

АЭС: 25 ЛЕТ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРАКТИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ



University-Industry Cooperation в Украине в области обеспечения и оценивания безопасности информационно-управляющих систем.

Атомная энергетика – сегмент особо пристального внимания в экономической и социально-политической жизни любого государства. Атом может быть мирным, созидающим, но его энергия может стать и разрушительной, нанести непоправимый вред окружающей среде – нашему общему природному дому, а также жизни и здоровью людей – самому важному ресурсу любой страны. И здесь на помощь мирному атому должны прийти ученые, исследователи, глубоко осознающие степень возложенной на них миссии гармонизации бе-

зопасного сосуществования человека и атома на нашей общей зеленой планете.

Украина – особая страна, со своей особой миссией. Относительно небольшая страна подарила миру большое количество открытий в области атомной энергетики. И этой же стране суждено было испытать последствия самой страшной в истории человечества Чернобыльской катастрофы, произошедшей 30 лет назад. Поэтому, с осознанием своей особой миссии, Украина занимает важное место в исследованиях, относящихся к безопасности атомных электростанций (АЭС).

АЭС в Украине производят около 50% электроэнергии, что определяет ее стратегическое положение среди других отраслей. Функционируют 15 реакторов на Запорожской, Ровенской, Южно-Украинской и Хмельницкой АЭС с суммарной мощностью в 13 880 МВт. Украина входит в топ-5 крупнейших производителей атомной энергии в Европе и TOP10 в мире. Естественным требованием к АЭС является ограничение негативного влияния на окружающую среду и персонал.

Развитие информационных технологий привело к их широкому внедрению на АЭС. Важной задачей является обеспечение безопасной эксплуатации цифровых информационно-управляющих систем (ИУС), являющихся, в свою очередь, ключевым звеном безопасности станций.

Обеспечение и оценивание безопасности АЭС осуществляется в треугольнике «эксплуатирующая организация (несет основную ответственность за безопасную эксплуатацию) – поставщик (несет ответственность за разработку и производство безопасного оборудования) – регулирующий орган (является государственной организацией, отвечающей за государственное регулирование, независимую оценку и выдачу разрешительных документов по эксплуатации)». Регулирующим органом является Государственная инспекция ядерного регулирования Украины, а непосредственную работу с АЭС и поставщиками проводят организации технической поддержки. Одна из них – Государственный научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности (ГНТЦ ЯРБ).

После получения Украиной независимости следовало создать собственную структуру, способную на должном уровне осуществлять техническую поддержку государственного регулирования в области безопасности ИУС АЭС. Для этого был создан Харьковский филиал (ХФ) ГНТЦ ЯРБ, который более 20 лет возглавлял заслуженный деятель науки и техники Украины, доктор технических наук профессор М.А. Ястребенецкий. Деятельность Центра включала: совершенствование нормативной базы и приведение ее в соответствие с международными стандартами; оценивание и повышение безопасности всех ИУС АЭС путем выполнения государственных экспертиз (проведено сотни экспертиз); участие в международных проектах, связанных с обеспечением и оцениванием ЯРБ. Эти за-

дачи решались и решаются с участием сотрудников университетов. Особенностью ХФ ГНТЦ ЯРБ было постоянное развитие University-Industry Cooperation (UIC) - участие в совместных конференциях, семинарах; преподавание в вузах; привлечение к сотрудничеству специалистов вузов в области безопасности и надежности, в частности, в 1995 г. и 2001 г. были приглашены в качестве экспертов авторы этой статьи.

В 2003 г. в журнале «Ядерная и радиационная безопасность» была опубликована статья Харченко В.С., Ястребенецкий М.А., Скляр В.В. «Новые информационные технологии и безопасность информационно-управляющих систем АЭС», определившая дальнейшие направления в области нормативного регулирования ИУС АЭС с учетом внедрения новой элементной базы, включая программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), расширения роли и номенклатуры используемого программного обеспечения, развития международной нормативной базы, новых технологий и принципов разработки ИУС АЭС.

