

энергии ридберговской материи. Необходимо отметить, что влияние постороннего разряда на увеличение тока в измерительной цепи диода при высоком генерируемом напряжении исследовалось еще в 1968 г. [14].

Таким образом, дуговой термоэмиссионный преобразователь энергии с цезиевой плазмой при температуре эмиттера 1300—1600 К, к.п.д. цикла Карно 50% и плотности тока 2—4 А/см² имеет к.п.д., не превышающий 20%. Для получения предельных характеристик требуются электроды с низкой работой выхода ($\Phi_k = 1—1,3$ эВ, $\Phi_s = 1,9—2,5$ эВ). Полученные формулы и результаты расчетов могут быть использованы при разработке перспективных термоэмиссионных энергоустановок.

Исследования проведены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и правительства Калужской области (проект № 07-08-96416).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Титков А.С. К вопросу оптимизации выходных характеристик идеального ТЭП. — Журн. техн. физики, 1978, т. 48, № 4, с. 767—769.
2. Касиков И.И., Щербинин П.П. Предельный к.п.д. термоэмиссионного диода: Препринт ФЭИ, № 1815, 1986. 33 с.
3. Квасников Л.А., Кайбышев В.З., Каландаришвили А.Г. Рабочие процессы в термоэмиссионных преобразователях ядерных энергетических установок. М.: Изд-во МАИ, 2001. 208 с.
4. Коноплев А.А., Юдицкий В.Д., Тушина Л.И. Эмпирический метод расчета вольт-амперных характеристик разрядного режима ТЭП. — Журн. техн. физики, 1975, т. 45, № 2, с. 314—319.
5. Стаханов И.П., Касиков И.И. О вольт-амперных характеристиках низковольтного дугового разряда. — Там же, 1969, т. 39, № 8, с. 1496—1505.
6. Стаханов И.П., Пашенко В.П., Степанов А.С., Гуськов Ю.К. Физические основы термоэмиссионного преобразования энергии. М.: Атомиздат, 1973. 374 с.
7. Кайбышев В.З., Каретников Д.В., Куличенков А.И. Вольт-амперные характеристики термоэмиссионных преобразователей при пониженных температурах эмиттера: Препринт ИАЭ-2464, 1974. 24 с.
8. Бакшт Ф.Г., Дюжев Г.А., Марциновский А.М. и др. Термоэмиссионные преобразователи и низкотемпературная плазма. М.: Наука, 1973. 480 с.
9. Holmlid L. Rydberg states and rydberg matter in thermionic energy converters. — In: Proc. Thermionic Energy Conversion Specialist Conf. Goteborg, Sweden, 1993, p. 47—52.
10. Holmlid L., Svensson R. Collector for Thermionic Energy Converter Covered with Carbon Like Material and Having a Low Electronic Work Function. United States Patent № 5578886, Date Nov. 26, 1996.
11. Holmlid L., Manykin E.A. Rydberg matter a long lived exited state of matter. — ЖЭТФ, 1997, т. 111, № 5, с. 1601—1610.
12. Ярыгин В.И., Касиков И.И., Миронов В.С. и др. Экспериментальное исследование свойств конденсата возбужденных состояний вещества (ридберговской материи) электрофизическими и оптическими методами. — В сб.: Труды регионального конкурса научных проектов в области естественных наук. Вып. 10. Калуга: Изд-во АНО «Калужский научный центр», 2006, с. 237—251.
13. Ярыгин В.И., Агафонов В.Р., Касиков И.И. и др. Оптические и электрофизические исследования характеристик конденсата возбужденных состояний цезия (ридберговского вещества). — Там же, вып. 14. Калуга: Изд-во АНО «Калужский научный центр», 2009, с. 180—189.
14. Вараксин Б.П., Кайбышев В.З., Кошелев В.А. и др. Экспериментальные исследования некоторых вопросов, связанных с работой термоэмиссионного преобразователя в разрядном режиме. Термоэмиссионное преобразование энергии. — В сб.: Докл. сов. ученых на II Межд. конф. по термоэмиссионному преобразованию энергии. Италия, 27—31 мая 1968 г. М.: ВНИИТ, 1969, с. 231—248.

