

Новые нормативные документы, регламентирующие требования к информационным и управляющим системам, важным для безопасности АЭС

Представлены сведения о разработанных ГНТЦ ЯРБ проектах новых нормативных документов (нормативно-правового акта Государственной инспекции ядерного регулирования Украины и отраслевого стандарта Министерства энергетики и угольной промышленности Украины), которые предназначены для замены НП 306.5.02/3.035 «Требования по ядерной и радиационной безопасности к информационным и управляющим системам, важным для безопасности атомных станций».

Ключевые слова: АЭС, безопасность, информационные и управляющие системы, категория сейсмостойкости, класс безопасности, нормативная база, нормативно-правовой акт, отраслевой стандарт, функция безопасности.

Ю. В. Розен, М. О. Ястребенецкий

Нові нормативні документи, що регламентують вимоги до інформаційних і керуючих систем, важливих для безпеки АЕС

Подано відомості про розроблені ДНТЦ ЯРБ проекти нових нормативних документів (нормативно-правового акта Державної інспекції ядерного регулювання України та галузевого стандарту Міністерства енергетики та вугільної промисловості України), які призначені для заміни НП 306.5.02/3.035 «Вимоги з ядерної та радіаційної безпеки до інформаційних і керуючих систем, важливих для безпеки атомних станцій».

Ключові слова: АЕС, безпека, інформаційні та керуючі системи, категорія сейсмостійкості, клас безпеки, нормативна база, нормативно-правовий акт, галузевий стандарт, функція безпеки.

© Ю. В. Розен, М. О. Ястребенецкий, 2014

В настоящее время на всех АЭС Украины осуществляется модернизация действующих информационных и управляющих систем (ИУС) в рамках программ повышения безопасности и продления срока эксплуатации действующих энергоблоков. Модернизация действующих и разработка новых ИУС базируются на современных информационных технологиях, применении новых электронных компонентов, локальных сетей, волоконно-оптических линий передачи данных, компьютерных средств диагностики, отображения, архивирования.

При разработке и оценке всех новых и модернизированных ИУС используется документ НП 306.5.02/3.035 [1]. Однако уже после его выхода в 2000 году были введены в действие новые нормативно-правовые акты Украины: НП 306.2.141 [2], НП 306.2.145 [3], НП 306.2.106 [4] и др., а также стандарты Международного агентства по атомной энергии (IAEA), Международной электротехнической комиссии (IEC), Международной организации по стандартизации (ISO), Европейского комитета по стандартизации в электротехнической и электронной индустрии (GENELEC), которые существенно ужесточили требования к информационным и управляющим системам и их компонентам в части классификации по безопасности, электромагнитной совместимости, сейсмостойкости, квалификации оборудования, верификации программного обеспечения и т. д.

Некоторые из международных стандартов имплементированы в Украине путём выпуска соответствующих государственных стандартов, идентичных международным (ДСТУ IEC, ДСТУ ISO и др.). Требования к ИУС и их компонентам регламентированы также в ряде межгосударственных стандартов (ГОСТ) и/или в идентичных им государственных стандартах Украины (ДСТУ ГОСТ), однако к настоящему времени эти требования во многом устарели и нередко противоречат не только новым нормативно-правовым актам Украины и международным стандартам, но и друг другу.

В связи с этим возникла необходимость пересмотра действующей нормативной базы и её усовершенствования с учётом практических результатов создания (модернизации, реконструкции) и эксплуатации ИУС и их компонентов на ядерных энергоблоках Украины, особенностей современных информационных технологий, опыта мирового сообщества, аккумулированного в национальных и международных стандартах по безопасности АЭС.

В соответствии с Планом прикладных исследований в сфере ядерного регулирования на 2008 год, утверждённым председателем Госатомрегулирования Украины, в ГНТЦ ЯРБ пересмотрены действующие нормы и правила НП 306.5.02/3.035 [1] с учетом опыта их применения, рекомендаций IAEA и предложений заинтересованных украинских организаций и предприятий, и в марте 2010 года представлен проект нового нормативно-правового акта. При рассмотрении предложенного проекта Госатомрегулированием Украины было принято решение о том, что при разработке национальной нормативно-правовой базы Украины в области ядерной и радиационной безопасности следует разграничивать *регулирующие требования* (которые должны содержаться в нормативно-правовых актах Госатомрегулирования Украины) и *технические требования* (которые будут предметом нормирования соответствующих отраслевых стандартов). Подразумевалось, что такое разделение будет способствовать усовершенствованию разрабатываемых норм, правил и стандартов по ядерной и радиационной безопасности, а также

адаптации национальной нормативно-правовой базы к законодательству Европейского Союза. Исходя из этого, Государственная инспекция ядерного регулирования Украины и Министерство энергетики и угольной промышленности Украины решили, сохранив общий объём и структуру предложенного проекта, разделить все содержащиеся в нём требования между двумя нормативными документами:

- нормативно-правовым актом «Требования по ядерной и радиационной безопасности к информационным и управляющим системам, важным для безопасности атомных станций» (далее — НПА);
- отраслевым стандартом «Информационные и управляющие системы, важные для безопасности атомных станций. Общие технические требования» (далее — СОУ), заказчиком которого выступила Национальная энергогенерирующая компания (НАЭК) «Энергоатом».

При этом предусматривалось, что такой же подход к разграничению регулирующих требований по ядерной и радиационной безопасности и технических требований, обеспечивающих соответствие поставляемой продукции и/или выполняемых работ этим регулирующим требованиям, будет использован при разработке других нормативно-правовых актов Госатомрегулирования Украины и соответствующих им стандартов более низкого иерархического уровня.

Цель и задачи разработки

Цель разработки НПА — установление *регулирующих* требований к проектированию, изготовлению, испытаниям, вводу в действие и эксплуатации ИУС и их компонентов: программно-технических комплексов (ПТК) и их эксплуатационно-автономных составных частей; эксплуатационно-автономных технических средств автоматизации (ТСА), входящих в состав ИУС и/или ПТК; программного обеспечения (ПО) как составной части ИУС, ПТК и, возможно, ТСА. Соответствие этим регулирующим требованиям рассматривается как *необходимое* условие обеспечения функциональной безопасности* ИУС, ПТК, ТСА и ПО.

Цель разработки СОУ — установление *технических* требований, выполнение которых обеспечит на всех этапах жизненного цикла соответствие ИУС, важных для безопасности, и их компонентов регулирующим требованиям, установленным в НПА.

Разрабатываемые нормативные документы будут использоваться специалистами НАЭК «Энергоатом», других организаций и предприятий, Государственной инспекции ядерного регулирования Украины и экспертных организаций, которые осуществляют:

- разработку проектов создания новых и модернизации (модификации, реконструкции) действующих ИУС, важных для безопасности, на атомных электростанциях Украины;
- разработку, изготовление, испытания и поставку компонентов (ПТК, ТСА, ПО) для комплектации таких систем;

* Функциональная безопасность — свойство, которое заключается в способности правильно выполнять все требуемые функции, важные для безопасности, и соответствовать заданным характеристикам при всех предусмотренных проектом режимах и условиях эксплуатации, нарушениях условий эксплуатации и проектных авариях. Говоря о безопасности применительно к ИУС, ПТК, ТСА и ПО, предполагают, по умолчанию, именно функциональную безопасность.

монтаж, наладку, интеграцию, предварительные испытания новых и модернизированных ИУС, важных для безопасности;

эксплуатацию (использование по назначению, регламентное обслуживание, периодическую проверку, поддержание в работоспособном состоянии) и дальнейшую модернизацию ИУС и/или их компонентов;

оценку безопасности ИУС и их компонентов на всех этапах жизненного цикла.

Разработка и согласование нормативных документов

При разработке НПА и СОУ учитывались требования (рис. 1):

действующих в Украине норм и правил по ядерной и радиационной безопасности АЭС [2—9];

международных стандартов, относящихся к безопасности атомных станций [10—23], и идентичных им государственных стандартов Украины [24—29];

международных общепромышленных стандартов [30—44] и идентичных им государственных стандартов Украины [45—57], применимых к отечественным ИУС и/или их компонентам.

Оба документа разработаны ГНТЦ ЯРБ**, окончательные редакции проектов НПА и СОУ представлены заказчиком в 2012 году.

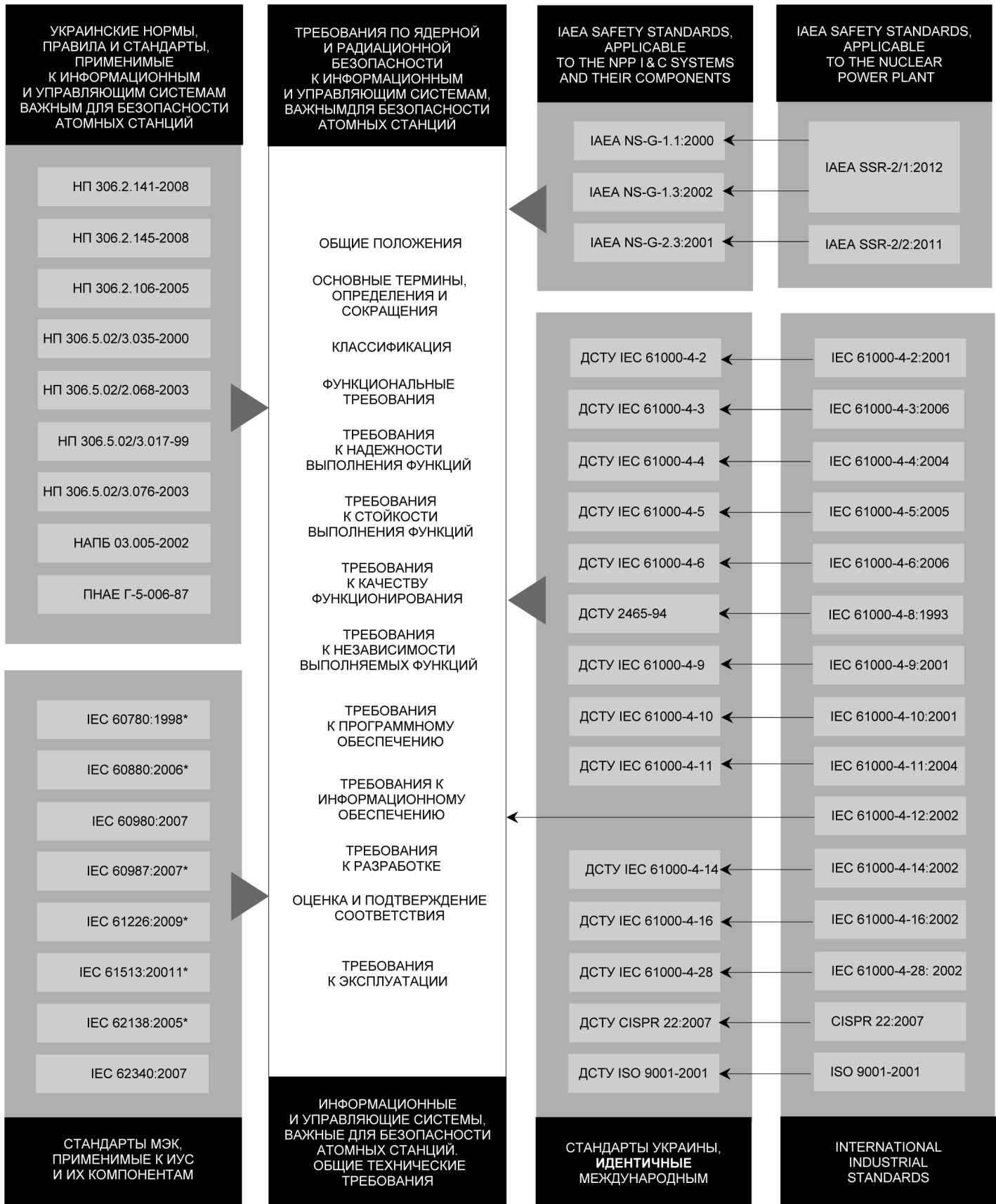
Проекты авторской, первой и окончательной редакций НПА и СОУ рассылались на отзыв в НАЭК «Энергоатом» и его обособленные подразделения (АЭС), Харьковский и Киевский институты «Энергопроект», ООО «Вестрон», НПП «Радий», Северодонецкое НПО «Импульс», ХГПЗ им. Т. Г. Шевченко, Харьковский НИИ комплексной автоматизации. Отзывы с замечаниями и предложениями по каждой редакции получены от всех организаций, по мнению которых ввод в действие разрабатываемых нормативных документов является своевременным и необходимым. Отмечены высокий научно-технический уровень разработки и достаточная степень гармонизации с международными стандартами.

