

Надзор как элемент системы управления и системы качества ISO:9001

Для реализации функции надзора как элемента системы управления производством, выполняющего функцию обратной связи, предлагается использовать процессный подход системы качества, а в качестве процессов — систему эшелонов защиты от опасных факторов производства.

Ключевые слова: надзор, система качества, процессный подход, система управления, обратная связь.

Д. В. Білей, С. В. Бержанський

Нагляд як елемент системи керування і системи якості ISO:9001

Для реалізації функції нагляду як елемента системи керування виробництвом, який виконує функцію зворотного зв'язку, пропонується використовувати процесний підхід системи якості, а як процеси — систему захисту від шкідливих факторів виробництва.

Ключові слова: нагляд, система якості, процесний підхід, система керування, обратний зв'язок.

Очевиден и не требует доказательства тот факт, что надзор является важным элементом в системе управления производством, выполняя функцию контроля за состоянием *системы управления* производством в целом, как *единого* механизма. По результатам надзора технологический процесс и система управления технологическим процессом поддерживаются в установленных регламентирующими документами (нормами, правилами, инструкциями, требованиями и регламентами) рамках, что обеспечивает контролируемый выход продукции, стабильный и безопасный характер самого технологического процесса.

Исходя из положений теории управления, надзор (по своей сути) выполняет функцию *обратной связи* с основным элементом производства — его технологическим циклом, включая все его ресурсы: в случае отклонения технологического цикла от установленных рамок выполняется оценка выявленного отклонения и принимаются соответствующие меры по приведению цикла в требуемое состояние.

Рассматривая надзор отдельно от системы управления производством, мы утрачиваем полноценный системный подход к управлению: теряем рычаг воздействия на ресурсы (как функции от выходного продукта производства), с помощью которых обеспечивается контролируемый, стабильный и безопасный характер технологического процесса.

Последнее имеет особый статус в производстве электроэнергии с использованием ядерных реакторов на АЭС. Обеспечение безопасности при производстве электроэнергии на АЭС является одним из приоритетов государственной политики в сфере использования ядерной энергии (Ст. 5 Закона Украины «Об использовании ядерной энергии и радиационной безопасности» [1]).

Согласно сказанному и в соответствии с нормативными требованиями по безопасности в атомной энергетике, обеспечение безопасности направлено на охрану окружающей среды и человека от угроз производственного характера [2, пп. 2.7; 3.1.1]. Отсюда следует, что безопасность, наряду с прочим, является потребительским свойством товара (электроэнергии), поскольку направлена на удовлетворение ожиданий потребителя: минимизацию вредного влияния и рисков производства электроэнергии на АЭС как на человека, так и на среду его обитания.

Исходя из указанного потребительского свойства безопасности и согласно процессному подходу стандарта [3], в основе которого лежит принцип удовлетворения потребителя, безопасность производства и надзор за безопасностью производства электроэнергии являются элементами системы качества.

В соответствии с выполняемыми надзором функциями в технологическом цикле производства электроэнергии, *надзор является одновременно и элементом системы управления, и элементом системы качества производства.*

Отталкиваясь от указанного понимания свойства безопасности энергоблока (корреспондирующегося с нормативным определением [2, п. 2.7]), так как основано на нем), в статье предложены пути дальнейшего совершенствования и развития внутриотраслевого надзора за безопасностью на АЭС. Развитие процессов надзора предполагается осуществлять путем совершенствования используемых в надзоре технологий и интеграции их с технологиями оценки и управления текущим уровнем безопасности (ТУБ) в единый процесс *управления производством.*

Интеграцию надзора и управления безопасностью предлагается реализовать на основе:

проектных и эксплуатационных решений в части НЭ, ННЭ¹, аварий и аварийных ситуаций;

процессного подхода системы качества ISO:9001 (национальный стандарт [3]);

научно обоснованных подходов: математического аппарата неявных множеств (лингвистический метод, метод иерархий, попарного сравнения, весовых коэффициентов и т. п.) [4, 5], методов функционального анализа, математической статистики, положений теории управления [6, 7], методов планирования измерений (например, метода дробного факторного эксперимента) и методов обработки полученных результатов измерений.

Предлагаемый подход основан на оценке изменения текущего уровня безопасности путем математического преобразования *недетерминированного* множества значений параметров энергоблока в *детерминированный* набор предвзвешенно установленных целочисленных значений шкалы уровней ТУБ (метод квантования² текущих состояний).