Поступила в Редакцию 24.06.10

УДК 621.311.25:621.039

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ СВОДОВ ПРАВИЛ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЯЭУ

Европин С.В. (ОАО «НИКИЭТ», г. Москва)

Принятые в мае 2007 г. изменения Федерального закона «О техническом регулировании» распространили норму об особенностях технического регулирования в оборонной области на всю продукцию и объекты, для которых устанавливаются требования ядерной и ра-

диационной безопасности, а также на связанные с продукцией процессы проектирования, производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации и захоронения. Хотя данная законодательная норма и предусматривает необходи-

мость принятия конкретизирующих постановлений правительства Российской Федерации, но фактически подтверждает порядок обеспечения безопасности объектов использования атомной энергии, установленный уже действующими федеральными законами, основным из которых является закон «Об использовании атомной энергии».

В отношении оборудования и изделий, поставляемых для монтажа или применения на объектах использования атомной энергии, т.е. приобретаемой продукции процедуры технического регулирования и сертификации находятся в стадии формирования. В то же время подтверждение работоспособности оборудования и трубопроводов, т.е. способности выполнять заданную функцию с параметрами, установленными технической документацией в течение назначенного срока эксплуатации, является одной из важнейших задач для всех этапов жизненного цикла (от начала проектирования до снятия с эксплуатации) объекта использования атомной энергии. С учетом того, что несущие давление теплоносителя компоненты оборудования и трубопроводов ядерных установок квалифицируются федеральными нормами и правилами в качестве третьего барьера безопасности на пути распространения радиоактивных сред, становится крайне важным наличие современного нормативно-методического (технического) обеспечения их качества, прочности и долговечности, т.е. целостности элементов конструкций в течение всего срока их эксплуатации. Таким образом, возникает объективная необходимость анализа действующих федеральных законов с позиции их наиболее эффективного применения в целях формирования нормативно-методического обеспечения качества применяемой продукции и связанных с ней процессов, с одной стороны, и безопасности объектов использования атомной энергии, с другой. В настоящей статье работоспособность элементов атомной техники рассматривается с позиции нормативно-методического обеспечения целостности конструкций как наиболее проработанного вопроса в зарубежной и отечественной практике машиностроения.

Зарубежный опыт нормативного обеспечения качества конструирования, изготовления, монтажа оборудования и трубопроводов, их длительной эксплуатации и продления назна-

ченных сроков службы свидетельствует о необходимости наличия общепризнанного нормативно-методического документа (в законе «О техническом регулировании» это Свод правил), в соответствии с которым организации-производители тех или иных работ могут разрабатывать собственные стандарты, т.е. стандарты организации. Только в этом случае обеспечивается единство подходов экспертов при оценке безопасности проектов, размещения, сооружения и эксплуатации объектов, удается избежать субъективности технических и технологических решений и оценивать экономические показатели объектов на всех этапах их жизненного цикла.

Впервые документ такого характера для ядерной энергетики (код ASME) был издан в США в 1956 г. С этого времени каждые полгода он обновляется путем рассылки принятых изменений и рекомендуемых дополнений, каждые 3 года переиздается с учетом введенных и апробированных изменений и дополнений. Действующая в США практика ведения кода ASME обеспечивает оперативную реакцию нормативной базы на разработки новых технологий и материалов, результаты научных исследований и новые проекты, с одной стороны, и тщательное изучение предлагаемых изменений и дополнений специалистами, общественностью, надзорными органами, страховыми компаниями, с другой [1].

Учитывая опыт США, в середине 1970-х годов Германия и Франция, а в последние 3 года Корея и Япония разработали и ввели в действие национальные коды (своды) KTA, RCC, KEPIC и JSME соответственно.

В СССР первый комплект нормативных документов для атомной промышленности (серия нормы и правила) был введен в действие в 1973 г., второй (действующий и в настоящее время) — в 1986—1989 гг. Таким образом, интервал пересмотра отечественной нормативно-методической базы составляет не менее 15 лет, что создает условия для поиска путей продвижения новых технологий в обход действующих нормативных документов, поскольку именно они в силу своего консерватизма становятся в некоторых случаях непреодолимым препятствием для внедрения инновационных проектов.