Замечания и предложения касались терминологии, классификации, требований к точности, невосприимчивости к электромагнитным помехам, порядка разработки и испытаний. Все замечания и предложения по каждой редакции зафиксированы в сводках отзывов и рассмотрены разработчиками проектов НПА и СОУ.

Приняты к сведению общие оценки, которые не требуют изменений в текстах, а также замечания и предложения, которые признаны целесообразными, но не могут быть учтены в полном объёме или частично, поскольку требуют специального решения или отдельного согласования с заказчиками НПА (Государственной инспекцией ядерного регулирования Украины) и/или СОУ (НАЭК «Энергоатом»).

Приняты замечания и предложения, которые указывают на ошибки в тексте, улучшают изложение отдельных требований, устанавливают новые или уточняют имеющиеся требования с учётом реальных условий и/или практического

** В разработке НПА и СОУ, кроме авторов статьи, принимали участие сотрудники Харьковского филиала ГНТЦ ЯРБ О. Н. Бутова, С. В. Виноградская, В. М. Гольдрин, А. Л. Клевцов, С. А. Трубочанов, сотрудники Кировоградского НПП «Радий» В. В. Скляр и А. М. Юревич, В. Д. Крицкий (ГНТЦ ЯРБ), Г. Ю. Пивоваров (Северодонецкое НПО «Импульс»), Ю. В. Гашева (НАЭК «Энергоатом»), специалисты украинских АЭС, проектных институтов, других организаций и предприятий, рассмотревшие проекты документов и сделавшие полезные замечания и рекомендации.



* РАЗРАБОТАН ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ УКРАИНЫ, ИДЕНТИЧНЫЙ ЭТОМУ МЕЖДУНАРОДНОМУ СТАНДАРТУ

Рис. 1. Нормы, правила и стандарты, регламентирующие требования к функциональной безопасности ИУС и их компонентов

Таблица 1. Стандарты, требующие пересмотра

Номер стандарта	Наименование	Оценка
ГОСТ 23765–79	Аппаратура контроля радиационной безопасности на атомных электростанциях. Общие технические требования к каналу передачи данных	Требуют пересмотра с учётом новых отечественных и международных норм, правил и стандартов
ГОСТ 24789–81	Каналы измерительные системы внутриреакторного контроля ядерных энергетических корпусных реакторов с водой под давлением. Общие технические требования	
ГОСТ 25804.1–83 ГОСТ 25804.2–83 ГОСТ 25804.3–83 ГОСТ 25804.5–83 ГОСТ 25804.6–83 ГОСТ 25804.7–83	Аппаратура, приборы, устройства и оборудование системы управления технологическими процессами атомных электростанций	Не соответствуют требованиям новых отечественных и международных норм, правил и стандартов. Целесообразно отменить в Украине
ГОСТ 25804.4–83 ГОСТ 25804.8–83		Требуют пересмотра с учётом новых отечественных и международных норм, правил и стандартов
ГОСТ 26344.0–84	Аппаратура ядерного приборостроения для атомных станций. Основные положения	Не соответствует требованиям новых отечественных и международных норм, правил и стандартов. Целесообразно отменить в Украине
ГОСТ 26635–85	Реакторы ядерные энергетические корпусные с водой под давлением. Общие требования к системе внутриреакторного контроля	Требуют пересмотра с учётом новых отечественных и международных норм, правил и стандартов
ГОСТ 26843–86	Реакторы ядерные энергетические. Общие требования к системе управления и защиты	
ГОСТ 27445–87	Системы контроля нейтронного потока для управления и защиты ядерных реакторов. Общие технические требования	
ГОСТ 27452–87	Аппаратура контроля радиационной безопасности на атомных электростанциях. Общие технические требования	
ГОСТ 29075–91 ДСТУ ГОСТ 29075	Системы ядерного приборостроения для атомных электростанций. Общие требования	

опыта, и вместе с тем не противоречат действующим нормам и правилам по ядерной и радиационной безопасности и международным стандартам.

Учтены замечания и предложения, содержащие отдельные рациональные положения, которые, однако, не могут быть приняты в полном объёме или которые целесообразно изложить в другой редакции, чем предложенная в отзыве.

Отклонены ошибочные или необоснованные замечания и предложения, не имеющие существенных расхождений с редакцией проекта НПА (СОУ), не относящиеся к предмету нормативного регулирования, не соответствующие действующим в Украине нормам и правилам, не учитывающие или противоречащие требованиям международных стандартов.

По каждому замечанию (предложению) в сводках отзывов приведен вывод, сделанный разработчиками, который сопровождается необходимыми обоснованиями или пояснениями. Замечания и предложения, которые были

отклонены, приведены в протоколах разногласий вместе с обоснованиями причин их отклонения. Все принятые и учтённые замечания и предложения внесены в окончательные редакции проектов НПА и СОУ.

Окончательные редакции проектов НПА и СОУ рассмотрены и согласованы департаментами НАЭК «Энергоатом» и всеми АЭС Украины. Окончательная редакция проекта НПА согласована юридическим отделом Госатомрегулирования Украины, Министерством энергетики и угольной промышленности Украины и готовится к регистрации в Министерстве юстиции Украины.

НПА и СОУ предложено ввести в действие одновременно, после чего НП 306.5.02/3.035 [1] может быть аннулирован. При этом целесообразно пересмотреть и, при необходимости, исключить из числа действующих в Украине ряд межгосударственных стандартов, относящихся к ИУС и их компонентам (табл. 1).

Характеристики нормативных документов

НПА содержит следующие разделы*.

Общие положения. Определена область нормативного регулирования, указаны источники разработки, регламентируется обязательность соблюдения регулирующих требований, приведенных в НПА. Указано, в частности, что этим требованиям должны соответствовать новые или модернизированные ИУС и их компоненты, если на момент ввода в действие НПА не получено разрешение Государственной инспекции ядерного регулирования Украины на проведение их монтажа. Необходимость, объём и сроки приведения в соответствие с требованиями НПА тех ИУС и/или их компонентов, для которых такое разрешение получено либо которые уже эксплуатируются на АЭС, должны определяться эксплуатирующей организацией (НАЭК «Энергоатом») по согласованию с Государственной инспекцией ядерного регулирования Украины.

Основные термины, определения и сокращения. Определены около 60 основных понятий, которые дополняют термины, введенные в нормах и правилах [2–9], или конкретизируют имеющиеся в них определения применительно к ИУС и их компонентам. В частности, определены такие понятия, как верификация; основная, дополнительная, заданная и требуемая функция; предупредительная, аварийная и технологическая защита; категория функции; конфигурация системы (компонента) и управление конфигурацией; рабочие и предельные условия эксплуатации; стойкость и невосприимчивость к внешним воздействиям; эксплуатационно-автономное устройство. В дополнение к ним ещё около 40 понятий определены в СОУ.

Классификация. Установлено разделение функций автоматического контроля и управления технологическими процессами и оборудованием по категориям, ИУС и их компонентов — по назначению и классам безопасности.

Классификация функций по категориям (А, В и С) учитывает их роль в достижении и поддержании безопасности, а также возможные последствия, вызванные невыполнением или ошибочным выполнением функции, как рекомендовано в международном стандарте IEC 61226 [20], принятом в большинстве европейских стран.

- Категория А назначается функциям:

обеспечивающим аварийную защиту (аварийную остановку реактора и поддержание активной зоны в подкритическом состоянии), аварийный отвод тепла, предотвращение (ограничение) выхода радиоактивных веществ за предусмотренные границы;

поддерживающим действия оперативного персонала, направленные на предотвращение возникновения аварийной ситуации или аварии;

отказы которых могут привести к аварийной ситуации или аварии, если эти последствия не может ослабить никакая другая функция категории А;

обнаруживающим возникновение и/или ограничивающим последствия опасных событий (например, землетрясения или пожара), которые могут привести к аварийной ситуации или аварии.

- Категория В назначается функциям (если они не отнесены к категории А):

предотвращающим возникновение исходных событий, которые могли бы вызвать нарушение нормальной эксплуатации, или обнаруживающим такие события, или ограничивающим их негативные последствия;

поддерживающим действия оперативного персонала, направленные на предотвращение нарушений нормальной эксплуатации или ограничение их негативных последствий;

отказы которых в режиме нормальной эксплуатации требуют инициировать выполнение функций категории А для того, чтобы предотвратить возникновение аварийной ситуации или аварии;

обеспечивающим удержание основных параметров процесса в установленных (допускаемых) границах при условии, что отказы этих функций приводят к необходимости инициировать выполнение функций категории А для того, чтобы предотвратить возникновение аварийной ситуации или аварии;

предназначенным для автоматического контроля технического состояния систем и компонентов, которые участвуют в выполнении функций категории А, непрерывной демонстрации их готовности к выполнению этих функций и/или для обнаружения нарушений работоспособности систем и компонентов и уведомления персонала о нарушениях.

