

Вопросы культуры безопасности на стадии строительства АЭС. Машин В.А.

Машин Владимир Анатольевич - Старший специалист Обнинского научно-исследовательского центра «Прогноз».

Кандидат психологических наук. E-mail: mashin-va@mail.ru

Сегодня Россия вышла на лидирующие позиции по количеству сооружаемых за рубежом атомных энергоблоков. В 2015 году Госкорпорация «Росатом» сформировала портфель зарубежных заказов на 101,4 млрд долларов по строительству 29 энергоблоков. Применение современных технологий и новейших разработок, комплексные решения при реализации проектов сооружений АЭС обуславливают конкурентоспособность российских предложений.

Одной из центральных задач при реализации проектов сооружений энергоблоков остается обеспечение качества и безопасности АЭС. Решение данной задачи, как показывает мировая практика, не возможно без формирования и поддержания надлежащего уровня культуры безопасности (которая включает в себя и культуру качества) на всех этапах жизненного цикла станции, включая строительство. Когда основной упор делается на технических аспектах, на графике выполнения проекта строительства и его бюджете, недостаточное внимание может быть уделено человеческим и организационным аспектам. В ряде случаев, неадекватное применение принципов и методов культуры безопасности в новых проектах по строительству АЭС было одной из способствующих причин проблем в области безопасности [1].

Стадия строительства АЭС характеризуется значительным количеством участников (в ходе строительных работ на АЭС Олкилуото-3, Финляндия, количество различных подрядных и субподрядных организаций доходило до 1800 [1]). При этом привлекаемые к строительству компании могут не иметь опыта работы в атомной отрасли и знаний о требованиях и принципах, которые применяются в атомной энергетике для обеспечения безопасности. В этих условиях на генерального подрядчика сооружения АЭС ложится основная ответственность за формирование и поддержание у всех участников проекта такого уровня культуры безопасности, который отвечал бы как международным, так и внутренним для страны-заказчика требованиям и рекомендациям в области обеспечения безопасности атомных энергоблоков.

Общая модель системы управления безопасностью, в рамках которой формируется и развивается культура безопасности [2, 3], представлена на рисунке 1. В основе этой модели лежит процессный подход и методология *PDCA* (*Планирование - Выполнение - Контроль - Коррекция*). Создавая, поддерживая и совершенствуя систему управления безопасностью, отвечающую принятым требованиям и принципам в области обеспечения безопасности, мы формируем и развиваем соответствующую культуру безопасности.

Кратко остановимся на основных элементах модели системы управления безопасностью:

1. Требования к системе управления безопасностью

Необходимо определить свод требований, которым должны следовать все организации-участники строительства при разработке и внедрении системы управления безопасностью, при организации и выполнении работ, при валидации и верификации результатов на соответствие установленным требованиям [4].

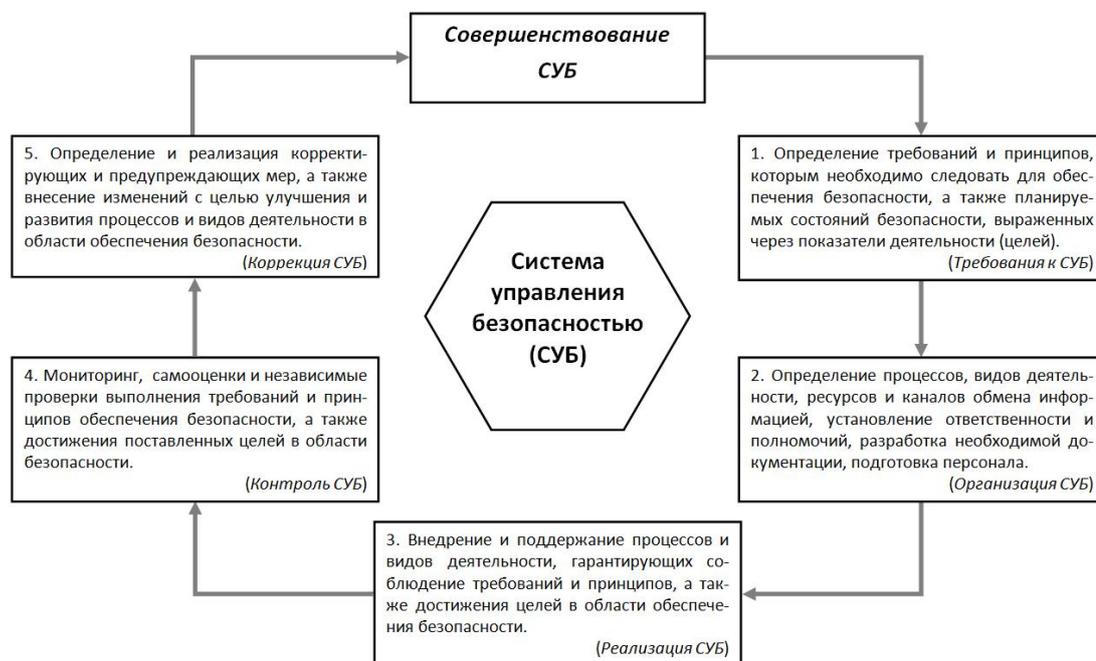


Рисунок 1. Общая модель системы управления безопасностью.