Как показано д-ром техн. наук Переездчиковым И. В. в диссертации «Разработка основ анализа опасностей промышленных систем “человек — машина — среда” на базе четких и нечетких множеств», посвященной систематизации теоретических основ анализа опасностей промышленных систем и созданию методологии анализа опасностей, в подобном анализе и при существенном влиянии на результат человеческого фактора, рекомендуется «...исследование риска и ранжирование опасностей осуществлять на базе теории нечетких множеств и нечеткой логики³» (цитата из автореферата). В своей работе Переездчиков И. В. использует как основной элемент защиты от опасностей (или, иначе, вредных и опасных производственных факторов) математическую модель абстрактного «...защитного устройства, которое позволяет *сформулировать принципы защиты и методы защиты*, применяемые на практике. Введенное при этом понятие эффективности защиты позволяет единообразным способом характеризовать и оценивать работу ... систем защиты от энергетических воздействий (шума, вибраций, электромагнитных полей, лазерного и ионизирующего излучений)...».

К аналогичному мнению о необходимости формирования эшелонов защиты от угроз производственного характера (вредных и опасных производственных факторов), основываясь на располагаемых по проекту ресурсах, независимо пришли и авторы данной статьи, анализируя современные подходы к оценке и управлению безопасностью и возможные подходы к развитию надзора за безопасностью.

В основу системы надзора и управления безопасностью предлагается положить оценку ТУБ, обеспечивающую поддержание достигнутого при последней переоценке безопасности уровня на основе выполнения оценки текущего состояния эшелонов защиты⁴ (ЭЗ), и математическое прогнозирование изменения состояния ЭЗ на основе накопительной оценки изменения состояния (тренда) в процессе эксплуатации энергоблока.

Актуальность перехода к управлению безопасностью на основе четкого (количественного) и аналитического ее представления высказана также и в издании «Концептуальные основы системного анализа рисков в энергетике» (авторы: Откидач В. В., Джура С. Г., Чурсинова А. А., Донецкий национальный технический университет): «В изменившихся условиях подход к решению проблем безопасности человека и окружающей среды объективно был вынужден уступить место новому подходу, где главенствующим является принцип “*предвидеть и предупредить*”⁵. В связи с этим возникла необходимость в специальной науке, которой не было до сего времени и которая должна ответить на вопрос: как в изменившихся условиях научиться управлять безопасностью? Без четкого представления *сущности* понятия «безопасность» все призывы к *управлению* безопасностью лишены какого-либо смысла ...».

Действительно, исходя из определения безопасности согласно ОПБУ [2], следует, что безопасность носит качественный (не количественный) характер, так как является свойством (характеристикой), а не количественным параметром энергоблока.

Для перехода (как сказано в работе) к «...**четкому** представлению сущности понятия “безопасность”...» с установленной точностью, необходимо иметь **количественную** оценку безопасности. Однако очевидно, что при снижении качества процесса оценки безопасности по причине отсутствия контроля за ним теряется представительность оценки и, как следствие, возрастает вероятность принятия ошибочных решений по управлению безопасностью.

Для обеспечения репрезентативности получаемых оценок и в соответствии с положениями теории управления необходимо иметь независимый от процесса контроль за ним. И этот контроль обеспечивается процессами надзора.

Следовательно, для принятия управляющих решений адекватно текущему состоянию уровня безопасности необходимо две составляющие: количественная оценка и надзор за ее качеством, что позволяет утверждать: *процессы надзора и процессы управления безопасностью являются элементами общей системы управления производством*.

Отметим, что в рамках предлагаемого подхода к надзору не требуется внесения сколь-нибудь ощутимых изменений в организационную структуру эксплуатирующей организации, поскольку данный подход основан на повышении эффективности и интенсификации использования *располагаемых* ресурсов, а именно: на основе располагаемых ресурсов контроля параметров энергоблока и ресурсов надзора за исполнением контроля должным образом, предполагается представление безопасности в виде аналитической функции. Аналитическое представление безопасности, в рамках предлагаемого подхода, представляет собой научно и проектно обоснованное эмпирическое уравнение состояния (системы уравнений) текущего уровня безопасности энергоблока. Именно аналитическое представление и количественная оценка безопасности могут и должны лежать в основе системы управления и надзора за безопасностью, позволяя на вопрос «Безопасность — это сколько?» ответить однозначно и с математически обоснованной точностью: «Столько».

¹ НЭ — нормальная эксплуатация; ННЭ — нарушения НЭ.

² Квантование — это процедура замены медианного (усредненного) значения оцениваемой характеристики по установленному алгоритму определенным значением из заранее установленного набора фиксированных величин.

³ Здесь следует понимать весь спектр математических методов: лингвистический, попарного сравнения и т. п.