- Остальным функциям, важным для безопасности, назначается категория С. Функции, не влияющие на безопасность, не классифицируются.

Классификация ИУС (рис. 2) предусматривает их разделение на:

ИУС-У, выполняющие функции безопасности;

ИУС-Н, выполняющие функции нормальной эксплуатации;

ИУС-НУ, совмещающие выполнение указанных функций.

Важными для безопасности являются ИУС-У, ИУС-НУ, а также те ИУС-Н, отказы которых приводят к нарушению эксплуатационных пределов либо препятствуют устранению этих нарушений, что может повлечь за собой возникновение аварийной ситуации. Остальные ИУС-Н не влияют на безопасность.

Каждая ИУС, важная для безопасности, должна быть отнесена к одному из трёх классов безопасности, которые обозначаются сочетанием цифры, как предусмотрено в НП 306.2141 [2], и буквы, указывающей наиболее высокую из категорий основных функций, выполняемых ИУС. Исходя из этого ИУС относят к следующим классам безопасности:

- 2(А), если среди выполняемых ИУС функций по крайней мере одна имеет категорию А;

- 3(В), если ИУС не участвует в выполнении функций категории А и по крайней мере одна из её функций имеет категорию В;

- 3(С), если ИУС не участвует в выполнении функций категории А и/или В и по крайней мере одна из её функций имеет категорию С;

- 4, если ни одна из выполняемых ИУС функций не классифицирована по категориям (ИУС считают не влияющей на безопасность).

Классы безопасности ПТК, ТСА и их составных частей определяют аналогично по самой высокой из категорий выполняемых ими функций.

Функциональные требования. Регламентированы функции управляющих систем безопасности и систем нормальной эксплуатации, включая системы контроля радиационной безопасности, внутриреакторного контроля, послеаварийного мониторинга, передачи данных, а также функции систем и оборудования блочного и резервного щитов управления.

* ОСТ имеет аналогичную структуру, а его объём за счёт детализации каждого из разделов примерно в 2,5 раза больше, чем объём НПА (более 9 печ. листов в украинской версии).

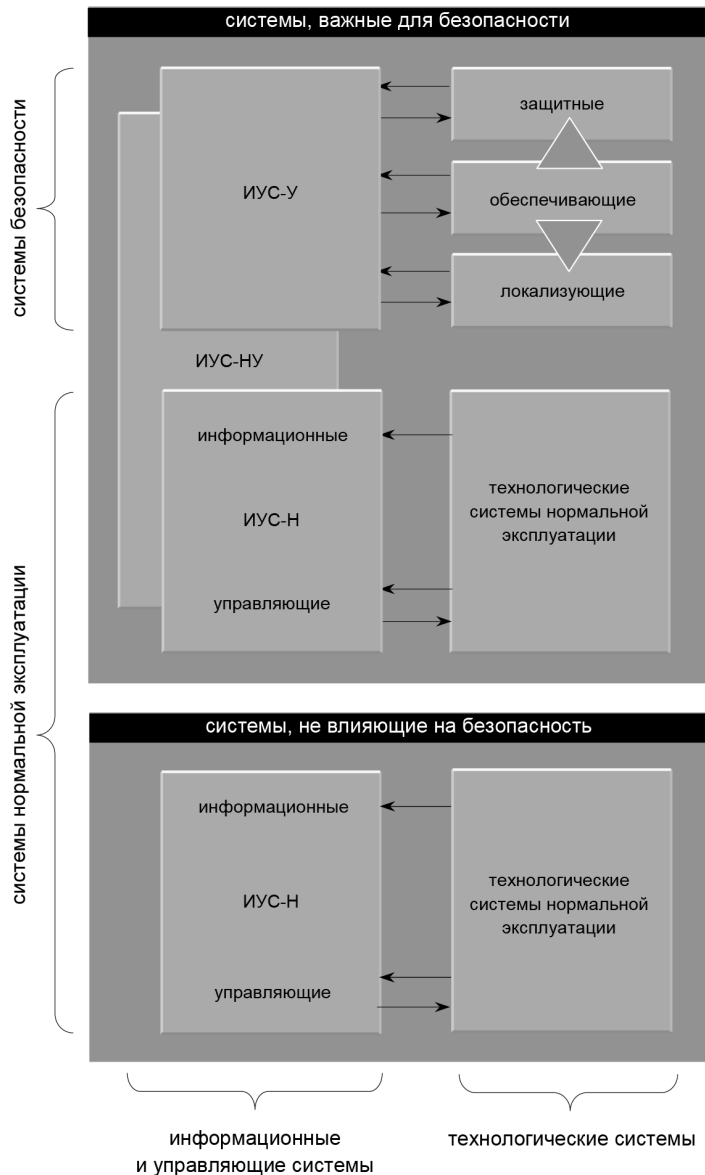


Рис. 2. Классификация ИУС по назначению, характеру выполняемых функций и влиянию на безопасность

Общие требования формулируются для предусмотренной в НП 306.2.141 [2] автоматизированной системы контроля и управления технологическими процессами энергоблока, образованной совокупностью ИУС, взаимодействующих с защитными, локализирующими, обеспечивающими системами безопасности, системами нормальной эксплуатации, технологическим оборудованием и оперативным персоналом (рис. 2).

При совмещении в одной ИУС (ПТК, ТСА) функций нормальной эксплуатации и безопасности должна быть обеспечена приоритетность выполнения последних, при этом отказ любой функции нормальной эксплуатации не должен влиять на возможность выполнения системой (компонентом) функций безопасности. Совмещение в одной ИУС (ПТК, ТСА) функций, отнесенных к разным категориям, не должно приводить к нарушению требований, относящихся к функциям более высокой категории, а отказ любой функции не должен влиять на возможность выполнения и характеристики функций

более высокой категории, выполняемых этой же системой (компонентом).

Функции управляющих систем безопасности регламентированы для ИУС-У и ИУС-НУ, которые совместно с защитными, локализирующими, обеспечивающими системами и/или элементами безопасности должны выполнять функции аварийной защиты, аварийного отвода тепла, отвода остаточного тепла от активной зоны и бассейна выдержки, предотвращения или ограничения выхода выделяющихся при авариях радиоактивных веществ за предусмотренные границы.

Управляющие системы безопасности должны выполнять предписанные функции в тех случаях, когда системы нормальной эксплуатации не в состоянии удерживать технологические параметры в установленных эксплуатационных пределах (например, вследствие отказа), а также когда требуется быстрая и надежная реакция на нарушение проектных пределов или условий безопасной эксплуатации.

После срабатывания ИУС-У (ИУС-НУ):

не должно требоваться вмешательство персонала в её работу;

все выдаваемые команды должны удерживаться на выходах системы до полного выполнения инициированных ею действий;

возможность отключения команд должна автоматически блокироваться на время, согласованное с Госатомрегулирования Украины, но не менее 10 мин.

ИУС-У (ИУС-НУ) и их компоненты должны сохранять способность к выполнению всех функций, необходимых для обеспечения безопасности, при любых воздействиях, возможных в условиях нормальной эксплуатации, при ожидаемых нарушениях нормальной эксплуатации, в аварийных ситуациях и после любой проектной аварии. Отказы компонентов должны автоматически обнаруживаться и инициировать действия, необходимые для обеспечения безопасности.

Функции систем нормальной эксплуатации регламентированы для ИУС-Н и ИУС-НУ, которые вместе с технологическим оборудованием и оперативным персоналом должны осуществлять автоматическое управление процессами выработки электроэнергии и предотвращать нарушения нормальной эксплуатации:

удерживать параметры энергоблока в заданных границах при внешних и внутренних воздействиях, возможных для каждого эксплуатационного режима;

обеспечивать приём и выдачу команд дистанционного управления, отображать их результаты, поддерживать другие действия персонала при наборе и уменьшении мощности, плановой остановке и расхолаживании реактора, перегрузке топлива;

представлять необходимую информацию персоналу, контролирующему протекание технологических процессов, работу систем нормальной эксплуатации и технологического оборудования, состояние физических барьеров на пути распространения ионизирующих излучений и радиоактивных веществ.

В случае нарушения нормальной эксплуатации, ИУС-Н и ИУС-НУ должны выполнять функции, препятствующие возникновению аварийных ситуаций:

обнаруживать отклонения от эксплуатационных пределов и/или условий нормальной эксплуатации и инициировать действия, необходимые для их устранения;

обнаруживать опасные события (землетрясение, пожар, выброс радиоактивных веществ) и автоматически

осуществлять действия, ограничивающие их последствия (оповещение персонала, блокировка механизмов, управление пожаротушением и пр.).

Установлены также требования функциям ИУС-Н, которые осуществляют:

автоматический контроль нейтронно-физических и теплогидравлических параметров активной зоны реактора, расчёты характеристик распределения нейтронного потока и поля энерговыделения, выдачу сигналов при отклонениях показателей состояния активной зоны и теплоносителя от проектных значений;

автоматизированный контроль радиационной обстановки в помещениях и на территории АЭС, в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения во всех эксплуатационных режимах, во время и после аварий и при снятии с эксплуатации;

формирование и выдачу и/или прием и расшифровку цифровых сообщений по электрическим и оптоволоконным кабелям;

поддержку персонала при анализе причин возникновения и путей протекания проектных и запроектных аварий, управлении авариями и ликвидации последствий.

Требования к надежности выполнения функций. Предусмотрены предупреждение и защита от отказов по общей причине; соблюдение принципов единичного отказа, резервирования, разнообразия; предотвращение ошибок персонала; защита от несанкционированного доступа; техническое диагностирование.

Отказы по общей причине определяются как утрата способности выполнять требуемую функцию вследствие одновременного отказа двух или большего числа резервированных частей, вызванного одним и тем же событием или причиной, которая может быть обусловлена недостатком проекта, дефектом изготовления, ошибкой персонала при эксплуатации или техническом обслуживании, внешним воздействием, зависимыми отказами в резервированных частях ИУС (ПТК).

Предупреждение отказов по общей причине должно обеспечиваться соблюдением требований НПА и СОУ, относящихся к разработке (проектированию), оценке и подтверждению соответствия, проверкам и техническому обслуживанию. Для защиты от отказов по общей причине должны выполняться требования к соблюдению принципов разнообразия, независимости, предотвращения ошибок персонала и стойкости (невосприимчивости) к внешним воздействиям. Для ИУС и ПТК, отнесенных к классу безопасности 2(А), эти требования являются обязательными; для ИУС и ПТК, отнесенных к классу безопасности 3(В) или 3(С), — рекомендуемыми.