Необходимо определить важнейшие принципы, которые должны соблюдать все участники сооружения АЭС в своей деятельности, чтобы гарантировать выполнение установленных требований, используя рекомендации МАГАТЭ и ВАО АЭС [5]:

- Руководители должны демонстрировать приверженность вопросам качества и безопасности как на словах, так и на деле, привлекая необходимые ресурсы, выполняя регулярные обходы рабочих площадок, повышая качество и безопасность работ через применение стимулов, санкций и поощрений.
- В отношении персонала организации должно присутствовать доверие и внимание, что создает уважительную рабочую обстановку. Своевременное и четкое общение должно служить формированию высокого уровня доверия, когда принимаются различные предложения от специалистов и вовремя обсуждаются с целью поиска решения. При этом работники информируются о действиях, предпринятых в ответ на их сомнения, замечания, предложения.
- Проблемы, включая организационные вопросы, потенциально влияющие на качество и безопасность, должны быстро выявляться, всесторонне анализироваться и устраняться в кратчайший срок, в зависимости от их значения для безопасности.
- Должна поддерживаться осознано-безопасная среда, в которой персонал чувствует себя свободно в выражении обеспокоенности за качество и безопасность, не опасаясь мести, запугивания, преследования или дискриминации.

- Должно поощряться критическое отношение работников к существующим условиям, допущениям, аномалиям и сообщение о выявленных несоответствиях, которые могут привести к ошибкам и неправильным действиям.

Кроме этого, каждая организация-участник сооружения АЭС должна установить свои цели в области обеспечения безопасности и качества выполняемых работ. Для этого должны быть определены показатели деятельности, с помощью которых можно отслеживать достижение поставленных целей. Эти требования обязательны и для эксплуатирующей организации - Заказчика строительства.

2. Организация системы управления безопасностью

На рисунке 2 приведены основные процессы системы управления безопасностью, создание, поддержание и совершенствование которых формируют и развивают такую культуру безопасности, которая обеспечивает выполнение требований и принципов, установленных в области качества и безопасности.

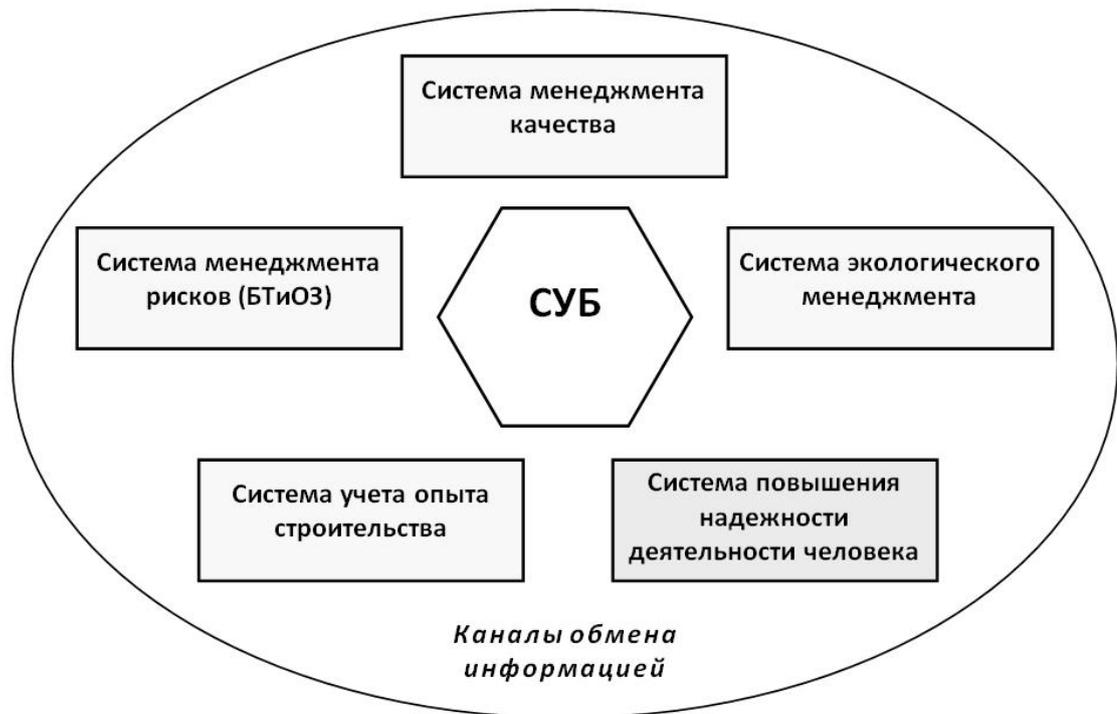


Рисунок 2. Общая структура процессов системы управления безопасностью.

Система менеджмента качества обеспечивает соответствующую организацию работ, правильное их выполнение "с первого раза" и оценку полученных результатов, значимых для безопасности АЭС [4]. Виды деятельности, требования и принципы данного процесса в полной мере представлены в Руководствах МАГАТЭ по безопасности 50-S/SG-Q [4] и в ГОСТ ISO 9001-2011 [6].

Система менеджмента рисков (включая *Безопасность Труда и Охрану Здоровья - БТиОЗ*) обеспечивает выявление, оценку и управление рисками, связанными с качеством и безопасностью выполняемых работ и предполагаемых изменений. Виды деятельности, требования и принципы данного процесса подробно описаны в таких документах, как ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007 [7] и OHSAS 18002:2008 [8].