⁴ Под эшелонами защиты энергоблока понимаются не только проектные решения, но и технологические ограничения при эксплуатации энергоблоков АЭС.

⁵ Аналогичный принцип «*предвидеть и предупредить*» определен и в руководстве МАГАТЭ [8]: «Безопасность — это основополагающий принцип, на котором базируется система управления... Система управления должна обеспечивать уверенность в том, что акцент делается на предупреждение проблем, а не только их выявление и устранение».

1 Управление производством. Общий подход и оценка состояния

Как установлено выше, процессы надзора и процессы управления безопасностью являются элементами общей системы управления производством.

Управление производством можно разделить на два основных процесса:

процесс управления технологическим *циклом* производства;

процесс управления *условиями*, в которых выполняется технологический цикл производства.

Первый процесс представляет собой *управление оборудованием*, реализующим технологический цикл производства. По результатам контроля технологических параметров вносятся корректирующие меры в ход технологического процесса.

Второй процесс объединяет в себе *правила работы на оборудовании*, начиная с технических условий (ТУ), заводских инструкций, нормативных требований к безопасности производства и заканчивая *надзором* за соблюдением указанных требований и правил. По результатам надзора вносятся корректирующие меры в производственную деятельность.

Оба процесса управления производством строятся на оценке текущего состояния производственного цикла и по ее результатам осуществляется управляющее воздействие с целью приведения производственного цикла в требуемое состояние.

Учитывая нормативные требования обеспечения безопасности [9, п. 1.2; 10, п. 2.2; 11, пп. 2.1 и 2.2; 2, п. 6.3], эксплуатирующая организация (ЭО) должна:

установить «...сукупність схем... методик, процесів та ресурсів, необхідних для здійснення функцій управління, забезпечення якості та безпеки на всіх етапах життєвого циклу ЯУ» (ЯУ — ядерные установки, прим. авторов); выполнять «забезпечення постійного та систематичного контролю за дотриманням вимог безпеки; забезпечення планування, управління та нагляду за діяльністю, що впливає на безпеку; запобігання вчиненню порушень вимог безпеки шляхом постійного аналізу своєї діяльності та впровадження коригувальних і запобіжних заходів...»;

осуществлять «...свою діяльність на плановій основі відповідно до визначених ним політики та цілей. Плани діяльності містять критерії, за якими можна оцінити їх виконання...», «...періодичну оцінку стану виконання планів, досягнення поставлених цілей... Оцінка спрямована на виявлення відхилень та розробку коригувальних заходів»;

постоянно выполнять самооценку текущего уровня безопасности каждого энергоблока по методикам, разработку которых обеспечивает ЭО; при этом указанные методики должны учитывать современные научно-технические разработки.

Иными словами, ЭО должна организовать свою деятельность по управлению безопасностью на основе оценки текущего ее состояния и, при необходимости, планировать мероприятия по приведению безопасности в требуемое состояние.

С учетом сказанного, управление безопасностью соответствует классической схеме управления и требованиям стандартов качества ISO:9001, и для построения системы управления безопасностью как элемента общей системы управления и надзора за безопасностью возможно применение положений теории управления [6, 7], а также положений стандарта качества [3].

Обоснуем данное утверждение, сравнив выполняемые функции элементами классической схемы управления, цикла Деминга и процессного подхода стандарта [3].

2 Надзор, классическая схема управления, цикл Деминга, процессный подход ISO:9001. Что общего?

Классическая схема управления основана на оценке текущего состояния объекта управления и сравнения его с заданным (требуемым). Функционально схема управления содержит три этапа:

этап I. Оценка состояния объекта управления;

этап II. Сравнение его состояния с требуемым;

этап III. Выполнение по результатам сравнения корректирующих (управляющих) воздействий на объект управления с целью приведения его к заданному состоянию.

Сравним классическую схему управления «по отклонению» (рис. 1) на основе отрицательной обратной связи [6] и алгоритм управления на основе цикла Деминга (или «базового принципа PDCA⁶» согласно стандарту [3]), проиллюстрированного на рис. 2 из материалов по организации аудита качества и процессного подхода, разработанных для ГП НАЭК «Энергоатом» предприятием ООО «ИТ-Славутич» (Интеллектуальные Технологии — Славутич).

Исходя из критерия аналогичности выполняемых функций элементами схемы управления (рис. 1) и элементами цикла Деминга (рис. 2), получим следующее соответствие между ними:

♦ функция задания критериев, по которым оценивается результат запланированных действий (процесса):

блок «Требуемое состояние» + «Задание» (рис. 1) ≡ блок контроля «PLAN» (рис. 2);

♦ функция выполнения запланированных действий: блок «Текущее состояние» + «Обратная связь» (рис. 1) ≡ блок контроля «DO» (рис. 2);

♦ функция оценки результата запланированных действий: блок «Рассогласование» (рис. 1) ≡ блок контроля «CHECK» (рис. 2);

♦ функция управления планом действий (процессом): блок «Алгоритм управления» + «управление» (рис. 1) ≡ блок «ACTION» (рис. 2).