Принцип единичного отказа предусматривает, что ИУС (ПТК) должны выполнять все требуемые функции категории А при любом исходном событии, с наложением отказа одного (любого) элемента и зависимых от него отказов других элементов, а также отказов, вызванных скрытыми нарушениями работоспособности и/или возможным влиянием самого исходного события. Принцип должен соблюдаться также во время технического обслуживания и проверки ИУС (ПТК), которые выполняют функции категории А при работающем энергоблоке*.

* По согласованию с Государственной инспекцией ядерного регулирования Украины принцип единичного отказа может не соблюдаться в течение ограниченного времени, необходимого для технического обслуживания, проверки или восстановления ИУС (ПТК) и/или их резервированных частей, при условии, что вероятность возникновения единичного отказа за это время не превышает минимального допускаемого значения, установленного для выполняемых ими функций категории А.

Для ИУС и ПТК, отнесенных к классам безопасности 2(А) и 3(В), принцип единичного отказа рекомендуется соблюдать также в отношении функций категории В (возможность скрытых нарушений работоспособности допускается не учитывать).

Принцип резервирования должен соблюдаться для ИУС и ПТК класса безопасности 2(А) за счёт использования дополнительных средств, избыточных по отношению к минимально необходимым для выполнения требуемых функций категории А. Для ИУС и ПТК классов безопасности 2(А) и 3(В) рекомендуется соблюдать принцип резервирования также в отношении требуемых функций категории В, а если они относятся к системе управления и защиты реактора (СУЗ), резервирование обязательно. При резервировании систем аварийной защиты и контроля нейтронного потока должны учитываться также требования НП 306.2.145 [3].

Принцип разнообразия формулируется для группы из двух или нескольких объектов (ИУС, ПТК), которые одновременно, резервируя друг друга, выполняют функции безопасности, идентичные в отношении достигаемых целей, если они в той или иной степени физически отличаются друг от друга и/или достигают поставленной цели разными способами. Отличия между объектами определяют вид разнообразия (проектное, функциональное, сигнальное, аппаратное, программное, субъектное или любая их комбинация). Разнообразие позволяет уменьшить вероятность одновременного отказа нескольких резервированных объектов по общей причине.

Принцип разнообразия рекомендуется соблюдать в обоснованных случаях при проектировании ИУС-Б, которые участвуют в реализации функций безопасности, и/или при разработке компонентов ПТК для таких систем. Определение необходимости или целесообразности применения разнообразия и выбор адекватного вида (видов) разнообразия производят на основе анализа возможных причин отказов, их вероятности и ожидаемых последствий.

Для ИУС (ПТК), участвующих в выполнении функции аварийной защиты, соблюдение принципа разнообразия является обязательным, а для ИУС (ПТК), участвующих в выполнении остальных функций безопасности, — по согласованию между проектировщиком ИУС (разработчиком ПТК) и эксплуатирующей организацией или заказчиком (пользователем).

Предотвращение ошибок персонала при управлении энергоблоком, проверках, техническом обслуживании, изменении конфигурации и управлении авариями должно обеспечиваться предоставлением ему полной, своевременной и достоверной информации о технологических параметрах, состоянии и функционировании ИУС, их компонентов, технологических систем и оборудования, а также физических барьеров на пути распространения ионизирующих излучений и радиоактивных веществ.

Информация о выводе из работы для технического обслуживания, проверки или восстановления и последующем включении компонентов ИУС, выполняющих функции категории А или В, должна передаваться оперативному персоналу до начала и после завершения этих действий. Предотвращение ошибок персонала должно обеспечиваться также соблюдением регламентированных в НПА и СОУ требований к техническому диагностированию, интерфейсу «человек — машина», программному обеспечению, а также требований к эксплуатации.

Защита от несанкционированного доступа к ТСА и к эксплуатационно-автономным составным частям, программному обеспечению, базам данных и архивам ПТК должна предотвращать возможность умышленного или неумышленного вывода из работы, изменения режимов, условий или алгоритмов формирования выходных сигналов и команд, изменения программ и архивных данных, порчи или хищения, которые могут создать угрозу для безопасности. Предусматривается немедленное оповещение персонала БЩУ о любой попытке изменения программ и/или данных в ПТК, отнесенных к классу безопасности 2(А), в том числе со стороны других ИУС или ПТК, а также о несанкционированном использовании РЩУ.

Показатели надежности должны нормироваться: для основных функций, которые реализуют ИУС, ПТК, ТСА;

для сменных составных частей ПТК и ТСА.

Показателем безотказности сменных составных частей должна быть средняя наработка до отказа или между отказами. Для непрерывно выполняемых функций показателями безотказности является средняя наработка между отказами или параметр потока отказов. Для функций, которые выполняются при возникновении заданных условий или по требованию, нормируется коэффициент готовности и/или параметр потока отказов. При нормировании и оценке безотказности (готовности) функции должны учитываться показатели безотказности всех элементов, которые непосредственно участвуют в её реализации и обеспечивают возможность выполнения функции. Старение и износ составных частей, отказы по общей причине, отказы ПО и ошибки персонала учитывают при наличии апробированных методик и исходных данных, позволяющих численно оценивать их влияние на надёжность.

Для ПТК и ТСА, восстанавливаемых на месте эксплуатации, нормируют среднее время восстановления (замены отказавшей составной части и последующей проверки правильности функционирования восстановленного устройства).

В качестве показателя долговечности принимают регламентированный срок эксплуатации, указанный в документации ИУС, ПТК, ТСА. До того, как фактический срок эксплуатации достигнет регламентированного, должна быть проведена модернизация ИУС (замена ПТК, ТСА) или принято и согласовано в порядке, установленном в НП 306.5.02/2.068 [58], решение о возможности продолжения эксплуатации в течение нового регламентированного срока.

Требования к стойкости выполнения функций. Регламентирована способность к выполнению предусмотренных функций в условиях воздействия окружающей среды, специальных сред, механических (включая сейсмические) и электрических воздействий, изменений параметров питания, электромагнитных помех, возможных в местах размещения эксплуатационно-автономных составных частей ПТК и ТСА:

в рабочих условиях эксплуатации;

в предельных условиях, которые могут быть вызваны проектными авариями, работой мощных электротехнических агрегатов, неисправностями обеспечивающих систем, аномальными природными явлениями (землетрясениями, ударами молний) или внутренними событиями (пожаром, затоплением);

в условиях запроектных аварий.

Стойкость к воздействию окружающей среды регламентируется по отношению к верхним и/или нижним рабочим и предельным значениям температуры и скорости её изменения, относительной влажности, барометрического давления, мощности поглощённой дозы ионизирующего γ -излучения и поглощённой дозы в течение регламентированного срока эксплуатации, концентрации коррозионно-активных агентов и пыли.

Испытательные воздействия при проверке стойкости определяют на основании представленных эксплуатирующей организацией или заказчиком экспериментальных данных о рабочих значениях параметров окружающей среды, а также результатов оценки возможных предельных значений этих параметров, ожидаемой частоты возникновения и длительности. При отсутствии таких данных следует исходить из обобщенных рабочих и предельных значений параметров окружающей среды, указанных в СОУ для группы условий эксплуатации, к которой отнесены ТСА или эксплуатационно-автономная часть ПТК (далее — устройства).

Стойкость к механическим воздействиям (вибрации и ударам) определяют для каждого эксплуатационно-автономного устройства при подаче испытательных воздействий, указанных эксплуатирующей организацией или заказчиком на основании экспериментальных данных о фактических значениях воздействующих механических параметров, или исходя из обобщенных рабочих значений, указанных в СОУ для группы условий размещения, к которой отнесено испытываемое устройство.

Для всех эксплуатационно-автономных устройств должна быть установлена категория сейсмостойкости (I, II или III).

- К категории сейсмостойкости I относятся устройства, участвующие в реализации тех функций, которые должны быть иницированы и/или выполнены во время максимального расчетного землетрясения на площадке АЭС (обнаружение сейсмического воздействия, аварийная остановка реактора, блокировка движущихся механизмов и т. п.) или непосредственно после него (поддержание активной зоны в подкритическом состоянии; аварийное охлаждение реактора; отвод остаточного тепла; контроль критических параметров; предотвращение выхода радиоактивных веществ за установленные границы; послеаварийный контроль).

- К категории сейсмостойкости II относятся устройства, не вошедшие в категорию I, если нарушение их работы, вызванное землетрясением, может привести к перерыву в выработке электроэнергии. Они должны выполнять все предусмотренные функции после сейсмических воздействий, вызванных проектным землетрясением на площадке АЭС.

- Категория III устанавливается для устройств, которые по указанным критериям не могут быть отнесены к категориям сейсмостойкости I и II; требования сейсмостойкости для них не регламентируются.

Сейсмические воздействия имитируют при испытаниях спектром отклика по ГОСТ 30546 [59], который учитывает возможную реакцию строительных и ригельных конструкций на колебания земной поверхности. Спектр отклика определяют на основании расчетов и/или моделирования либо используют обобщенные значения, приведенные в СОУ, которые учитывают возможную интенсивность землетрясения, высоту размещения и способы монтажа устройства.

Невосприимчивость к изменениям параметров питания регламентируют по отношению к длительным отклонениям напряжения и частоты; кратковременным изменениям напряжения и прерываниям питания [38, 52]; флуктуациям

напряжения [40, 53]; кратковременным изменениям частоты питающего тока [42, 55].

Невосприимчивость к электромагнитным помехам (см. [60, 61]) учитывает:

помехи от электростатических разрядов [30, 45];
помехи от радиочастотных электромагнитных полей излучения [31, 46];

помехи от быстрых переходных процессов/пакетов импульсов [32, 47];

помехи от всплесков напряжения и тока [33, 48];
кондуктивные помехи, наведенные радиочастотными полями [34, 49];

помехи от магнитных полей частоты сети [35, 62];

помехи от импульсных магнитных полей [36, 50];

помехи от затухающего колебательного магнитного поля [37, 51];

колебательные затухающие помехи [39];

кондуктивные несимметричные помехи в диапазоне от 0 до 150 кГц [41, 54];

помехи в линиях заземления [1].

Требования к качеству функционирования. Приведены требования к точности, временным характеристикам, интерфейсу «человек — машина».