Система экологического менеджмента существенно повышает возможности организации прогнозировать, идентифицировать и управлять влиянием на окружающую среду, достигать экологических целей и обеспечивать соответствие применимым законодательным и другим требованиям, которые организация обязалась выполнять. Виды деятельности, требования и принципы данного процесса детально освещены в таких документах, как ГОСТ Р ИСО 14001-2007 [9] и ГОСТ Р ИСО 14004-2007 [10].

Система учета опыта строительства обеспечивает, чтобы вся имеющаяся информация, включая сообщения о событиях низкого уровня¹ (СНУ), была должным образом использована для повышения качества и безопасности организации [12, 13]. Виды деятельности, требования и принципы процесса учета опыта строительства (на примере опыта эксплуатации) детально представлены в документах МАГАТЭ [11, 14-19]. Рисунок 3 демонстрирует процессную модель системы учета опыта строительства.

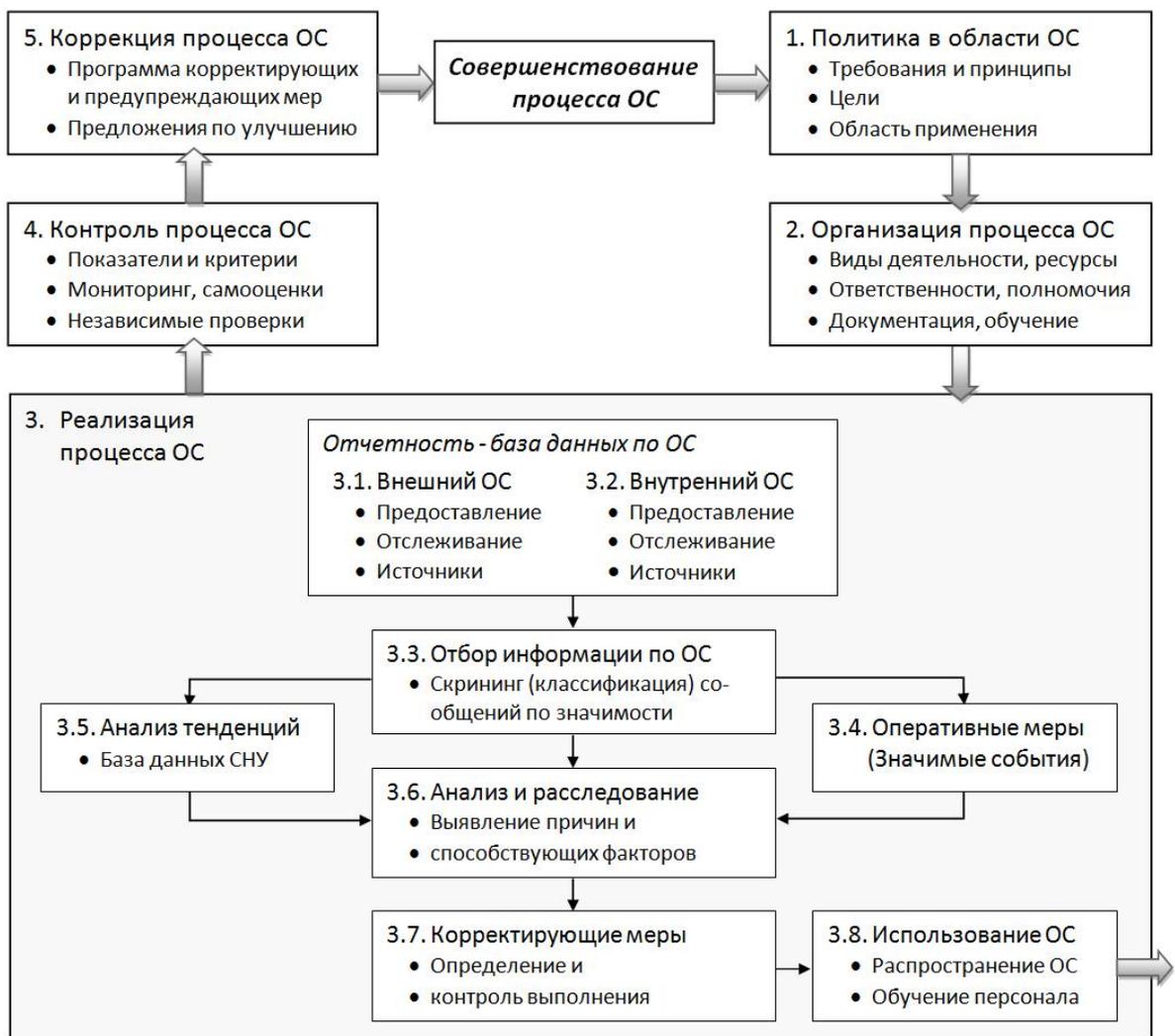


Рисунок 3. Процессная модель системы учета опыта строительства (ОС).

Система повышения надежности деятельности человека основана на методологии предупреждения ошибочных действий человека и снижения их последствий [20].

¹ Событие низкого уровня это обнаружение слабого места или недостатка, который мог привести к нежелательным последствиям, но не привел, благодаря наличию одного (или нескольких) барьеров глубокоэшелонированной защиты. Это понятие также включает в себя события, которые удалось избежать [11].

Разработанная Институтом по эксплуатации атомных электростанций США (INPO), она базируется на анализе возможностей и ограничений природы человека, а также роли организационных факторов в его ошибках. Виды деятельности, требования и принципы данного процесса представлены в документах INPO [21-23], МАГАТЭ [24, 25], ВАО АЭС [26] и Министерства энергетики США [27, 28].