Очевидно, что перечисленные элементы (блоки) идентичны этапам классической схемы управления, приведенным в начале этого раздела.

Этап I. Определяем текущее состояние:

объекта управления (в схеме управления «по отклонению»);

качества произведенной продукции (процессный подход стандарта [3]).

Этап II. Находим разницу между текущим и требуемым состояниями:

степень рассогласования текущего состояния объекта управления от требуемого /заданного проектом состояния (отрицательная обратная связь в схеме управления «по отклонению»);

степень отклонения качества продукции на выходе из процесса от установленных критериев (процессный подход стандарта [3]).

⁶ PDCA (англ.) — методология Plan-Do-Check-Act, стандарт [3].

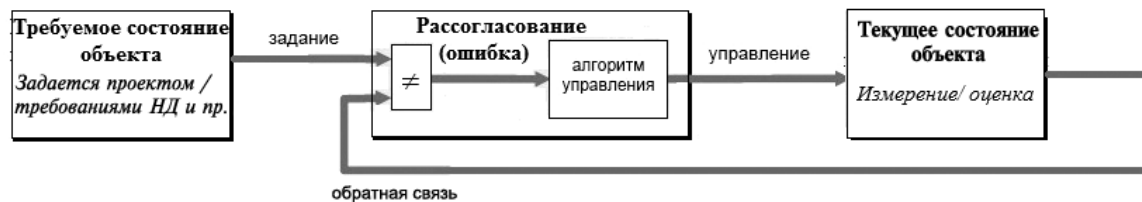


Рис. 1. Схема управления «по отклонению» на основе отрицательной обратной связи

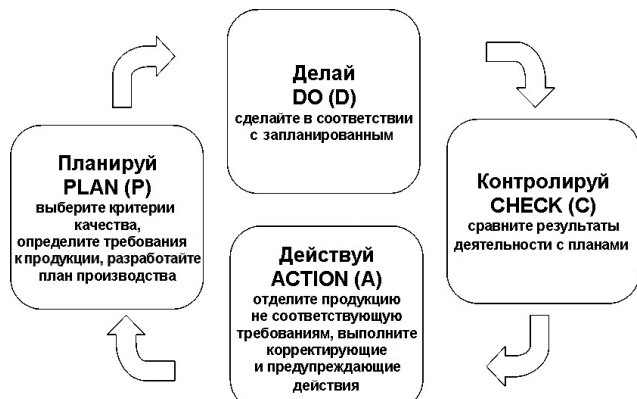
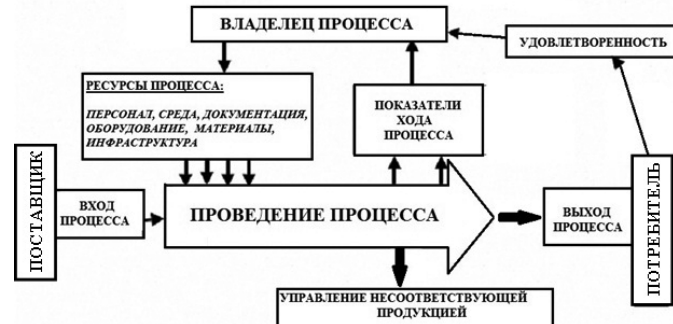
Рис. 2. Цикл Деминга (принцип PDCA³ ДСТУ [3])

Рис. 3. Общая схема структуры элементарного процесса управления

Этап III. Выполняем корректирующие (управляющие) воздействия:

на текущее состояние объекта управления (в схеме управления «по отклонению»);

на качество продукции (процессный подход стандарта [3]).

На основании изложенного следует, что элементы классической схемы управления, схемы управления «по отклонению» на основе отрицательной обратной связи и цикла Деминга аналогичны по выполняемым функциям и к ним применимы положения теории управления [6, 7] и положений стандарта качества [3].

Теперь рассмотрим элементы процессного подхода. Согласно стандарту качества [3, п. 0.2], основным элементом системы управления является процессный подход. Процессный подход основан на выделении из общего производственного цикла элементарных процессов (т. е. независимых по ресурсам действий, связанных своими входами и выходами в единый производственный цикл).

Сам элементарный процесс состоит из элементов, постулируемых международным стандартом качества ISO:9001 (рис. 3).