Требования к точности измерения физических величин, характеризующих протекание технологических процессов и состояние оборудования, устанавливают в виде метрологических характеристик измерительных каналов ИУС (ПТК) — предела допускаемой погрешности в рабочих условиях эксплуатации или предела допускаемой основной погрешности и дополнительных погрешностей, вызванных изменением каждого из воздействующих факторов в диапазоне его рабочих значений.

Точность каналов сигнализации и/или управления ИУС (ПТК) характеризуется пределами допускаемой абсолютной погрешности включения и отключения сигнализации и/или выдачи и снятия команды управления, которые регламентированы для рабочих или предельных условий эксплуатации.

До ввода ИУС в промышленную эксплуатацию измерительные каналы должны пройти метрологическую аттестацию. ПТК и ТСА, для которых нормированы требования к точностным характеристикам, должны проходить первичную калибровку при выпуске из производства и периодические калибровки во время эксплуатации.

Временные характеристики регламентируют скорость ввода данных, разрешающую способность по времени при вводе и архивировании, допускаемые задержки выполнения дискретных функций, скорости обмена сообщениями, время включения ПТК (ТСА) в работу после возобновления питания.

Требования к независимости. Регламентированы требования к независимости для группы резервированных каналов ИУС (ПТК), каждый из которых должен сохранять способность к выполнению требуемых функций категории А или В (рекомендуется) независимо от:

потери работоспособности или вывода из работы других каналов этой группы для проведения технического обслуживания, проверки, восстановления;

внешних влияний на другие каналы этой группы, в результате которых их характеристики могут выйти за границы установленных предельных значений.

Компоненты ИУС класса безопасности 2(А) или 3(В) должны сохранять способность к выполнению требуемых функций категории А или В независимо от потери

работоспособности или вывода из работы сопряженных с ними компонентов той же или других ИУС, отнесенных к более низкому классу безопасности.

Для обеспечения независимости рекомендуется предусматривать:

функциональное и/или физическое разделение компонентов ИУС (составных частей ПТК), отнесенных к разным классам безопасности;

функциональное и/или физическое разделение резервированных ПТК (в составе одной ИУС) и резервированных каналов управления и сигнализации (в одном ПТК);

электрическое разделение линий, по которым сигналы или сообщения передаются от общего источника к нескольким приёмникам и от нескольких источников к общему приёмнику;

использование локальных сетей, в которых при нарушении работоспособности или выводе из работы любого из подключённых устройств сохраняется возможность обмена данными между всеми остальными (оставшимися в работе) устройствами.

Функциональное разделение обеспечивается наличием полного набора входных данных, необходимых для выполнения всех требуемых функций каждому ПТК и/или каналу управления и сигнализации из группы ПТК (каналов), резервирующих друг друга.

Физическое разделение предусматривает размещение каждого из этих ПТК и/или каналов в отдельных помещениях или в отдельных несущих конструкциях, взаимное удаление подходящих к ним кабелей, использование для каждого из них отдельных кабельных каналов и проходов.

Электрическое разделение предусматривает гальваническую развязку и экранирование цепей ввода, вывода и питания. Качество развязки (электрическая прочность и сопротивление электрической изоляции) каждой цепи регламентировано для рабочих и предельных условий эксплуатации.

Доработка нормативных документов

В окончательных редакциях НПА и СОУ учтены уроки аварии на АЭС «Фукусима-1», которые обусловили необходимость переоценки и ужесточения требований к функциональной безопасности ИУС и их компонентов [63], направленных, в частности, на уменьшение риска от опасных событий, в том числе землетрясений, а также на сохранение данных, которые могут потребоваться во время управления аварией и/или ликвидации её последствий.

Для уменьшения риска от землетрясений:

определены функции контроля и управления, которые должны быть выполнены во время землетрясения и/или непосредственно после его окончания;

для устройств, участвующих в выполнении этих функций, уточнены критерии классификации по сейсмостойкости и установлены степени жёсткости испытаний, учитывающие категории сейсмостойкости и условия размещения устройств;

установлены требования к испытательным воздействиям, имитирующим землетрясения, уточнены методы оценки сейсмостойкости и критерии соответствия.

Для уменьшения риска от других опасных событий:

установлены требования к функциональной безопасности информационных систем, которые должны обнаруживать такие события (систем выявления загораний,

извещения о пожаре, инициирования автоматического пожаротушения);

определены меры предотвращения загораний и защиты эксплуатационно-автономных устройств при возникновении опасных факторов пожара;

регламентированы требования стойкости к воздействию веществ, которые заполняют помещение при срабатывании системы автоматического пожаротушения.

Для сохранения данных об авариях:

установлены требования к системе контроля за выбросами радиоактивных веществ в помещениях и на территории АЭС, в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения во время эксплуатации и после аварий, включая запроектные;

регламентированы требования к системам послеаварийного контроля, которые осуществляют поддержку персонала АЭС и экспертов по безопасности при управлении проектными авариями, ликвидации их последствий, анализе причин возникновения и путей протекания аварий (в том числе требования по надёжности хранения данных в условиях запроектных аварий).

Отличия от действующих норм и правил НП 306.5.02/3.035 [1]

1. Требования к ИУС и их компонентам распределены на регулирующие, которые регламентированы в НПА, и технические, необходимые и достаточные для их выполнения, которые детализированы в СОУ так, чтобы этот документ можно было непосредственно использовать при нормировании и оценке функциональной безопасности ИУС и их компонентов.

2. Разделены функции контроля и управления процессами (выполняются общими действиями управляющих, защитных, локализирующих, обеспечивающих систем, технологического оборудования и оперативного персонала) и функции ИУС.

3. Для функций контроля и управления процессами введена классификация по категориям, которая учитывает их важность для безопасности и соответствует принятой в IЕС 61226 [20] и отражённой в ДСТУ IЕС 61226 [27]. Категории функций ИУС и их компонентов совпадают с установленными для функций контроля и управления процессами, в реализации которых они принимают участие.

4. Классификация по безопасности ИУС и их компонентов гармонизирована [64] с международными стандартами: за основу взяты категории выполняемых ими функций; число классов безопасности увеличено с двух до трёх, как в IЕС 61513 [13]; требования по безопасности дифференцированы с учётом категорий выполняемых функций, как рекомендовано в IЕС 60880 [17], IЕС 61226 [20], IЕС 62138 [22] и в идентичных им государственных стандартах Украины ДСТУ IЕС 60880 [25], ДСТУ IЕС 61226 [27] и ДСТУ IЕС 62138 [29]. В то же время сохранена преемственность с действующей в Украине классификацией, которая установлена в НП 306.2.141 [2] и допускает возможность уточнения и детализации классификационных критериев, а также использования других классификационных признаков (рис. 3).

5. Требования НПА и СОУ охватывают все стадии жизненного цикла: проектирование ИУС; разработку ПТК, ТСА, ПО; квалификацию оборудования, верификацию ПО; валидацию и приёмочный контроль ПТК и ТСА на предприятиях-изготовителях; интеграцию компонентов

и испытания ИУС при вводе в эксплуатацию на АЭС; техническое обслуживание, проверки и восстановление при эксплуатации; внесение изменений и модернизацию действующей системы.

6. Сформулированы функциональные требования к системам нормальной эксплуатации и безопасности, системам внутрореакторного контроля, контроля радиационного состояния, пожарной сигнализации и управления автоматическим пожаротушением, к оборудованию щитов управления.

7. Установлены требования к системам аварийного и послеаварийного контроля (мониторинга), включая требования к архивированию данных, необходимых для анализа причин возникновения, хода протекания аварии и состояния конструкций, систем и оборудования, и требования к сохранности этих данных при любых воздействиях, возможных при проектных и запроектных авариях.

8. Уточнены критерии классификации по сейсмостойкости и правила имитации сейсмических воздействий при испытаниях. Установлены существенно более жёсткие требования к сейсмостойкости, которые учитывают консервативную оценку коэффициента демпфирования строительных и промежуточных конструкций при определении их возможной реакции на колебания земной поверхности.

9. При нормировании требований к помехоустойчивости (невосприимчивости к электромагнитным помехам) вместо оценки электромагнитной обстановки «в целом» предложено определять степень её жёсткости для каждого вида электромагнитных помех в отдельности.

Расширен перечень электромагнитных помех, для которых установлены требования невосприимчивости. В него дополнительно включены кондуктивные помехи, наведенные радиочастотными полями; помехи от затухающего колебательного магнитного поля; колебательные затухающие помехи; кондуктивные несимметричные помехи в диапазоне от 0 до 150 кГц; флуктуации питающего напряжения; кратковременные изменения частоты питающего тока.

10. Требования электромагнитной совместимости регламентированы с учётом новых международных стандартов [30–43] и государственных стандартов Украины [45–56, 62], при этом для устройств класса безопасности 2(А) и 3(В) установлены более высокие степени жёсткости испытаний по сравнению с этими стандартами.

11. Учтены современные тенденции использования программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) для реализации функций безопасности, в том числе особенности технологии разработки и имплементации электронных проектов ПЛИС в качестве элементов управляющих систем безопасности.

12. Предусмотрены требования к защите программного обеспечения от нежелательного и небезопасного вмешательства в его работу и от несанкционированного изменения, которое могло бы осуществляться путём воздействия через внешние компьютерные сети и/или при использовании нерезидентных носителей (в дальнейшем эти требования должны быть детализированы с учётом работ, проводимых IАЕА, и новых стандартов IЕС, которые касаются защиты от кибернетических угроз).

13. Включены требования к управлению конфигурацией, которые позволяют в каждый момент времени идентифицировать и документировать отличительные признаки и связи всех элементов, совокупность которых определяет фактическую конфигурацию ИУС и ПТК на соответствующей стадии их жизненного цикла.