Следует отметить, что ко многим из исследований, выполненных в рамках обозначенных направлений, применимо определение «впервые в мире» или «одни из первых в мире». Так, впервые было выполнено обоснование структуры и процессов жизненного цикла безопасности ИУС АЭС на базе ПЛИС. Результаты исследований были использованы при проектировании и оценивании безопасности нового поколения ИУС АЭС на базе ПЛИС, разработанных НПП «Радий», таких как системы аварийной и предупредительной защиты реактора, автоматического регулирования, разг-



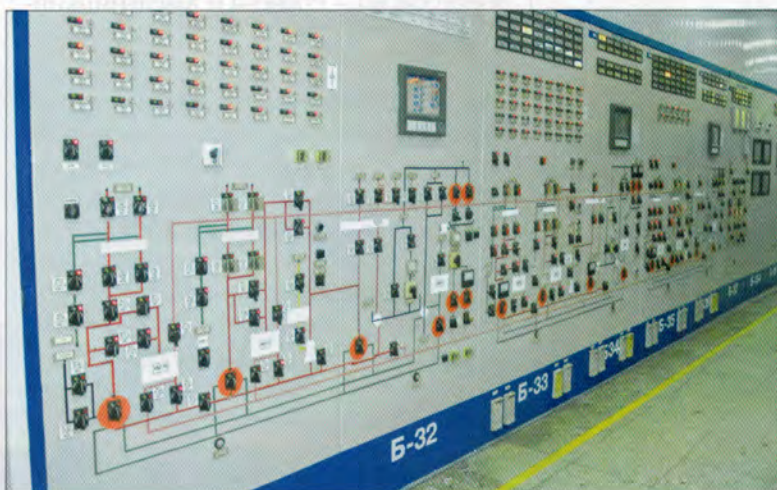
Вячеслав ХАРЧЕНКО

Заслуженный изобретатель Украины, д.т.н., профессор, заведующий кафедры компьютерных систем и сетей ХАИ, директор НТЦ исследования и анализа безопасности инфраструктур НПП «Радий»



Владимир СКЛЯР

Д.т.н., профессор кафедры компьютерных систем и сетей ХАИ



Панели из состава управляющей системы безопасности, Ривенская АЭС, энергоблок 2, система произведена НПП «Радий».

рузки и ограничения мощности реактора, группового и индивидуального управления регулирующими органами реактора, нормальной эксплуатации реакторного и турбинного отделений и др. Результаты украинских разработок были в дальнейшем внедрены в положения стандартов Международной электротехнической комиссии (например, IEC 62566:2011 Nuclear power plants – Instruments and control important to safety – Development of HDL-programmed integrated circuits for systems performing category A functions) и учтены в практиках национальных регулирующих органов. Например, регулирующий орган США выпустил в 2009 г. технический отчет EPRI TR-1019181 Guidelines on the Use of Field Programmable Gate Arrays (FPGAs) in Nuclear Power Plant I&C Systems, учитывающий украинский опыт оценивания и обеспечения безопасности ИУС АЭС на базе ПЛИС.

Еще одним важным направлением являлось обоснование диверсности ИУС АЭС, разработанной на базе ПЛИС. Впервые было проведено оценивание и обоснование безопасности системы управления и защиты реактора, в которой диверсные комплекты АЗ-ПЗ были выполнены с применением разных программно-аппаратных средств с использованием различных типов ПЛИС. Подобный подход был внедрен на всех 15 энергоблоках АЭС Украины и подтвержден более чем десятилетней безопасной эксплуатацией.

Проведенные исследования во многом определили успешное лицензирование, внедрение и эксплуатацию ИУС на энергоблоках украинских АЭС. В 2004 г. в Украине были введены в эксплуатацию два новых энергоблока – Ровно-4 и Хмельницкий-2,

на которых были применены ИУС нового поколения, в том числе и на базе ПЛИС.