Как видно из рис. 3, элементарный процесс содержит в себе основные этапы (этапы I—III) классической схемы управления:

владельцем процесса задаются требуемые свойства выхода процесса;

осуществляется контроль соответствия текущего выхода процесса установленным (требуемым) его потребителем свойствам;

по результатам контроля выхода процесса и с учетом показателей хода процесса осуществляется управление несоответствиями, воздействуя как на ход процесса, так и на его ресурсы.

На основании изложенного, к процессному подходу стандарта [3] также возможно применение положений теории управления [6, 7].

Очевидно, заменив термин «выход процесса» на «безопасность», мы получим схему управления безопасностью,

функционально соответствующую классической схеме управления (рис. 1) и циклу Деминга (рис. 2). Такая замена допустима, поскольку, как было показано, безопасность является одним из потребительских свойств выхода (продукта) процесса, так как направлено на удовлетворение ожиданий потребителя процесса. А значит, постулируемый системой качества ISO:9001 процессный подход к управлению товарной продукцией, согласно стандарту [3], может и должен (согласно [2, п. 6.2.1]) распространяться на управление безопасностью производства электроэнергетики на АЭС.

Таким образом, согласно изложенному выше:

1. Надзор и управление безопасностью являются взаимосвязанными элементами единой системы управления производством и одновременно элементами системы качества.

2. Для решения задачи управления процессами надзора и управления безопасностью применимы положения теории управления [6, 7]. При этом, в рамках предлагаемого подхода, регулирование возникающих отклонений предполагается осуществлять на основе квантовых уровней вмешательства по целочисленной шкале состояний.

Определившись с подходами к систематизации управления и надзора за безопасностью на основе положений теории управления [6, 7] и стандарта качества [3], далее сравним текущий уровень процессов управления безопасностью и уровень процессов надзора за безопасностью с целью определения необходимых условий для интеграции их в единую систему управления производством.

3 Процессы надзора и управления безопасностью. Критерии и методы оценки

Прежде чем приступить к рассмотрению процессов, постулируем следующее утверждение: в рамках предлагаемого подхода к развитию внутриотраслевого надзора и управления безопасностью, объектом управления

и надзора является текущий уровень безопасности энергоблока. Если вернуться к процессам управления производством, приведенным в разделе 1, к первому процессу управления производством относятся оценка и управление ТУБ, а ко второму процессу — регулирование самой системы оценки и управления ТУБ. Надзор, опосредованно через систему оценки и управления ТУБ, также управляет безопасностью. По сути, указанные элементы управления являются независимыми элементами управления безопасностью: системой непосредственного управления ТУБ и надзором за качеством системы управления ТУБ. Интеграция указанных элементов в единую систему управления ТУБ создает полноценную базу для построения классической схемы управления применительно к предлагаемому подходу совершенствования внутриотраслевой системы надзора за безопасностью и позволяет научно обоснованными методами обеспечивать безопасность производства электроэнергии и, соответственно, реализовывать один из основных приоритетов использования ядерной энергии — обеспечивать безопасность при ее применении в производстве (Ст. 5 Закона Украины [1]).

Отличие указанных элементов (точнее, процессов) управления и надзора заключается в используемых для этой цели ресурсах⁷. В первом случае (управление) — это *технологии оценки* текущего уровня безопасности (ТУБ) и использования результатов для подтверждения соответствия ТУБ требуемому уровню⁸. Во втором случае (надзор) — это *оценка соблюдения* установленных требований, норм и правил при выполнении оценки ТУБ, включая оценку корректности полученных результатов⁹.

Детальные требования и критерии безопасности ядерных установок установлены в нормативных документах; верхним в их иерархии являются «Общие положения безопасности атомных станций» [2]. Согласно требованиям [2, раздел IV «Критерии и принципы обеспечения безопасности»], «АС удовлетворяет требованиям безопасности, если в результате принятых в проекте технических и организационных мер достигнута базовая цель безопасности. Критериями безопасности для действующих энергоблоков АС является ... не превышение оценочного значения частоты тяжелого повреждения активной зоны (ЧПАЗ) ...; не превышение значения частоты предельного аварийного выброса (ЧПАВ) радиоактивных веществ в окружающую среду ...».

Очевидно, что указанные критерии направлены на оценку риска нанесения ущерба от ионизирующего излучения (ИИ), и основные усилия в области обеспечения безопасности направлены именно на противодействие этому основному фактору производственного риска, как создающему наиболее тяжкие последствия в случае его (риска) реализации.