По каждому процессу должны быть определены ответственности и полномочия, выделены достаточные ресурсы (финансовые, людские, материальные), разработаны необходимые документы и проведено обучение соответствующего персонала.

Дополнительно должны быть организованы каналы передачи информации не только внутри, но и между процессами системы управления безопасностью, например:

- передача по результатам контроля качества (система менеджмента качества) сообщений о выявленных отклонениях, несоответствиях, недостатках в систему учета опыта строительства для документирования и принятия, в случае необходимости, корректирующих мер и отслеживания их выполнения;
- передача сообщений об уроках, извлеченных из событий (система учета опыта строительства), в систему повышения надежности деятельности человека для информирования персонала с целью предупреждения их повторения или возникновения (внутренний и внешний опыт);
- передача сообщений о выявленных рисках и соответствующих мерах управления (система менеджмента рисков) в систему повышения надежности деятельности человека для информирования персонала с целью минимизации воздействия опасных факторов.

3. Реализация системы управления безопасностью

Ответственные и подотчетные за процессы лица контролируют и поддерживают надлежащее выполнение каждого вида деятельности, ведение и сохранение записей для подтверждения соответствия требованиям и принципам, которые предъявляются к процессам, а также записей о достигнутых результатах. Они обеспечивают обмен информацией как внутри процесса, так и между процессами, оперативно информируя высшее руководство при возникновении организационных проблем.

Для примера, в ходе деятельности по сбору сообщений при реализации системы учета опыта строительства контролируется решение следующих параметров системы [15, 16]:

- Передовой опыт, недостатки, несоответствия, ошибки и события, а также связанные с ними способствующие факторы организационного и индивидуального характера, сообщаются, документируются, предварительно анализируются, и подходящая информация, значимая для обеспечения качества и безопасности, поступает в систему.
- В предоставлении сообщений вовлечен весь персонал, включая персонал подрядных организаций.
- Для сбора сообщений разработана, внедрена и поддерживается четкая процедура, определена организационная структура и соответствующая инфраструктура (техническое и программное обеспечение).

- Предоставленные сообщения классифицируются с учетом значимости для обеспечения качества и безопасности.
- Персонал поощряется к активному предоставлению сообщений простотой процедуры, свободным доступом, отсутствием санкций за информацию о событиях низкого уровня.
- Обратная информация своевременно предоставляется лицу, предоставившему сообщение, а планы немедленных корректирующих мер оперативно доводятся до всех соответствующих подразделений и вовлеченных лиц.
- Система учета опыта строительства способна обработать и проанализировать тысячи сообщений о событиях низкого уровня наряду с небольшим числом сообщений о серьезных событиях.
- База данных сообщений предусматривает единую индексацию для недостатков, несоответствий и событий низкого уровня, и поддерживается квалифицированными и опытными сотрудниками.
- Аналитическая информация о полученных сообщениях периодически предоставляется высшему руководству.

Практика внедрения и реализации процессов системы управления безопасностью позволила выявить факторы, которые затрудняют достижение поставленных целей. К ним, в первую очередь, относится роль руководителей всех уровней в поддержании и развитии процессов. Примеры, каким образом руководители могут препятствовать реализации системы учета опыта строительства, приведены в докладе МАГАТЭ [19]. Перечислим некоторые из них:

- Приоритеты бюджета, выполнения графика работ преобладают в решениях руководителей над аспектами качества и безопасности, требованиями и принципами, принятыми в процессе.
- Не обеспечивается регулярная поддержка руководителями процесса и его видов деятельности на рабочих площадках.
- Руководители блокируют "выход" проблем и недостатков за пределы своих организаций, отделов, оперативных смен или бригад.
- Руководители не поощряют и не способствуют, чтобы персонал предоставлял сообщения о событиях низкого уровня.
- Руководители не развивают и не поощряют открытую, доверительную, не ориентированную на поиск виновного и наказание атмосферу.
- Руководители не проявляют заинтересованность и активность в использовании внешнего опыта строительства.
- Руководители рассматривают процесс как обузу, бесполезную трату времени, денег и сил.
- Руководители не создают условия и возможности для своего персонала изучать уроки из предыдущих событий и перенимать передовые практики и методы работы.
- Руководители не видят дальше непосредственных причин событий и не анализируют весь спектр фактор, включая организационные, которые способствовали этим событиям.

- Руководители не рассматривают события низкого уровня в качестве предвестников более значимых событий для безопасности.
- Руководители часто отклоняют внешний опыт строительства простым рассуждением: "У нас это невозможно".

