispol'zovanii atomnoi ehnergii “Rekomendatsii po otsenke pogreshnopei i neopredelennosti rezul'tatov raschetnykh analizov bezopasnosti atomnykh stantsii” (RB-166-20) [Safety guide in the field of atomic energy use “Recommendations on evaluation of errors and uncertainties of the results of computed safety analyses for nuclear power plants” (RB-166-20)]. 2020.

91. Strategicheskii plan realizatsii Kontseptsii sovershenstvovaniya normativno-pravovogo regulirovaniya bezopasnosti i standartizatsii v oblasti ispol'zovaniya atomnoi ehnergii na 2021–2031 gg. [Strategic Plan for the Implementation of the concept for improving the safety regulation and standardization in the field of atomic energy use for 2021–2031]. URL: <https://www.gosnadzor.ru/nuclear> (reference date: 17.05.2023).

92. Strategicheskii plan aktualizatsii sistemy rukovodstv po bezopasnosti pri ispol'zovanii atomnoi ehnergii na period 2020–2025 gg. [Strategic plan for updating the system of safety guidelines for the use of atomic energy use for 2020–2025]. URL: <https://www.gosnadzor.ru/nuclear> (reference date: 17.05.2023).

Сведения об авторах

Хамаза Александр Александрович, директор, федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

Ферапонтов Алексей Викторович, заместитель руководителя, Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (105066, Москва, ул. А. Лукьянова, д. 4, стр. 1).

Кацман Александр Михайлович, заместитель Генерального директора – директор по вводу в эксплуатацию новых АЭС АО «Концерн Росэнергоатом» (115191, Москва, Холодильный пер., д. 3а).

Егоров Сергей Владимирович, директор по науке и инновациям, АО «Атомэнергопроект» (105120, Москва, Большой Полуярославский пер., д. 8).

Ломакин Андрей Геннадиевич, ученый секретарь научно-технического совета, АО АСЭ (105120, Москва, Большой Полуярославский пер., д. 8).

Богдан Сергей Николаевич, заместитель директора, федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

Шевченко Сергей Александрович, начальник отдела расчетных обоснований безопасности, федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

Козлова Надежда Александровна, начальник лаборатории аварийных режимов атомных станций отдела безопасности атомных станций, федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

Мистрюгов Денис Анатольевич, начальник отдела организации международного сотрудничества, федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

Федотова Наталия Алексеевна, заместитель начальника отдела организации международного сотрудничества, федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

Рогатов Денис Михайлович, начальник лаборатории общих требований и технических средств безопасности атомных станций, федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

Рубцов Валерий Семёнович, главный научный сотрудник научно-организационного отдела, федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

Кораблёва Светлана Александровна, начальник отдела прочности, федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (107140, Москва, ул. Малая Красносельская, д. 2/8, корп. 5).

Authors credentials

Khamaza Alexander Alexandrovich, Director, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8, bld. 5, Malaya Krasnoselskaya str., Moscow, 107140), e-mail: a.khamaza@secnrs.ru.

Ferapontov Alexey Viktorovich, Deputy Chairman, Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service (4, bld. 1, Lukyanova str., Moscow, 105066), e-mail: A.Ferapontov@gosnadzor.gov.ru.

Katsman Alexander Mikhailovich, Deputy General Director – Director for Commissioning New NPPs, Rosenergoatom JSC (3a, Kholodilniy lane, Moscow, 115191), e-mail: kacman-am@rosenergoatom.ru.

Egorov Sergey Vladimirovich, Director for Science and Innovations, Atomenergoproekt JSC (8, Bolshoy Poluyaroslavskiy lane, Moscow, 105120), e-mail: Egorov_SeV@aep.ru.

Lomakin Andrey Gennadievich, Scientific Secretary of Scientific and Technical Council, ASE JSC (8, Bolshoy Poluyaroslavskiy lane, Moscow, 105120), e-mail: Lomakin_AG@aep.ru.

Bogdan Sergei Nikolaevich, Deputy Director, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8, bld. 5, Malaya Krasnoselskaya str., Moscow, 107140), e-mail: bogdan@secnrs.ru.

Shevchenko Sergei Aleksandrovich, Head of Division for Safety Assessment Calculations, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8, bld. 5, Malaya Krasnoselskaya str., Moscow, 107140), e-mail: sshevchenko@secnrs.ru.

Kozlova Nadezhda Aleksandrovna, Laboratory Head of NPP Accidents, NPP Safety Department, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8, bld. 5, Malaya Krasnoselskaya str., Moscow, 107140), e-mail: kozlova@secnrs.ru.

Mistryugov Denis Anatol'evich, Head of International Cooperation Division, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8, bld. 5, Malaya Krasnoselskaya str., Moscow, 107140), e-mail: mistryugov@secnrs.ru.

Fedotova Nataliya Alekseevna, Deputy Head of International Cooperation Division, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8, bld. 5, Malaya Krasnoselskaya str., Moscow, 107140), e-mail: fedotova@secnrs.ru.

Rogatov Denis Mikhailovich, Head of the Laboratory of General Requirements and Technical Means of NPP Safety, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8, bld. 5, Malaya Krasnoselskaya str., Moscow, 107140), e-mail: rogatov@secnrs.ru.

Rubtsov Valery Semyonovich, Chief Researcher of Scientific Organizational Division, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8, bld. 5, Malaya Krasnoselskaya str., Moscow, 107140), e-mail: vrubtsov@secnrs.ru.

Korableva Svetlana Aleksandrovna, Head of Strength Division, Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety (2/8, bld. 5, Malaya Krasnoselskaya str., Moscow, 107140), e-mail: korableva@secnrs.ru.

Для цитирования

Хамаза А. А., Ферাপонтов А. В., Кацман А. М., Егоров С. В., Ломакин А. Г., Богдан С. Н., Шевченко С. А. и др. Обзор основных итогов пятнадцатилетней деятельности многонациональной программы по оценке проектов новых АЭС // Ядерная и радиационная безопасность. 2023. № 2 (108). С. 5–30. DOI: 10.26277/SECNRS.2023.108.2.001.

For citation

Khamaza A. A., Ferapontov A. V., Katsman A. M., Egorov S. V., Lomakin A. G., Bogdan S. N., Shevchenko S. A., et al. Overview of the main results of the fifteen-year activity of the multinational design evaluation program. Nuclear and Radiation Safety Journal, 2023, No. 2 (108), pp. 5–30. [in Russian]. DOI: 10.26277/SECNRS.2023.108.2.001.