Вместе с тем сложившаяся в нашей стране более чем за 60 лет практика в области ядерной энергетики, машиностроения, государственного

регулирования и надзора, а также подготовки персонала не позволяет перейти на зарубежное нормативное обеспечение, как это происходит в странах, только начинающих развивать ядерную энергетику, например, код ASME признан более чем в 50 странах, код Кореи является аутентичным переводом кода ASME на корейский язык, код Японии по техническому наполнению повторяет американский. Коды RCC (Франция) [2, 3], КТА (Германия) [4] и российский комплект документов [5—8] имеют не только структурные, но и технические отличия от американского кода, хотя оборудование и трубопроводы подтвердили свою работоспособность на действующих объектах ядерной энергетики независимо от тех нормативных документов, которым они соответствуют.

Для нашей страны, принявшей масштабные планы развития ядерной энергетики, проблема совершенствования нормативно-методического и технологического обеспечения конструирования, изготовления оборудования, сооружения и эксплуатации объектов, переработки отработанного ядерного топлива и утилизации радиоактивных отходов является одной из ключевых. Федеральный закон «О техническом регулировании» в редакциях 2007 и 2009 гг. [9] предоставляет возможность решения данной проблемы в порядке, отвечающем современным требованиям нормативно-методического обеспечения производственных процессов, менеджмента качества и темпам научно-технического прогресса. Предложениям по реализации этой возможности и посвящена настоящая статья.

Схема взаимодействия законодательной пирамиды ядерной энергетики (указан только Федеральный закон «Об использовании атомной энергии» [10], хотя применяемая в отношении объектов использования атомной энергии законодательная база включает более 20 законов) с пирамидой Федерального закона «О техническом регулировании» [9] приведена на рисунке.

Юридические нормы не позволяют в документах нормативно-правового уровня ссылаться на документы методического или технологического уровня, т.е. документы системы стандартизации добровольного применения. Вместе с тем на уровне системы стандартизации возможны

взаимные ссылки на действующие документы, т.е. на национальные (ГОСТ), международные стандарты (ISO, IEC) и стандарты организаций (СТО), к которым следует отнести отраслевые стандарты (ОСТ), технические условия (ТУ), руководящие документы (РД) и др. Таким образом, становится возможным в рамках сформированной нормативно-правовой базы ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии, защиты персонала, населения, природы и животных решить вопросы оптимизации и взаимной увязки технической (нормативно-методической) базы используемой на данных объектах продукции и связанных с ней процессов конструирования, изготовления, монтажа, эксплуатации и утилизации. Именно эта задача ставится перед документами добровольного применения — сводами правил согласно Федеральному закону «О техническом регулировании» [9].

С учетом изложенного можно определить особенность технического регулирования в атомной промышленности как взаимоувязанное применение федеральных законов в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии и подтверждение соответствия применяемой на этих объектах продукции (оборудования, изделий для трубопроводов, сварочных материалов и др.). Фактически это означает, что объекты в целом и их системы, важные для ядерной и радиационной безопасности (классы безопасности