Кроме препятствий, лежащих в организационной плоскости, важно учитывать человеческий фактор в процессе реализации процессов. Например, отдельной задачей является убедить персонал предоставлять сообщения по событиям, связанным с качеством и безопасностью (система учета опыта строительства), особенно, когда за этим может последовать разглашение их собственных ошибок [28]. Это касается таких особенностей поведения человека:

- Человеческая реакция на совершенную ошибку не ведет к откровенному признанию. Природное нежелание признать свой промах, ошибку, чувство стыда. Люди не хотят выставлять себя на посмешище, становится предметом насмешек и унижений.
- Потенциальные "репортеры" не всегда видят достаточную ценность в сообщении, особенно, если они скептически настроены по отношению к вероятной реакции руководителя на свою информацию: "Если мы возьмем на себя труд написать сообщение, которое выявляет системные недостатки, как мы можем быть уверены, что руководство будет действовать, чтобы улучшить ситуацию?" или "Наши сообщения все равно ничего не смогут изменить".
- Существуют проблемы доверия ("Не получу ли я или мои коллеги проблем на свою голову"?) и страх негативных последствий (пусть не прямых, а косвенных), что сообщение может быть использовано в будущем против индивида.
- Отсутствуют стимулы, побуждающие к добровольным и своевременным сообщениям, с тем, чтобы ошибки можно было оперативно исправить и не допустить впредь.
- Дополнительная работа, связанная с составлением сообщения или отчета, обычно рассматривается как нежелательная. Написание сообщения в форме отчета отнимает много времени и усилий: "Почему мы должны это делать?"
- Существует естественное стремление человека поскорее забыть неприятную ситуацию, даже если все завершилось благополучно. Сообщения рассматриваются как ненужные, поскольку человек полагает, что всегда может справиться с подобными ситуациями в одиночку.
- Сообщение о чужих ошибках может породить трудности или конфликтные отношения между отдельными лицами или группами.

4. Контроль системы управления безопасностью

Руководители должны осуществлять контроль процессов системы управления безопасностью через постоянный мониторинг показателей эффективности деятельности, проведение регулярных самооценок и периодических независимых проверок на соответствие установленным требованиям, критериям и целям, принятых организацией в области обеспечения качества и безопасности [11].

Там, где это возможно и целесообразно, измеряемые показатели должны быть разработаны и внедрены для мониторинга эффективности деятельности процессов

системы управления безопасностью и отвечать следующим характеристикам, разработанным МАГАТЭ [29]:

- существует прямая связь между показателями и безопасностью (качеством);
- необходимые для оценки показателей данные доступны или могут быть получены;
- показатели могут быть выражены количественными данными;
- показатели являются однозначными, не допускают двойной интерпретации;
- значение показателей понятно;
- показатели не подвержены манипуляциям;
- показатели являются значимыми;
- показатели могут быть интегрированы в обычные эксплуатационные виды деятельности;
- показатели могут быть проверены на валидность (измеряют ли они то, что должны измерять);
- показатели связаны с причинами нежелательного качества работы (ошибками, нарушениями, отклонениями);
- точность данных показателей может быть подвергнута контролю качества и проверке;
- локальные воздействия могут быть предприняты на основе значений показателей.

Конкретные показатели должны улавливать и фиксировать проблемы низкого уровня, чтобы обеспечить своевременное их выявление и вмешательство, которое может предотвратить более значимые события для безопасности [29]. Поэтому основные усилия по разработке, внедрению и мониторингу показателей в системе управления безопасностью направлены, в первую очередь, на опережающие показатели эффективности деятельности [2], которые обеспечивают раннее предупреждение снижения уровня безопасности. Вторую группу показателей, используемых при мониторинге, составляют оценки эффективности деятельности организации или запаздывающие показатели [12, 29]. Примерами таких оценок при строительстве могут служить следующие показатели:

- Коэффициент брака (доля потери от брака в стоимости фактического объема выполненных работ за отчетный период).
- Показатель ритмичности работ, характеризующий уровень организации производства за отчетный период (сверхурочные работы, простои по вине строительной организации).
- Показатель выполнения плана ввода в действие объектов строительства, с выполнением всех работ, предусмотренных проектом и договорными обязательствами.
- Показатель потерь рабочего времени в результате несчастных случаев при строительстве за отчетный период.

Ниже приведены примеры опережающих показателей для системы учета опыта строительства (полный перечень представлен в докладах МАГАТЭ [11, 14-16]), которые могут быть применены для оценки деятельности организаций при строительстве:

- Процент предоставленных сообщений с информацией об ошибках человека.

- Количество сообщений о событиях низкого уровня, относящихся к безопасности труда и охране здоровья (происшествия без потери рабочего времени).
- Количество сообщений о событиях низкого уровня, вызванных человеческими ошибками.
- Количество наблюдений на рабочих площадках, выполненных руководителями.
- Отношение событий низкого уровня к числу значимых для безопасности событий.
- Повторно возникающие события низкого уровня и тенденции.
- Отношение ожидающих согласования и принятия корректирующих мер к уже утвержденным программам мер.
- Количество корректирующих мер, для которых были изменены сроки выполнения.
- Количество внутренних/внешних отчетов по опыту строительства, которые были распространены в организации.

Для обеспечения эффективности процессов системы управления безопасностью, формирования и развития необходимого уровня культуры безопасности, организация создает и поддерживает в действии систематическую самооценку процессов. Результатом самооценки служат рекомендации по устранению выявленных несоответствий, исправлению установленных недостатков, коррекции негативных тенденций и совершенствованию процессов.

Самооценка использует результаты мониторинга показателей эффективности процессов, а также дополнительно анализирует их деятельность на соответствие принятым требованиям, критериям и целям, которые должны быть достигнуты в области качества и безопасности.