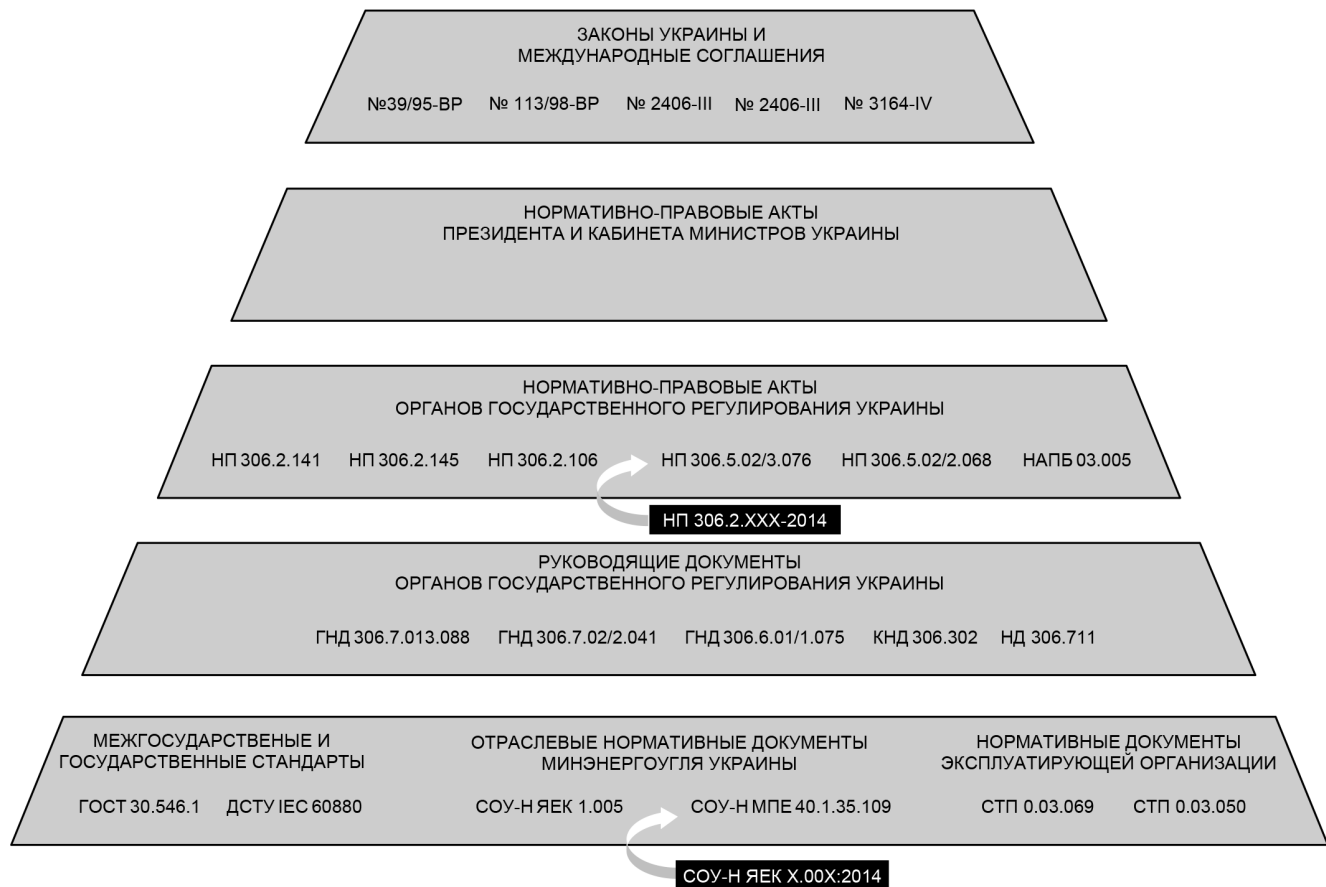
IAEA NS-R-1, I AEA NS-G-1.3	Important to Safety			Not Important to Safety
	Safety	Safety Related		
IEC 61226	Important to Safety			
systems	Safety	Safety Related		No direct safety role
functions	Category A	Category B	Category C	Unclassified
IEC 61513	Important to Safety			Not Important to Safety
functions	Category A	Category B	Category C	Unclassified
systems	Class 1	Class 2	Class 3	Unclassified
GERMANY	Important to Safety			Not Important to Safety
functions	Category A	Category B	Category C	Unclassified
systems	Class 1	Class 2	Class 3	Unclassified
UNITED KINGDOM	Important to Safety			Not Important to Safety
functions	Category A	Category B	Category C	Unclassified
systems	Class 1	Class 2	Class 3	Unclassified
FRANCE	Important to Safety			Not Important to Safety
systems	1E	2E	SH Important	-
SWITZERLAND	Important to Safety			Not Important to Safety
functions	Category A	Category B	Category C	Unclassified
УКРАЇНА (проект НПА и СОУ)	Важливі для безпеки			Не впливають на безпеку
функції	Категорія А	Категорія В	Категорія С	Не класифіковані
системи / компоненти	Клас 2(А)	Клас 3(В)	Клас 3(С)	Клас 4
УКРАИНА (НП 306.2.141)	Важливі для безпеки			Не впливають на безпеку
елементи	Клас 2	Клас 3		Клас 4
РОССИЯ (НП-011-97)	Важные для безопасности			Не влияют на безопасность
элементы	Класс 2	Класс 3		Класс 4
функциональные группы	Категория К1	Категория К2	Категория К3	Категория К4
CANADA	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4
JAPAN	PS1 / MS1	PS2 / MS2	PS3 / MS3	Non-nuclear Safety
REPUBLIC OF KOREA	IC-1	IC-2		IC-3
USA (IEEE)	Important to Safety			Non-nuclear Safety
	Class 1E	No name assigned		

Рис. 3. Классификации функций, систем и компонентов в разных странах

Выводы

Быстрое развитие информационных технологий, электронных компонентов, локальных сетей передачи данных, компьютерных средств диагностики, отображения, архивирования, на которых базируется разработка новых и модернизация действующих ИУС, предназначенных для автоматизации ядерных установок, обусловило необходимость регулярного обновления нормативной базы, регламентирующей функциональную безопасность этих систем и их компонентов. Уже после того, как в марте 2000 года был введен в действие НП 306.5.02/3.035 [1], появились две новые редакции стандарта, относящегося к информационным и управляющим системам, важным для безопасности

атомных станций (IAEA NS-G-1.3 [13] и IAEA DS-431 [15]), две редакции стандарта IEC 61513 [21], регламентирующего общие требованиями к функциональной безопасности таких систем, три редакции стандарта IEC 61226 [20] по классификации ИУС, применяемых на АЭС, и т. д. Отечественными специалистами за это время накоплен значительный опыт проектирования, разработки, изготовления, эксплуатации на энергоблоках украинских АЭС и оценки функциональной безопасности ИУС и их компонентов [65]. Исходя из этих обстоятельств была признана необходимость пересмотра действующего нормативного документа НП 306.5.02/3.035 [1] и разработки взамен него новых норм и правил и отраслевого стандарта, гармонизированных с последними редакциями международных стандартов.



- ГНД 306.7.013.088–2004. Методика з організації державного нагляду за системою управління якістю на етапі експлуатації ядерних установок
- ГНД 306.6.01/1.075–2003. Інструкція про порядок розгляду та узгодження технічних умов на продукцію
- КНД 306.302–96. Требования к содержанию отчета по анализу безопасности АС с реакторами типа ВВЭР на стадии выдачи разрешения на ввод в эксплуатацию
- НД 306.711–96. Продление ресурса средств контроля и управления, входящих в системы, важные для безопасности. Общие требования к порядку и содержанию работ
- СОУ-Н ЯЕК 1.005:2007. Автоматизовані системи радіаційного контролю на АЕС з реакторами типу ВВЕР. Загальні технічні вимоги
- СОУ-Н МПЕ 40.1.35.109:2005. Технічні вимоги до технологічних захистів, що реалізуються на базі мікропроцесорної техніки
- СТП 0.03.069:2007. Метрологія. Системи измерительные информационные и автоматизированные системы управления технологическими процессами. Головной образец. Организация и порядок проведения метрологической аттестации
- СТП 0.03.050–2009. Квалификация оборудования и технических устройств АЭС. Общие требования

Рис. 4. Иерархическая пирамида законодательных и нормативных документов Украины, относящихся к ИУС и их компонентам, важным для безопасности

Разработка и внедрение НПА и СОУ будет способствовать решению приоритетных проблем, связанных с предупреждением ядерных аварий на АЭС Украины, безопасностью персонала, населения и окружающей среды.

Использование новых нормативных документов углубит взаимопонимание между участниками создания (модернизации), внедрения и эксплуатации ИУС, важных для безопасности, а также с Государственной инспекцией ядерного регулирования Украины, лицензирующей проведение этих работ, и с привлечёнными ею экспертными организациями.

Гармонизация с международными стандартами откроет возможность экспорта систем и компонентов, разработанных и изготовленных по требованиям НПА и СОУ, позволит более широко использовать в отечественной практике передовой зарубежный опыт нормирования и оценки

безопасности ИУС и их компонентов, будет способствовать адаптации национальной нормативно-правовой базы к законодательству Европейского Союза.

Разработанный нормативно-правовой акт «Требования по ядерной и радиационной безопасности к информационным и управляющим системам, важным для безопасности атомных станций» (НП 306.2.XXX-2014) и поддерживающий его отраслевой стандарт «Информационные и управляющие системы, важные для безопасности атомных станций. Общие технические требования» (СОУ Н ЯЕК X.00X:2014) войдут в состав иерархической пирамиды законодательных и нормативных документов в сфере ядерной и радиационной безопасности (рис. 4), которая создаётся Госатомрегулирования Украины.

Не менее актуальной задачей следует считать пересмотр руководящего документа ГНД 306.7.02/2.041 [66],

в котором установлены требования к составу и содержанию документов, обосновывающих безопасность ИУС и их компонентов на всех стадиях жизненного цикла, и приведены правила оценки соответствия этим требованиям, которая производится Госатомрегулирования Украины в процессе лицензирования работ по созданию (модернизации) информационных и управляющих систем на украинских АЭС. Целью пересмотра должно быть приведение документа в соответствие с требованиями новых НПА и СОУ, а также гармонизация с IEC 61513 [21] и другими стандартами IEC, в которых полнота и качество технической документации рассматриваются как один из важных аспектов, обеспечивающих функциональную безопасность ИУС, ТСА и ПТК.