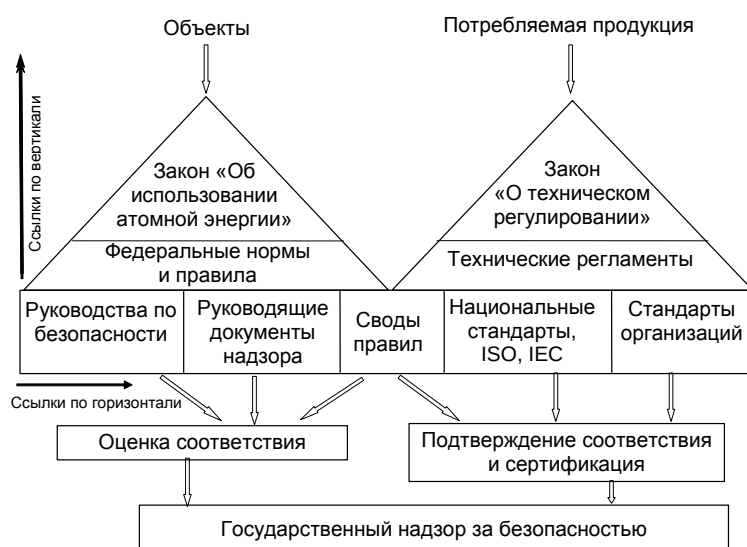


Схема взаимодействия нормативно-правового обеспечения ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии и документов системы стандартизации

1—3), должны удовлетворять требованиям федеральных норм и правил, в то время как закупаемые составные части данных объектов или систем, в том числе и 4-го класса безопасности — требованиям технического регулирования. Таким образом, общим является применение к изделиям (продукции) для всех систем норм Федерального закона «О техническом регулировании» в отношении их поставщиков и связанных с ними процессов. Государственный надзор согласно действующему законодательству осуществляется только за выполнением требований нормативно-правовых документов, т.е. федерального уровня, но его проведение связано с использованием правил и методов исследований (испытаний), установленных для соответствующих технических регламентов при введении их в действие.

Упомянутые зарубежные коды и отечественные своды правил (в перспективе) решают именно данную проблему методического уровня, т.е. правил конструирования и проектирования, методов расчетных и экспериментальных исследований, контроля состояния металла и измерения количественных показателей, подтверждения соответствия и сопровождения длительной эксплуатации. При этом коды (свод) интегрируют в себе многочисленные документы нормативно-методического и технического характера (для отечественной практики — государственные (ГОСТ), отраслевые стандарты (ОСТ), технические условия (ТУ), руководящие документы (РД), руководящие технические материалы (РТМ), методические указания (МУ) и др.), сокращая тем самым число применяемых, а в некоторых случаях и взаимопротиворечащих требований и предписаний.

В отношении конструкционных материалов, заготовок и полуфабрикатов целесообразно применение технических спецификаций, на соответствие которым должны проводиться разработка технических условий и сертификация продукции.

Следует признать, что в рамках решаемой задачи свод правил является наукоемким документом нормативно-методического характера, аккумулирующим в себе не только результаты прикладных исследований и технологии, но и перспективные подходы к безопасности дли-

тельной эксплуатации оборудования, трубопроводов и других элементов ядерных установок.

В зарубежной практике (коды ASME, RCC, КТА и др.) данная задача решается путем периодического переиздания документов и их разделения на составные части: установившаяся практика (обязательная) и рекомендуемая, которая только после апробации переходит в обязательную. В то же время ни один проект изменения или дополнения к зарубежному коду не может быть опубликован до момента окончательного принятия, что продиктовано соображениями защиты не только интеллектуальной собственности, но и пользователей кодов, которые могут быть введены в заблуждение предлагаемыми проектами. Данный подход целесообразно принять и для отечественных сводов правил с добавлением в них руководящих приложений, т.е. технически правильным было бы название свод правил и руководств. Учитывая сугубо технический и методический характер, а также наукоемкость сводов правил и руководств, необходимо ограничить открытую публикацию на стадиях разработки документов данного наполнения только информацией о структуре, содержании и ходе подготовки проектов.

Таким образом, своды правил обеспечения целостности элементов ядерных установок как в гражданской, так и в оборонных сферах регулирования ядерной и радиационной безопасности объектов должны стать отечественным аналогом зарубежных кодов по своей структуре, впитать в себя весь опыт развития ядерной энергетики, обеспечить современный уровень конструирования, изготовления, монтажа, эксплуатации и утилизации элементов ядерных установок, стать основой для документального подтверждения соответствия продукции и разработки стандартов организаций с учетом специфики их производственных процессов.