Приведем примеры вопросов, которые должны быть рассмотрены при самооценке системы учета опыта строительства (полный перечень вопросов изложен в материалах МАГАТЭ [11, 12, 14-16]):

- Система учета опыта строительства включает в себя сообщения о событиях низкого уровня?
- Создана и поддерживается система поощрения сообщений о событиях низкого уровня?
- Процесс предоставления сообщения удобен, понятен и доступен для пользователей?
- Действуют ли принципы справедливого отношения к ошибкам, о которых сообщает персонал? Воспринимаются ли персоналом ответные меры на такие сообщения как карательные?
- Существуют ли примеры наличия недостатков, способствующих ошибкам факторов, о которых не было сообщено персоналом?
- Регулярно ли проводится анализ тенденций событий низкого уровня с предоставлением результатов руководству?
- Насколько своевременно и эффективно выполняются корректирующие меры по выявленным причинам?

Практика доказывает, что самооценка не гарантирует того, что все области деятельности будут охвачены должным образом, и что выполненная самооценка будет соответствовать наилучшей международной практике. Именно по этой причине

периодически следует прибегать к независимым проверкам, включая миссии МАГАТЭ и партнерские проверки ВАО АЭС [15].

Основной целью независимой проверки является определение соответствия процессов принятым стандартам (включая международные), является ли самооценка организации эффективной и всеобъемлющей, и какие дополнительные области процессов требуют улучшения [15].

В дополнение к самооценке и независимым проверкам, высокоэффективные организации также пользуются преимуществами других возможностей для улучшения своих процессов системы управления безопасностью [11]:

- Бенчмаркинг наиболее эффективных АЭС;
- Бенчмаркинг организаций неядерных отраслей промышленности, достигших успехов в обеспечении качества и безопасности (например, нефтяная, химическая, воздушная, аэрокосмическая, военная отрасли);
- Непрерывный обзор отраслевого передового опыта.

5. Коррекция системы управления безопасностью

Результатом выполненных самооценок и независимых проверок являются выявленные проблемы, слабые места и предложения по их устранению. Самооценки и независимые проверки должны генерировать [12]:

- Выводы, которые касаются выявленных недостатков и несоответствий в процессах, важных проблем в области обеспечения качества и безопасности, а также оценок эффективности реализации процессов и достижения поставленных целей;
- Рекомендации, которые предполагают области и виды деятельности для улучшения в соответствии с недостатками и несоответствиями, перечисленными в выводах.

На основе представленных выводов и рекомендаций разрабатывается план мер, с указанием приоритетов, ответственных, ресурсов и сроков выполнения. Предлагаемые меры проходят согласование с заинтересованными лицами, обеспечивая сопричастность и вовлеченность.

Отчеты по самооценкам и независимым проверкам, а также план мер по выполнению рекомендаций, предоставляется на обсуждение и утверждение руководству организации. Меры по совершенствованию процессов системы управления безопасностью должны включать в себя решения и действия, связанные с возможными изменениями [8]:

- показателей эффективности деятельности;
- политик и целей в области качества и безопасности;
- ресурсов для поддержания и развития процессов;
- организации и контроля процессов.

Анализ со стороны руководства следует сосредоточивать на общих показателях функционирования процессов системы управления безопасностью, относящихся к их [8]:

- пригодности (т.е. являются ли процессы подходящими/пригодными для организации с учетом ее размеров, характера рисков и т.д.);

- адекватности (в полной ли мере процессы учитывают политику и цели организации в области обеспечения качества и безопасности);
- результативности (обеспечивают ли она достижение запланированных результатов).

Общий план действия по совершенствованию процессов включает в себя [30]:

- анализ и оценку существующего положения для определений областей для улучшения;
- установление целей улучшения;
- поиск возможных решений для достижения целей;
- оценивание и выбор решений;
- выполнение выбранных решений;
- измерение, проверку, анализ и оценку результатов выполнения для определения того, достигнуты ли цели;
- оформление изменений.

Результаты мониторинга, самооценок и независимых проверок анализируют с целью определения дальнейших возможностей для совершенствования. Таким образом, совершенствование процессов, отталкиваясь от методологии PDCA, носит постоянный характер.

Представленная система управления безопасностью через свои процессы и виды деятельности формирует, поддерживает и развивает такую культуру в организации, которая обеспечивает выполнение всех принятых требований, принципов и целей в области качества и безопасности.

Используя описанную процессную модель системы управления безопасностью, кратко рассмотрим проблемы, с которыми могут столкнуться организации-участники строительства АЭС. Для этого воспользуемся материалами отчета, подготовленного по результатам исследования качества работ подрядных организаций при строительстве АЭС Олкилуото-3, проведенного Управлением по ядерной и радиационной безопасности Финляндии (STUK) [31].

Исследуя вопросы качества и безопасности в деятельности ряда организаций при строительстве АЭС Олкилуото-3 (в частности, финского поставщика бетона для фундаментной плиты здания реактора, польского производителя стальной облицовки гермооболочки реактора), STUK выявило следующие проблемы, которые касались, главным образом, системы менеджмента качества:

1. Требования к системе управления безопасностью

Поставка бетона для фундаментной плиты здания реактора

Генеральный подрядчик, компания Framatome ANP (FANP, с 2001 года входит в состав французской компании AREVA), в приглашениях к участию в тендере на поставку бетона не указал специальные требования, которые предъявляются к управлению качеством работ при строительстве АЭС (например, разработка программы обеспечения качества до начала выполнения работ с включением в нее требований МАГАТЭ [4]). При этом участники тендеров могли не иметь опыта строительства АЭС и должны были

оценить объем своих дополнительных работ и расходов для удовлетворения этих требований уже после заключения контракта. Главный критерий, который применялся Генподрядчиком при сравнении участников торгов, согласно STUK, была стоимость работ.