Полученные за годы деятельности практические и теоретические результаты обобщены в монографиях «Безопасность атомных станций: информационные и управляющие системы» (2004) и «Системы управления и защиты ядерных реакторов» (2011), выпущенных киевским издательством «Техніка» под редакцией Ястребенцкого М.А. и Харченко В.С. В 2014 г. в США под их редакцией вышла монография NPP Instrumentation and Control Systems for Safety and Security, подготовленная совместно сотрудниками ГНТЦ ЯРБ, НПП «Радий» и ХАИ.

Важным событием в области ИУС было создание в 2007 г. на базе кафедры компьютерных систем и сетей ХАИ научно-технического центра исследования и анализа безопасности инфраструктур (НТЦ ИАБИ), в основу деятельности которого положена модель spin off компании (разновидность дочерней компании). Центр был создан для поддержки деятельности НПП «Радий» при лицензировании и сертификации ИУС АЭС в Украине и за рубежом. Чем уникальна эта организация среди многочисленных «коллег по цеху»? Прежде всего, принципами реализации возложенной на сотрудников миссии. Принципы эти – изучение и применение базы самых высоких международных стандартов в своей сфере, преемственность научных школ разных поколений, максимально тесная связь теории базы и четкого осознания практических целей и методов их применения. Молодые ученые, осознающие значение исследований, и при поддержке своих наставников гораздо эффективнее могут внед-



рять результаты исследований в быстро меняющемся современном мире. Соединение воедино научного и бизнес-ориентированного опыта в области технического консалтинга позволило получить уникальные для украинского и мирового рынка результаты.

Первым крупным проектом, выполненным с участием НТЦ ИАБИ, являлась поддержка лицензирования УСБ (управляющей системы безопасности), разработанной и поставленной НПП «Радий» для АЭС Козлодуй (Болгария, 2008-2010 гг.). Это был крупнейший контракт, выполненный украинским предприятием на сумму более 100 млн евро.

В основе достижений НТЦ ИАБИ отметим следующие подходы к УСБ: построение долговременных отношений с владельцами бизнеса и его общее понимание; выполнение нескольких небольших успешных проектов, предшествующих крупному проекту; значительный опыт и экспертные знания по предполагаемым направлениям деятельности (в данном случае – в надежности и безопасности ИТ); наработка навыков, которые могут быть потенциально востребованы индустрией; наращивание опыта международной деятельности и знание английского языка. Будучи практиками в области УСБ, сотрудники НТЦ ИАБИ, кроме решения задач лицензирования и сертификации, развивали следующие направления: разработка концепции и запуск Украинского УСБ агентства; постоянный диалог между представителями индустрии и университетов, выполнение совместных проектов продвижения в Украине концепции УСБ, в частности, регулярное проведение в Украине семинаров BASiC (Workshop on Business Analysis and Project Management for Innovative Startups in Critical Domains) и других тематических мероприятий; участие в проектах Евросоюза по программе TEMPUS; постоянное участие с 2013 г. в качестве спикеров в международных конференциях University-Industry Interaction Conference (организатор University Industry Innovation Network), других форумах, посвященных УСБ; развитие и внедрение практических и теоретических положений концепции УСБ.

В 2012 г. с участием сотрудников Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка была создана spin off компания Poltava-V&V – дополнительная площадка НТЦ для независимой верификации и валидации НПП



Вячеслав Харченко, Владимир Скляр (Идеи приходят на Капри)

«Радий». Здесь разработана и внедрена технология верификации и валидации полного жизненного цикла платформы и ИУС на базе ПЛИС, включая: технические обзоры документации; трассировку требований; статический анализ кода; тестирование, временное и логическое моделирование программных модулей и интегрированного кода; тестирование интегрированных программно-аппаратных средств; тестирование диагностических функций с внесением программно-аппаратных дефектов.

В период 2011-2014 гг. на НПП «Радий»

был выполнен первый в мире проект по разработке и сертификации программируемого логического контроллера (ПЛК) на базе ПЛИС.