Предложенные подходы к формированию современного нормативно-методического обеспечения работоспособности элементов ядерных установок и совершенствованию механизмов регулирования качества продукции (изделий для объектов использования атомной энергии) и безопасности объектов в целом могут послужить основой для подготовки проектов постановлений правительства, необходимость принятия которых регламентирована статьей 5 об

особенностях технического регулирования в отношении объектов, для которых устанавливаются требования, связанные с обеспечением ядерной и радиационной безопасности в области использования атомной энергии Федерального закона «О техническом регулировании» [9]. Наличие федеральных норм и правил в отношении обеспечения безопасности объектов использования атомной энергии и является данной особенностью, в то время как в отношении изделий (оборудования, труб, фасонных деталей, сварочных материалов и др., т.е. продукции поставщиков), которые используются при сооружении, перевозках, эксплуатации и хранении, современные процедуры и требования к их качеству и долговечности еще не сформированы.

Данная ситуация может быть исправлена, если подготовить и ввести в действие технический регламент, например, о безопасности изделий для объектов использования атомной энергии. При этом для государственного надзора за соблюдением данного технического регламента потребуются документы системы стандартизации, т.е. национальные (международные стандарты) и своды правил, перечень которых должен быть установлен до введения в действие указанного технического регламента.

Работа над проектами свода правил обеспечения целостности удерживающих давление элементов ядерных установок с натриевым и водным теплоносителями уже ведется, и можно говорить о практических аспектах работы. Не останавливаясь на проблемах оптимального соотношения преимуществ свода правил с нормативной базой Советского Союза, с одной стороны, и необходимости гармонизации с зарубежными подходами, с другой, что вызвано интеграцией отечественной ядерной энергетики в международное сообщество, выскажу лишь опасение за последующую актуализацию отечественных сводов правил.

Цикл разработки первого издания свода правил составляет 4 года, и на данный период определены заказчики (по инновационным проектам — Государственная корпорация «Росатом», по энергоблокам с ВВЭР — эксплуатирующая организация). Получив результат контракта, у заказчика нет оснований для продолжения работ по актуализации свода правил и его периодическому переизданию. Эти работы

должны проводиться, как и во всех других странах, за счет пользователей сводов правил (кодов). В нашей стране такой механизм еще не создан, и его отсутствие может привести к тому, что отечественные своды правил будут заморожены в первом издании на длительный период, а коллективы технических специалистов разработки и кооперация организаций распадутся.

Вероятно, именно данный аспект жизни отечественных сводов правил может стать критической зоной для их практического применения. Уже сегодня следует задуматься над созданием организационно-финансовых основ поддержания сводов правил в ядерной энергетике на текущем научно-техническом уровне в будущем. При этом вопросы обеспечения других, кроме целостности, критериев обеспечения работоспособности компонентов ядерных установок (внутрикорпусных устройств, датчиков, выемных частей и др.) могут органически вмонтироваться в последующие издания сводов правил и руководств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **An International Code** «2007 ASME Boiler & Pressure Vessel Code». The American Society of Mechanical Engineers, 2007.
2. **RCC-M**. Règles de Conception et de Construction des Matériels Mécaniques des Îlots Nucléaires REP. AFCEN, 2001.
3. **RCC-MR**. Design and Construction Rules for Mechanical Components of Nuclear Installations. AFCEN, Edition 2007.
4. **Safety Standards** of the Nuclear Standards Commission (KTA). KTA-Geschaftsstelle c/o Bundesamt fuer Strahlenschutz. Germany, 1998.
5. **Нормы** расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. ПНАЭ Г-7-002-86. М.: Энергоатомиздат, 1989.
6. **Правила** устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. ПНАЭ Г-7-008-89. М.: Энергоатомиздат, 1990.
7. **Сварка** и наплавка. Основные положения. ПНАЭ Г-7-009-89. М.: Энергоатомиздат, 1991.
8. **Сварные** соединения и наплавки. Правила контроля. ПНАЭ Г-7-010-89. М.: Энергоатомиздат, 1991.
9. **Федеральный закон** «О техническом регулировании» в ред. от 01.05.2007 г. № 65-ФЗ и от 30.12.2009 г. № 385-ФЗ.
10. **Федеральный закон** «Об использовании атомной энергии» № 28-ФЗ от 20.10.1995 г.

Поступила в Редакцию 25.06.10