Таким образом, стратегия, выбранная Генподрядчиком в подборе поставщика бетона, возлагала на него дополнительные обязанности в создании системы управления безопасностью (включая менеджмент качества) и формировании такой культуры безопасности у поставщика (не имеющего опыта работы в ядерной отрасли), которая бы отвечала требованиям и критериям, предъявляемым к сооружению АЭС. Исследование STUK показывает, что Генподрядчик не рассматривал это как свою задачу.

Производство стальной облицовки гермооболочки реактора

Проектировщиком и поставщиком стальной облицовки была выбрана немецкая компания BNN, работающая в ядерной отрасли. При этом она самостоятельно отобрала субподрядчика для производства стальной облицовки. Требования к качеству и контролю технологических операций не были акцентированы при проведении тендера и стали неожиданностью для отобранного производителя, у которого отсутствовал опыт поставок продукции для АЭС. Как результат, система управления безопасностью и культура безопасности производителя не отвечала в полной мере требованиям и критериям, предъявляемым к сооружению АЭС. Как показало исследование STUK, эти вопросы не были в фокусе внимания компании BNN.

2. Организация системы управления безопасностью

Поставка бетона для фундаментной плиты здания реактора

Ответственность поставщика за обеспечения качества бетона не была четко определена. Отсутствовала ясность между поставщиком бетона и Генподрядчиком, кто несет прямую ответственность за состав бетонной смеси. Не был назначен ответственный руководитель за изготовление фундамента на площадке АЭС, который бы имел полномочия для принятия решений, обязательных для всех сторон. Нерешенные вопросы распределения ответственности и полномочий привели к проблемам в обеспечении качества бетонной смеси в ходе выполнения работ по бетонированию плиты.

Обмен информацией между подрядчиками бетонных работ был организован исключительно через Генподрядчика. Отсутствовал механизм прямого взаимодействия между отдельными участниками проекта (проектировщиком плиты, поставщиком бетонной смеси, производителем работ по бетонированию). Отсутствие эффективных каналов обмена информацией также способствовало проблемам в обеспечении качества бетонной смеси.

Руководство поставщика бетона не связывало качество бетонной смеси с безопасностью АЭС. Персоналу не было предоставлено обучение со стороны Генподрядчика, касающееся практик и методов работы в ядерной области, а также значимости для безопасности выполняемых им работ. Очевидно, что сложно ждать от организации должной культуры безопасности, соблюдения принятых в проекте требований и

принципов в области обеспечения качества и безопасности, если сами требования и принципы не были в полной мере и своевременно доведены до организации.

Производство стальной облицовки гермооболочки реактора

Функции проектировщика гермооболочки реактора взял на себя Генподрядчик (компания FANP). При этом не были четко определены ответственности по обеспечению качества в длинной цепочке управления (Регулятор - Заказчик АЭС - Генподрядчик - Поставщик - Производитель). Следствием этого стали проблемы контроля качества при производстве стальной облицовки.

Запланированное Генподрядчиком регулярное обучение персонала производителя для обеспечения требуемого качества работ так и не было ему предоставлено. Например, у персонала отсутствовало понимание значимости для безопасности АЭС качества сварных швов стальной облицовки. Не были проведены занятия по методам управления качеством, принятым в ядерной области.

3. Реализация системы управления безопасностью

Поставка бетона для фундаментной плиты здания реактора

Согласно договору, подрядчик отвечал за производство бетонной смеси и доставку ее до бетононасоса. Поставщик бетона не имел никакого интереса, основываясь на содержании контракта, уделять должное внимание удобоперекачиваемости бетонной смеси (что приводило к случаям поломки бетононасосов и задержкам в работах по бетонированию плиты фундамента).

Генподрядчик не соблюдал требование о двухнедельном уведомлении участников о начале крупномасштабных работ по бетонированию. Например, при бетонировании фундаментной плиты под здание хранения топлива, он направил уведомление производителю бетонных работ в день их начала. Это не позволило подрядчику должным образом подготовиться к выполнению работ (набрать достаточное количество работников). Пример, когда Генподрядчик сам нарушал требования, которые он установил. Характеризует уровень его культуры безопасности.

Персонал бетонных заводов отклонялся от практик и методов работы, которым следуют в ядерной области при выполнении строительных работ. Утвержденный состав бетона и технические требования к бетонированию не соблюдались при производстве бетона. В итоге отмечались значительные колебания в качестве бетона (неоднородность, расслоение, низкая удобопроекачиваемость), которые, в условиях отсутствия соответствующего обучения, не рассматривались персоналом как значимая проблема, требующая активных мер и привлечения сторонних организаций. Характеризует уровень культуры безопасности поставщика бетона.

Эффективная система менеджмента качества не была создана на заводах поставщика бетона. Одним из подтверждений этому служит потеря тестовых образцов для определения прочности бетона на сжатие.

Низкая эффективность каналов передачи информации в рамках системы менеджмента качества проявилась в проблемах обмена данными между участниками проекта по составу бетонной смеси, технологии производства бетона и контролю качества.

В ходе выполнения работ по бетонированию плиты фундамента вскрылись проблемы, касающиеся системы учета опыта строительства. Так персонал поставщика бетона не сообщал оперативно о наличии несоответствий при производстве бетонной смеси. Были установлены значительные задержки при выполнении корректирующих мер в ответ на сообщения о несоответствиях.