Список использованной литературы

1. *НП 306.5.02/3.035-2000*. Требования по ядерной и радиационной безопасности к информационным и управляющим системам, важным для безопасности атомных станций.
2. *НП 306.2.141-2008*. Загальні положення безпеки атомних станцій.
3. *НП 306.2.145-2008*. Правила ядерної безпеки реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском.
4. *НП 306.2.106-2005*. Вимоги до проведення модифікацій ядерних установок та порядку оцінки їх безпеки.
5. *НП 306.5.02/2.068-2003*. Вимоги до порядку та змісту робіт для продовження терміну експлуатації інформаційних та керуючих систем, важливих для безпеки атомних електростанцій.
6. *НП 306.5.02/3.017-99*. Требования к программе обеспечения качества на всех стадиях жизненного цикла атомных станций.
7. *НП 306.5.02/3.076-2003*. Вимоги до організації та порядку введення АЕС в експлуатацію.
8. *НАПБ 03.005-2002 (ВБН В.1.1-034-03.307-2003)*. Захист від пожежі. Протипожежні норми проектування атомних електростанцій з водо-водяними енергетичними реакторами.
9. *ПНАЕ Г-5-006-87*. Правила проектирования сейсмостойких атомных станций.
10. *IAEA SSR-2/2-2011*. Safety of nuclear power plants: commissioning and operation specific Safety Requirements.
11. *IAEA SSR-2/1 2012*. Safety of nuclear power plants: design. Specific Safety.
12. *IAEA NS-G-1.1:2000*. Software for computer based systems important to safety in nuclear power plants. Safety guide.
13. *IAEA NS-G-1.3:2002*. Instrumentation and control systems important to safety in nuclear power plants. Safety guide.
14. *IAEA NS-G-2.3:2001*. Modifications to Nuclear Power Plants. Safety guide.
15. *IAEA DS-431*. Design of Instrumentation and Control Systems for Nuclear Power Plants. Draft Safety Guide.
16. *IEC 60780:1998*. Nuclear power plants — Electrical equipment of the safety systems — Qualification.
17. *IEC 60880:2006*. Nuclear power plants — Instrumentation and control systems important to safety — Software aspects for computer-based systems performing category A functions.
18. *IEC 60980:2007*. Recommended Practice for Seismic Qualification of Electrical Equipment for Nuclear Power Generating Stations.
19. *IEC 60987:2007*. Nuclear power plants — Instrumentation and control important for safety Programmed digital computers important to safety for nuclear power stations.
20. *IEC 61226:2009*. Nuclear power plants — Instrumentation and control systems important to safety — Classification. Ed. 3.0.
21. *IEC 61513:2011*. Nuclear power plants — Instrumentation and control important to safety — General requirements for systems.
22. *IEC 62138:2005*. Nuclear power plants — Instrumentation and control important for safety. Software aspects for computer-based systems performing category B or C functions.
23. *IEC 62340:2007*. Nuclear power plants — Instrumentation and control systems important to safety — Requirements for coping with common cause failure (CCF).
24. *ДСТУ IEC 60780:2007*. Атомні електростанції. Обладнання систем безпеки електричне. Кваліфікація (IEC 60780:1998, IDT).
25. *ДСТУ IEC 60880:2008*. Атомні електростанції. Інформаційні та керувальні системи, важливі для безпеки. Програмні аспекти комп'ютерних систем, які виконують функції категорії А (IEC 60880:2006, IDT).
26. *ДСТУ IEC 60987:2010*. Атомні електростанції. Прилади та засоби керування, важливі для безпеки. Вимоги для проектування технічних засобів для комп'ютерних систем (IEC 60987:2007, IDT).
27. *ДСТУ IEC 61226:2007*. Атомні електростанції. Інформаційні та керівні системи, важливі для безпеки. Класифікація контрольно-вимірювальних та керівних функцій (IEC 61226:2005, IDT).
28. *ДСТУ IEC 61513:2009*. Атомні електростанції. Інформаційні та керівні системи, важливі для безпеки. Загальні вимоги до систем (IEC 61513:2001, IDT).
29. *ДСТУ IEC 62138:2008*. Атомні електростанції. Інформаційні та керувальні системи, важливі для безпеки. Програмні аспекти комп'ютерних систем, які виконують функції категорії В або С (IEC 62138:2004, IDT).
30. *IEC 61000-4-2:2001*. Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-2: Testing and measurement techniques — Electrostatic discharge immunity test.
31. *IEC 61000-4-3:2001*. Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-3: Testing and measurement techniques — Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity.
32. *IEC 61000-4-4:2001*. Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-4: Testing and measurement techniques — Electrical fast transient / burst immunity test. Basic EMS Publication.
33. *IEC 61000-4-5:2005*. Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-5: Testing and measurement techniques — Surge immunity test.
34. *IEC 61000-4-6:2006*. Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-6: Testing and measurement techniques — Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields.
35. *IEC 61000-4-8:2001*. Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-8: Testing and measurement techniques — Power frequency magnetic field immunity test.
36. *IEC 61000-4-9:2001*. Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-9: Testing and measurement techniques — Pulse magnetic field immunity test.
37. *IEC 61000-4-10:2001*. Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-10: Testing and measurement techniques — Damped oscillatory magnetic field immunity.
38. *IEC 61000-4-11:2004*. Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-11: Testing and measurement techniques — Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests.
39. *IEC 61000-4-12:2001*. Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-12: Testing and measurement techniques — Oscillatory waves immunity test.
40. *IEC 61000-4-14:2002*. Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-14: Testing and measurement techniques — Voltage fluctuation immunity test.
41. *IEC 61000-4-16:2002*. Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-16: Testing and measurement techniques — Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz.
42. *IEC 61000-4-28:2002*. Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-28: Testing and measurement techniques — Variation of power frequency, immunity test.
43. *CISPR 22:2006*. Information Technology Equipment — Radio Disturbance Characteristics — Limits and Methods of Measurement.
44. *ISO 90012000*. Quality management systems — Requirements.
45. *ДСТУ IEC 6100042:2008*. Електромагнітна сумісність. — Ч. 4-2. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливність до електростатичних розрядів (IEC 61000-4-2:2001, IDT).
46. *ДСТУ IEC 61000-4-3:2007*. Електромагнітна сумісність. — Ч. 4-3. Методики випробування та вимірювання. Випробування

на несприйнятливості до радіочастотних електромагнітних полів випромінення (ІЕС 61000-4-3:2006, ІДТ).

47. *ДСТУ ІЕС 61000-4-4:2008*. Електромагнітна сумісність. — Ч. 4-4. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливості до швидких перехідних процесів/пакетів імпульсів (ІЕС 61000-4-4:2004, ІДТ).

48. *ДСТУ ІЕС 61000-4-5:2008*. Електромагнітна сумісність. — Ч. 4-5. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливості до сплесків напруги та струму (ІЕС 61000-4-5:2005, ІДТ).

49. *ДСТУ ІЕС 61000-4-6:2007*. Електромагнітна сумісність. — Ч. 4-6. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливості до кондуктивних завад, індукованих радіочастотними полями (ІЕС 61000-4-6:2006, ІДТ).

50. *ДСТУ ІЕС 61000-4-9:2007*. Електромагнітна сумісність. — Ч. 4-9. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливості до імпульсних магнітних полів (ІЕС 61000-4-9:2001, ІДТ).

51. *ДСТУ ІЕС 61000-4-10:2008*. Електромагнітна сумісність. — Ч. 4-10. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливості до загасного коливального магнітного поля (ІЕС 61000-4-10:2001, ІДТ).

52. *ДСТУ ІЕС 61000-4-11:2007*. Електромагнітна сумісність. — Ч. 4-11. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливості до провалів напруги, короткочасних переривань та змінень напруги (ІЕС 61000-4-11:2004, ІДТ).

53. *ДСТУ ІЕС 61000-4-14:2008*. Електромагнітна сумісність. — Ч. 4-14. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливості до флуктуацій напруги (ІЕС 61000-4-14:2002, ІДТ).

54. *ДСТУ ІЕС 61000-4-16:2007*. Електромагнітна сумісність. — Ч. 4-16. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливості до кондуктивних несиметричних завад у діапазоні частот від 0 Гц до 150 кГц (ІЕС 61000-4-16:2002, ІДТ).

55. *ДСТУ ІЕС 61000-4-28:2008*. Електромагнітна сумісність. — Ч. 4-28. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливості до змінення частоти електромережі (ІЕС 61000-4-28:2002, ІДТ).

56. *ДСТУ CISPR 22:2007*. Обладнання інформаційних технологій. Характеристики радіозавод. Норми та методи вимірювання (CISPR 22:2006, ІДТ).

57. *ДСТУ ISO 9001 2009*. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2008, ІДТ).

58. *НП 306.5.02/2.068-2003*. Требования к порядку и содержанию работ для продления срока эксплуатации информационных и управляющих систем, важных для безопасности атомных электростанций.

59. *ГОСТ 30546.198*. Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчёта их сложных конструкций в части сейсмостойкости.

60. *Розен Ю. В.* Электромагнитная совместимость компонентов информационных и управляющих систем (1): правила нормирования и оценки помехоустойчивости / Ю. В. Розен // Ядерная и радиационная безопасность. — 2007. — № 2. — С. 9—26.

61. *Розен Ю. В.* Электромагнитная совместимость компонентов информационных и управляющих систем (2): устойчивость к электромагнитным помехам / Ю. В. Розен // Ядерная и радиационная безопасность. — 2008. — № 4. — С. 58—76.

62. *ДСТУ-2465-94*. Сумісність технічних засобів електромагнітна. Стійкість до магнітних полів частоти мережі. Технічні вимоги і методи випробувань.

63. Требования к информационным и управляющим системам АЭС Украины по результатам анализа аварии на АЭС Фукусима-1 / М. А. Ястребенецкий, Ю. В. Розен, Г. В. Громов, В. В. Инюшев, А. В. Носовский, М. Х. Гашев, Б. В. Столярчук // Ядерная та радіаційна безпека. — 2011. — № 4. — С. 3—10.

64. *Ястребенецкий М. А., Розен Ю. В.* О классификации по безопасности информационных и управляющих систем и их компонентов / М. А. Ястребенецкий, Ю. В. Розен // Ядерная и радиационная безопасность. — 2004. — № 4. — С. 13—33.

65. Системы управления и защиты ядерных реакторов / М. А. Ястребенецкий, Ю. В. Розен, С. В. Виноградская, Г. Джон-

сон, В. В. Елисеев, А. А. Сиора, В. В. Скляр, Л. И. Спектор, В. С. Харченко; Под ред. М. А. Ястребенецкого. — К. : Основа-Принт, 2011. — 768 с. — (Безопасность атомных станций).

66. *ГНД 306.7.02/2.041-2000*. Методика оцінки відповідності інформаційних і керуючих систем, важливих для безпеки атомних станцій, вимогам по ядерній і радіаційній безпеці.