В рамках обеспечения безопасности от указанного фактора риска, ГП НАЭК «Энергоатом» ведет масштабные исследования и анализы аварийных процессов, ранее не учитываемых в проектах энергоблоков по причине отсутствия

соответствующих требований в действовавших на момент проектирования нормативных документах. Указанный факт был отмечен в отчете МАГАТЭ IAEA-EBP-WWER-05 [13], на основании которого впоследствии была разработана отраслевая программа мероприятий по приведению в соответствие со стандартами МАГАТЭ проектов энергоблоков на постсоветском пространстве.

Благодаря сотрудничеству с такими международными организациями, как ВАО АЭС и МАГАТЭ, а также технической помощи, оказанной Украине, внедрены углубленный анализ проектных и запроектных аварий, выполняется вероятностный анализ безопасности (ВАБ). Внедряются риск-ориентированный подход (РОП) к оценке состояния и оптимизации инспектирования энергоблока на основе вероятностных анализов, риск-монитор текущего состояния энергоблока, технология оперативного ВАБ как механизмы оценки влияния на интегральные критерии безопасности ЧПАЗ/ЧПАВ различного рода текущих и планируемых изменений на энергоблоках.

По результатам стресс-тестов, выполненных после аварии на АЭС «Фукусима» в соответствии с международными стандартами и рекомендациями МАГАТЭ, разработан и принят к реализации ряд мероприятий, приводящих уровень готовности энергоблоков Украины к авариям с потерей энергоснабжения и/или потерей отвода теплоты к конечному поглотителю. Результатом указанных исследований стала разработка комплектов противоаварийных инструкций: ИЛН, СОАИ, РУТА¹⁰, планов аварийного реагирования и др., охватывающих действия персонала начиная с отклонений от нормальной эксплуатации и заканчивая управлением запроектными авариями, вплоть до аварий с тяжелым повреждением активной зоны.

В основу анализов положены современные, высокотехнологичные и научно обоснованные методы анализа безопасности, позволяющие получить количественную оценку степени влияния текущих изменений на безопасность энергоблока. Однако при этом открытым остался вопрос соответствия уровня технологий процессов надзора за безопасностью указанному уровню оценки безопасности.

4 Технология процессов надзора и поднадзорных процессов управления

К сожалению, приходится констатировать, что уровень научной и инженерной проработки процессов надзора отстает от уровня процессов оценки и управления безопасностью. Процессы оценки безопасности ушли далеко вперед по сравнению с их уровнем на этапе проектирования первых энергоблоков — от минимально необходимых тепломеханических, нейтронных, гидравлических, прочностных расчетов до используемых в настоящее время интегрированных математических моделей, учитывающих сложные обратные связи между параллельно идущими физическими процессами, взаимное влияние технологических систем друг на друга, широкий спектр внешних и внутренних воздействий. При оценке безопасности стало стандартом использование итерационных и вариантных расчетов благодаря прогрессу в развитии вычислительной техники; получил развитие математический аппарат

⁷ Ресурсы понимаются в контексте стандарта [3]. Примерный их перечень приведен на рис. 3.

⁸ Требуемый уровень (в рамках предлагаемого подхода к надзору) формируется на основе достигнутого при последней переоценке уровня безопасности и автоматически обеспечивающего (согласно [12, п. 2.5]) «...досягнення базової мети безпеки; дотримання критеріїв безпеки; відповідність АС чинним вимогам норм, правил і стандартів з ядерної та радіаційної безпеки...».

⁹ Соответствие инструментальных средств оценки требованиям к ним; документирование, архивация, распространение и применение результатов.

¹⁰ ИЛН — инструкция по ликвидации нарушений, СОАИ — симптомно-ориентированные инструкции, РУТА — руководство по управлению тяжелыми авариями.

принятия управляющих решений на основе теории нечетких множеств и нечеткой логики для количественной оценки параметров качественного характера, включая регулирование безопасности.

Вместе с тем используемые в рамках надзора технологии, как правило, направлены на инспекционный контроль соблюдения *номенклатуры* установленных нормативных требований без количественной оценки степени влияния на безопасность выявляемых в процессе контроля отклонений. Последнее просто невозможно в силу отсутствия соответствующих научно и проектно обоснованных методик оценки. Очевидно, что неопределенность такой оценки высока, так как, с одной стороны, мы имеем зависимость оценки от человеческого фактора¹¹, а с другой — дополнительная неопределенность вносится при принятии управляющего решения по ее результатам и далее, при последующих оценках эффективности или в случае рецидива отклонения. При этом вовсе не очевидно, что получаемая на каждом этапе оценка имеет сходящийся к устойчивому значению характер (т. е. оценка может иметь расходящийся характер) и, как следствие, может привести к ошибочному или малоэффективному решению.