Последняя технология заслуживает особого внимания, поскольку обладает мировой новизной с точки зрения реализации засева дефектов в платформу безопасности на базе ПЛИС, включая аппаратную часть и программный код.

Таким образом, развитие УСБ в области лицензирования и сертификации ИУС АЭС привело к созданию научного направления и школы по обеспечению и оцениванию функциональной безопасности ИТ.

Следует отметить ряд инновационных проектов, выполненных на НПП «Радий» в рамках УСБ при поддержке НТЦ ИАБИ и Poltava-V&V (представлены ниже).



Блочный щит управления энергоблока 2 Ривненской АЭС после модернизации, выполненной с участием НПП «Радий» в 2008 г.

В период 2011-2014 гг. на НПП «Радий» был выполнен первый в мире проект по разработке и сертификации программируемого логического контроллера (ПЛК) на базе ПЛИС. Данная платформа получила название RadICS. Сертификация осуществлялась на соответствие требованиям стандарта МЭК 61508, который реализует наиболее высокий уровень требований по безопасности к программируемым компонентам и системам.

В 2013-2014 гг. НПП «Радий» заключил контракты с канадской компанией Candu Energy (разработчик тяжеловодного реактора CANDU) на проектирование и производство двух систем безопасности на базе ПЛИС для аргентинской АЭС Эмбалсе: аварийной сигнализации щитов управления и измерения скорости вращения главного циркуляционного насоса. В этом проекте НПП «Радий» впервые реализовал лицензирование ИУС АЭС на базе ПЛИС по требованиям Канады и Аргентины.

В 2014-2015 гг. НПП «Радий» выполнил исследовательский проект в партнерстве с Electricite de France по разработке и изготовлению тестового прототипа для изучения контроллера на базе ПЛИС. Несмотря на исследовательский характер проекта, для разрабатываемой ИУС был реализован жизненный цикл согласно стандартам, применяемым в лицензионной практике во Франции.

В 2015-2016 гг. НПП «Радий» разработал систему управления исследовательским реактором для научно-исследовательского института CNEN-IPEN (Бразилия). Лицензирование системы выполнялось согласно регулирующим требованиям Бразилии.

С 2015 г. НПП «Радий» проводит работы по сертификации платформы RadICS согласно требованиям регулирующего органа США (Nuclear Regulatory Commission, NRC). Данная программа рассчитана на несколько лет, поскольку в рамках данной сертификации предъявляются достаточно жесткие требования к продукту, в особенности, к процессу жизненного цикла и к тестированию на устойчивость к внешним воздействующим факторам.

Несмотря на достигнутые успехи, дальнейшее развитие ИУС в рассматриваемой области сопряжено с рядом проблем, прежде всего, кадровых. Усложнение ИУС АЭС приводит к тому, что для их оценивания необходимы все более глубокие инженерные знания. В то же время специалисты предпочитают трудоустройство в области ИТ, характеризуемой более высокими зарплатами и не таким уровнем ответственности. Непосредственная подготовка специалистов в области безопасности ИУС и ИТ (safety engineer) в Украине не выполнялась. В ХАИ подготовка бакалавров и магистров по cyber security / safety начата с 2012 г.

Тем не менее, накопленный опыт ИУС в области обеспечения и оценивания безопасности ИУС АЭС позволяет говорить о перспективности дальнейшего сотрудничества в следующих направлениях: кибербезопасность ИУС АЭС, включая композицию свойств security и safety; применение и развитие методологии Assurance Case, включая разработанное в Украине направление Assurance Case Driven Design; разработка моделей эффективного и оптимального распределения ресурсов на сертификацию и лицензирование; внедрение опыта, полученного в международных проектах, в практику лицензирования и сертификации украинского регулирующего органа; дальнейшее развитие теории и практики ИУС.

Мир меняется, теории могут устаревать и не успевать за стремительно изменяющимися реалиями. Однако любовь к своему делу и понимание важности практических результатов по-прежнему стоят на страже безопасности и прогресса. ■