References

1. *NP 306.5.02/3.035-2000*. Requirements for Nuclear and Radiation Safety of Instrumentation and Control Systems Important to NPP Safety. (Rus)
2. *NP 306.2.141-2008*. General Safety Provisions for Nuclear Power Plants. (Ukr)
3. *NP306.2.145-2008*. Nuclear Safety Rules for Reactors of Nuclear Power Plants with PWR. (Ukr)
4. *NP 306.2.106-2005*. Requirements for Modification of Nuclear Installations and Procedure for Safety Assessment. (Ukr)
5. *NP 306.5.02/2.068-2003*. Requirements for Order and Contents of Lifetime Extension Measures for Instrumentation and Control Systems Important to NPP Safety. (Ukr)
6. *NP 306.5.02/3.017-99*. Requirements for Quality Assurance Program at All Stages of NPP Lifecycle. (Rus)
7. *NP 306.5.02/3.076-2003*. Requirements for Arrangement and Procedure of NPP Commissioning. (Ukr)
8. *NAPB 03.005-2002 (VBN V.1.1-034-03.307-2003)*. Fire Protection. Fire Safety Regulations for Design of Nuclear Power Plants with WWER. (Ukr)
9. *PNAE G-5-006-87*. Seismic Design Rules for Nuclear Power Plants. (Rus)
10. *IAEA SSR-2/2-2011*. Safety of Nuclear Power Plants: Commissioning and Operation. Specific Safety Requirements.
11. *IAEA SSR-2/1 2012*. Safety of Nuclear Power Plants: Design. Specific Safety.
12. *IAEA NS-G-1.1:2000*. Software for Computer Based Systems Important to Safety in Nuclear Power Plants. Safety Guide.
13. *IAEA NS-G-1.3:2002*. Instrumentation and Control Systems Important to Safety in Nuclear Power Plants. Safety Guide.
14. *IAEA NS-G-2.3:2001*. Modifications to Nuclear Power Plants. Safety Guide.
15. *IAEA DS-431*. Design of Instrumentation and Control Systems for Nuclear Power Plants. Draft Safety Guide.
16. *IEC 60780:1998*. Nuclear Power Plants — Electrical Equipment of the Safety Systems — Qualification.
17. *IEC 60880:2006*. Nuclear Power Plants — Instrumentation and Control Systems Important to Safety — Software Aspects for Computer-Based Systems Performing Category A Functions.
18. *IEC 60980:2007*. Recommended Practice for Seismic Qualification of Electrical Equipment for Nuclear Power Plants.
19. *IEC 60987:2007*. Nuclear Power Plants — Instrumentation and Control Important to Safety. Programmed Digital Computers Important to Safety for Nuclear Power Plants.
20. *IEC 61226:2009*. Nuclear Power Plants — Instrumentation and Control Systems Important to Safety — Classification. Ed. 3.0.
21. *IEC 61513:2011*. Nuclear Power Plants — Instrumentation and Control Important to Safety — General Requirements for Systems.
22. *IEC 62138:2005*. Nuclear Power Plants — Instrumentation and Control Important for Safety. Software Aspects for Computer-Based Systems Performing Category B or C Functions
23. *IEC 62340:2007*. Nuclear Power Plants — Instrumentation and Control Systems Important to Safety - Requirements for Coping with Common Cause Failure (CCF).
24. *DSTU IEC 60780:2007*. Nuclear Power Plants. Electric Equipment of the Safety Systems. Qualification (IEC 60780:1998, ІДТ). (Ukr)
25. *DSTU IEC 60880:2008*. Nuclear Power Plants. Instrumentation and Control Systems Important to Safety. Software Aspects of Computer-Based Systems Performing Category A (IEC 60880:2006, ІДТ). (Ukr)
26. *DSTU IEC 60987:2010*. Nuclear Power Plants. Instrumentation and Control Important to Safety. Requirements for Design of Technical Means for Computer-Based Systems (IEC 60987:2007, ІДТ). (Ukr)

27. *DSTU IEC 61226:2007*. Nuclear Power Plants. Instrumentation and Control Systems Important to Safety. Classification of Instrumentation and Control Functions (IEC 61226:2005, IDT). (Ukr)
28. *DSTU IEC 61513:2009*. Nuclear Power Plants. Instrumentation and Control Systems Important to Safety. General Requirements for Systems (IEC 61513:2001, IDT). (Ukr)
29. *DSTU IEC 62138:2008*. Nuclear Power Plants. Instrumentation and Control Systems Important to Safety. Software Aspects for Computer-Based Systems Performing Category B or C Functions (IEC 62138:2004, IDT). (Ukr)
30. *IEC 61000-4-2:2001*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-2: Testing and Measurement Techniques — Electrostatic Discharge Immunity Test.
31. *IEC 61000-4-3:2001*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-3: Testing and Measurement Techniques - Radiated, Radio-Frequency, Electromagnetic Field Immunity.
32. *IEC 61000-4-4:2001*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-4: Testing and Measurement Techniques — Electrical Fast Transient / Burst Immunity Test. Basic EMS Publication.
33. *IEC 61000-4-5:2005*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-5: Testing and Measurement Techniques — Surge Immunity Test.
34. *IEC 61000-4-6:2006*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-6: Testing and Measurement Techniques - Immunity to Conducted Disturbances, Induced by Radio-Frequency Fields.
35. *IEC 61000-4-8:2001*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-8: Testing and Measurement Techniques - Power Frequency Magnetic Field Immunity Test.
36. *IEC 61000-4-9:2001*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-9: Testing and Measurement Techniques - Pulse Magnetic Field Immunity Test.
37. *IEC 61000-4-10:2001*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-10: Testing and Measurement Techniques - Damped Oscillatory Magnetic Field Immunity.
38. *IEC 61000-4-11:2004*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-11: Testing and Measurement Techniques — Voltage Dips, Short Interruptions and Voltage Variations Immunity Tests.
39. *IEC 61000-4-12:2001*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-12: Testing and Measurement Techniques - Oscillatory Waves Immunity Test.
40. *IEC 61000-4-14:2002*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-14: Testing and Measurement Techniques - Voltage Fluctuation Immunity Test.
41. *IEC 61000-4-16:2002*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-16: Testing and Measurement Techniques - Test for Immunity to Conducted, Common Mode Disturbances in the Frequency Range 0 Hz to 150 kHz.
42. *IEC 61000-4-28:2002*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-28: Testing and Measurement Techniques — Variation of Power Frequency, Immunity Test.
43. *CISPR 22:2006*. Information Technology Equipment — Radio Disturbance Characteristics — Limits and Methods of Measurement.
44. *ISO 9001:2000*. Quality Management Systems — Requirements.
45. *DSTU IEC 61000-4-2:2008*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-2: Testing and Measurement Techniques. Electrostatic Discharge Immunity Test (IEC 61000-4-2:2001, IDT). (Ukr)
46. *DSTU IEC 61000-4-3:2007*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-3: Testing and Measurement Techniques — Radiated, Radio-Frequency, Electromagnetic Field Immunity (IEC 61000-4-3:2006, IDT). (Ukr)
47. *DSTU IEC 61000-4-4:2008*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-4: Testing and Measurement Techniques - Electrical Fast Transient / Burst Immunity Test (IEC 61000-4-4:2004, IDT). (Ukr)
48. *DSTU IEC 61000-4-5:2008*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-5: Testing and Measurement Techniques — Surge Immunity Test (IEC 61000-4-5:2005, IDT). (Ukr)
49. *DSTU IEC 61000-4-6:2007*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-6: Testing and Measurement Techniques — Immunity to Conducted Disturbances, Induced by Radio-Frequency Fields (IEC 61000-4-6:2006, IDT). (Ukr)
50. *DSTU IEC 61000-4-9:2007*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-9: Testing and Measurement Techniques — Pulse Magnetic Field Immunity Test (IEC 61000-4-9:2001, IDT). (Ukr)
51. *DSTU IEC 61000-4-10:2008*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-10: Testing and Measurement Techniques — Damped Oscillatory Magnetic Field Immunity. (IEC 61000-4-10:2001, IDT). (Ukr)
52. *DSTU IEC 61000-4-11:2007*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-11: Testing and Measurement Techniques — Voltage Dips, Short Interruptions and Voltage Variations Immunity Tests (IEC 61000-4-11:2004, IDT). (Ukr)
53. *DSTU IEC 61000-4-14:2008*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-14: Testing and Measurement Techniques - Voltage Fluctuation Immunity Test (IEC 61000-4-14:2002, IDT). (Ukr)
54. *DSTU IEC 61000-4-16:2007*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-16: Testing and Measurement Techniques — Test for Immunity to Conducted, Common Mode Disturbances in the Frequency Range 0 Hz to 150 kHz (IEC 61000-4-16:2002, IDT). (Ukr)
55. *DSTU IEC 61000-4-28:2008*. Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 4-28: Testing and Measurement Techniques — Variation of Power Frequency, Immunity Test (IEC 61000-4-28:2002, IDT). (Ukr)
56. *DSTU CISPR 22:2007*. Information Technology Equipment — Radio Disturbance Characteristics — Limits and Methods of Measurement (CISPR 22:2006, IDT). (Ukr)
57. *DSTU ISO 9001:2009*. Quality Management Systems — Requirements (ISO 9001:2008, IDT). (Ukr)
58. *NP 306.5.02/2.068-2003*. Requirements for Order and Contents of Lifetime Extension Measures for Instrumentation and Control Systems Important to NPP Safety. (Rus)
59. *GOST 30546.1-98*. General Requirements for Machines, Devices and Secondary Technical Equipment and Methods to Calculate Seismic Resistance of Complex Structures. (Rus)
60. *Yu. Rozen*. Electromagnetic Compatibility of Instrumentation and Control System Components (1): Rules for Regulation and Assessment of Noise Immunity. Nuclear and Radiation Safety, 2007, No. 2. — P. 9-26. (Rus)
61. *Yu. Rozen*. Electromagnetic Compatibility of Instrumentation and Control System Components (2): Electromagnetic Noise Immunity. Nuclear and Radiation Safety, 2008, No. 4. — P. 58-76. (Rus)
62. *DSTU 2465-94*. Electromagnetic Compatibility of Technical Measures. Power Frequency Magnetic Field Immunity Test. Technical Requirements and Test Methods. (Ukr)
63. *M. Yastrebenetsky, Yu. Rozen, G. Gromov, V. Inyushev, A. Nosovsky, M. Gashev, B. Stolyarchuk*. Requirements for Instrumentation and Control Systems of Ukrainian NPPs Following Analysis of the Fukushima-1 Accident // Nuclear and Radiation Safety. — 2011. — No. 4. — P. 3—10. (Rus)
64. *M. Yastrebenetsky, Yu. Rozen*. About Safety Classification of Instrumentation and Control Systems and Their Components // Nuclear and Radiation Safety. — 2004. — No. 4. — P. 13—33. (Rus)
65. *M. Yastrebenetsky, Yu. Rosen, S. Vinogradskaya, G. Jonhson, V. Eliseev, A. Siora, V. Skliar, L. Spector, V. Kharchenko*; Nuclear reactors control and protection systems / Ed. M. Yastrebenetsky. — Kiev: Osnova-Print, 2011. — 768. — (Nuclear power plants safety).
66. *GND 306.7.02/2.041-2000*. Methodology for Assessing Compliance of Instrumentation and Control Systems Important to Safety of Nuclear Power Plants with Nuclear and Radiation Safety Requirements.

Отримано 05.05.2014.