Указанная ситуация зачастую способствует сосредоточению внимания на устранении простых недостатков, влияние которых на текущий уровень безопасности незначительно. Например, истек срок пересмотра инструкции, содержание которой по-прежнему актуально и указанное отступление, не оказывая реального влияния на безопасность, отражается только на качестве документа. В то же время, велика вероятность оставить вне поля зрения те моменты, которые формально соответствуют требованиям, но отрицательно влияют на общий уровень безопасности. Например, скрупулезное выполнение избыточно-консервативного требования приводит к ускоренному износу важного для безопасности оборудования, однако, как правило, принимается решение в пользу соблюдения требования и далее продолжается неоправданный износ оборудования. Кстати говоря, вопрос обоснования периодичности и объема опробования оборудования по-прежнему актуален.

Сравнение технологий оценки безопасности и надзора за безопасностью показывает *необходимость приведения уровня технологий надзорных процессов к уровню технологий поднадзорных процессов оценки и управления ТУБ*.

Этот вопрос злободневен и для рассмотрения факторов производственных рисков иной, отличной от ИИ, природы (поражение электрическим током, ожоги, травмы, связанные с производством, отравляющие вещества, сбросы/выбросы и т. п.): вряд ли послужит утешением пострадавшему высокая степень защищенности от ИИ в случае, если ущерб ему нанесен другим по своей природе фактором производственного риска.

Исходя из сказанного и руководствуясь основополагающим принципом законодательства Украины — безусловным приоритетом жизни, здоровья человека и безопасности среды его обитания над любыми выгодами производства, — можно сформулировать основной принцип построения системы управления и надзора: для функции надзора все контролируемые аспекты безопасности и производственные факторы риска являются равноценными. Другими словами, *все направления надзора за безопасностью независимы и равноправны в рамках системы управления безопасностью*.

С учетом последнего утверждения, уравнения состояния ТУБ для различных направлений надзора должны представлять собой показатели, нормированные к абстрактному показателю абсолютного уровня безопасности. Такой подход позволит, по аналогии с процессами управления ТУБ (шкала уровней вмешательства), описанными выше, применять математику теории управления [6, 7] к описанию процессов надзора.

Ранее было показано, что процессы надзора выполняют функцию обратной связи в системе управления производством и играют роль своеобразного регулятора системы управления безопасностью. Соответственно, для упрощения процесса регулирования без потери его эффективности, структура надзора должна быть идентична структуре системы управления безопасностью, т. е. *аналитическое представление текущего уровня безопасности (ТУБ) должно представлять собой уравнения состояния безопасности по каждому направлению надзора*.

Указанный подход к структуре предлагаемых процессов надзора позволит избежать существенных изменений в организационной структуре эксплуатирующей организации и сконцентрировать усилия на повышении эффективности использования располагаемых ресурсов для обеспечения безопасности производства.

5 Предложения по дальнейшему развитию научно-технического уровня процессов надзора и управления безопасностью

С целью развития указанных процессов и с учетом приведенного в статье анализа, предлагается *дополнить* существующие методы надзора *количественной* оценкой качества оценки и управления безопасностью. Это позволит сохранить наработанный опыт контроля соблюдения номенклатуры требований и регламентов по безопасности и внедрить оценку степени влияния выявленного того или иного отступления на текущий уровень безопасности (ТУБ) энергоблока с последующим принятием решения о вмешательстве в технологию оценки и управления безопасностью.

Для реализации указанного подхода предлагается использовать технологию процессного подхода стандарта [3], а именно: рассматривать в качестве элементарных процессов процедуры оценки текущего состояния эшелона защиты и, при необходимости, приводить последние в требуемое состояние. Уровень вмешательства определяется степенью отклонения состояния эшелона защиты от требуемого.

Исходя из располагаемых ресурсов внутриотраслевого надзора ГП НАЭК «Энергоатом» и особого внимания к внешним воздействиям после аварии на АЭС «Фукусима», аспекты безопасности целесообразно распределить следующим образом:

- ядерная безопасность;
- радиационная безопасность;
- охрана окружающей среды;
- общетехнические правила и нормы (техническая безопасность, охрана труда, пожарная безопасность);
- безопасность площадки АЭС (сейсмическая опасность, ураганы, торнадо, затопления и т. п.).

Характерная особенность предлагаемого подхода формирования эшелона защиты исходя из располагаемых проектных и эксплуатационных ресурсов — возможность

¹¹ Как показывают результаты вероятностного анализа, указанный фактор — наибольший вкладчик в ЧПАЗ.

любого перегруппирования ресурсов в теоретически произвольное количество эшелонов защиты. Однако принципиального влияния на безопасность это не оказывает, так как в основе системы эшелонов защиты лежат реальные параметры, оборудование и эксплуатационные регламенты, которые можно рассматривать как величину постоянную. Ожидаемое изменение при перегруппировании эшелонов защиты находится только в области структуры отчетной документации.

Подводя итог выполненным в статье анализам, в рамках последовательного развития технологий надзора и управления текущим уровнем безопасности (ТУБ), на основе современных научных методов управления и в дополнение к существующей системе надзора, предлагается внедрить следующие технологии:

1. Управление текущим уровнем безопасности:

метод формирования проектно-обоснованных эшелонов защиты (ЭЗ) от производственных факторов риска (ПФР), структурно состоящих из проектных параметров и эксплуатационных характеристик энергоблока;

метод количественной оценки текущего уровня безопасности как систему показателей состояния ЭЗ, определяемых по типовым программам мониторинга;

процедуру управления состоянием ТУБ исходя из полученной количественной оценки, на основе заранее созданной шкалы уровней вмешательства;

методику оценки актуальности процедуры управления состоянием ТУБ (соответствия современным научным подходам и техническим стандартам к оценке безопасности).

2. Надзор за текущим уровнем безопасности:

методику надзора и оценки полноты соблюдения технологии сбора и обработки исходных данных для управления ТУБ (представительность и репрезентативность данных);

методику надзора и оценки полноты соблюдения технологии оценки и управления ТУБ, оценки влияния выявленных отступлений на текущий уровень безопасности (технологическая дисциплина);

методику надзора за актуальностью научно-технического уровня применяемых технологий оценки и управления ТУБ (качество методологии);

методику надзора за эффективностью применяемых методик оценки и управления безопасностью (результативность методологии).

3. Внедрение перечисленных технологий надзора и управления ТУБ на основе процессного подхода стандарта ДСТУ ISO:9001.

Кроме того, в рамках развития предлагаемого подхода к оценке ТУБ на основе эшелонов защиты становится возможным использовать подходы «safety margins» МАГАТЭ и метод классификации событий «запас безопасности» INES к количественной оценке влияния на безопасность выявленных в рамках надзора отступлений, исходя из оценки располагаемого запаса сохранившихся ЭЗ и их текущего состояния. Однако полноценное применение данного подхода требует не только отдельного математического аппарата обоснования принимаемых решений (например, метод иерархий, лингвистических переменных или математики нечетких множеств [4, 5]), но и соответствующей гармонизации регламентирующей базы.

Выводы

Предлагаемое направление развития надзора как структурного элемента системы управления производством и элементом системы качества, состоящего из процессов согласно стандарту [3], является реализацией системного подхода к управлению безопасностью.

Внедрение предлагаемого подхода к надзору станет последовательным этапом в реализации технической политики ГП НАЭК «Энергоатом» в области повышения безопасности энергоблоков.

Список использованной литературы

1. Закон Украины «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку».
2. *НП 306.2.141*. Общие положения безопасности атомных станций.
3. *ДСТУ ISO 9001:2009*. Система управління якістю. Вимоги.
4. *Саати Томас*. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Перевод с англ. Р. Г. Вачнадзе. — М.: Радио и связь, 1993. — 278 с.
5. *Поспелов Д. А.* Нечеткие множества в моделях управления и искусственном интеллекте / Д. А. Поспелов. — М.: Наука, 1988. — 312 с.
6. *Поляков К. Ю.* Теория автоматического управления: Учеб. издание / К. Ю. Поляков. — С.-Пб, 2008. — 80 с.
7. *Егоров А. И.* Основы теории управления / А. И. Егоров. — М.: Физматлит, 2004. — 504 с.
8. *GS-R-3*. Руководство МАГАТЭ: Система управления для установок и деятельности. — Вена: МАГАТЭ, 2006. — 27 с.
9. Вимоги до програми забезпечення якості на всіх етапах життєвого циклу ядерних установок / М-во юстиції України. — Рег. № 294/3587, 1999.
10. *НП 306.1.190–2012*. Общие требования к системе управления деятельностью в сфере использования ядерной энергии.
11. *НП 306.1.182–2012*. Требования к системе управления деятельностью эксплуатирующей организации.
12. *НП 306.2.162*. Вимоги до оцінки безпеки атомних станцій.
13. Вопросы безопасности и их приоритизация для атомных электростанций с реакторами ВВЭР-1000/320: Отчет МАГАТЭ IAEA-EBP-WWER-05. — Вена, 1996.

Получено 08.01.2013.