Производство стальной облицовки гермооболочки реактора

Выполнение работ по производству стальной облицовки, в нарушение требований качества, были начаты до завершения компанией FANP основного проекта гермооболочки реактора. Из-за постоянно вносимых изменений в проектную документацию, производитель не всегда мог знать, имеет ли он дело с окончательным вариантом чертежей, что приводило к переделкам и дополнительным работам. Например, отверстия для проходки паропроводов в стальной облицовке были вырезаны в неправильных местах, с использованием устаревшей технической документации, но с разрешения FANP (ошибка была обнаружена лишь в ходе инспекции Заказчика АЭС - компании TVO). Часто необходимая документация просто отсутствовала, что приводило к простоям в работе производителя, и не позволяла STUK выполнять инспекционные проверки изготовленных конструкций. Все это характеризует уровень культуры безопасности Генподрядчика - проектировщика гермооболочки реактора.

Условия выполнения работ на заводе производителя (освещение, чистота, температура), а также использование ручной сварки для выполнения ответственных работ не отвечали в полной мере производству конструкций 2-го класса безопасности, к которому относилась стальная облицовка гермооболочки. Вопросы к культуре безопасности производителя.

Производитель не обеспечил требование системы менеджмента качества к прослеживаемости продукции, чтобы можно было отследить историю всех дефектных продуктов (увеличенные зазоры между свариваемыми кромками пластин).

4. Контроль системы управления безопасностью

Поставка бетона для фундаментной плиты здания реактора

Задолго до начала бетонирования плиты эксперты Генподрядчика и Заказчика АЭС были осведомлены о проблемах в качестве бетона (неоднородность, расслоение, плохая удобопротачиваемость), но не предприняли активных мер по их устранению вплоть до непосредственного начала работ. Таким образом, проблемы, которые наблюдались в предыдущих работах по бетонированию, не привели к эффективным корректирующим мерам, которые были бы во время реализованы. Здесь возникают вопросы к культуре безопасности не только Генподрядчика, но и Заказчика АЭС.

Генподрядчик и поставщик бетона неоднократно обсуждали требования к обеспечению качества и методам выполнения работ. При этом руководство поставщика бетона полагало, что эти требования (изменения состава бетонной смеси из-за поломок бетононасосов) лежали вне рамок содержания контракта, и не предпринимало должных

корректирующих мер, что может служить примером нарушения базового принципа системы менеджмента качества: ориентация на потребителя [30].

По указанию Генподрядчика уже во время работ по бетонированию фундаментной плиты здания реактора был изменен состав бетонной смеси (нарушение требований STUK). При этом не были проанализированы последствия выполненных изменений, которые носили существенный характер (нарушение финских строительных норм и правил). Вопросы к культуре безопасности Генподрядчика.

Результаты независимой проверки качества бетонной смеси, выполненной по распоряжению Генподрядчика, не были достаточно широко распространены даже в пределах FANP и скрыты от TVO и STUK. В результате несоответствия качеству состава бетона не были своевременно и в открытой манере рассмотрены и устранены. Характеризует уровень культуры безопасности Генподрядчика.

Производство стальной облицовки гермооболочки реактора

Согласно инспекции STUK, производитель использовал несогласованный метод сварки вместо задокументированного для исправления ранее выполненных работ. STUK составил отчет о несоответствии, сварные швы были удалены и повторно сварены. Также в ходе инспекции STUK были обнаружены дефекты при сварке крепежных пластин. Все это указывает на отсутствие должного контроля качества выполняемых работ и характеризует уровень культуры безопасности производителя.

Надзорное лицо от поставщика стальной облицовки (компании BNN) имело ограниченный опыт по данным видам работ, что приводило к задержкам при рассмотрении проектно-технической документации, а также при решении проблем и реализации корректирующих мер. Вследствие этого TVO и STUK вынуждены были взять на себя ответственность BNN за проведение проверок и своевременное инициирование корректирующих мер. Данный пример характеризует уровень культуры безопасности поставщика стальной облицовки гермооболочки реактора.

Генподрядчик не выделил инспектора для контроля соответствия требованиям качества работ по производству стальной облицовки, положившись на инспекторов TVO и STUK. При этом формально регулятор не отвечал за контроль качества в процессе производства.

Длинная цепочка управления при производстве стальной облицовки приводила к задержкам передачи информации для рассмотрения отчетов по несоответствиям, принятия и реализации корректирующих мер. Это указывает на неэффективные каналы обмена информацией, установленные Генподрядчиком в системе управления безопасностью.

5. Коррекция системы управления безопасностью

Поставка бетона для фундаментной плиты здания реактора

Генподрядчик полагал, что поставщик бетона будет реализовывать корректирующие меры, как только эксперты Генподрядчика обнаружат проблемы и доведут до поставщика. Генподрядчик не проверял, были ли на самом деле предприняты корректирующие меры. Такие ожидания были бы оправданы только при условии

эффективной системы управления безопасностью (системы менеджмента качества, системы учета опыта строительства), которая отсутствовала у поставщика бетона. Но в любом случае культура безопасности требует проверить не только то, что корректирующие меры были предприняты, но и насколько эффективны они оказались.

Подход со стороны Генподрядчика к решению возникших проблем качества бетона характеризовался поиском виновных сторон вместо того, чтобы сосредоточиться на развитии практик и методов работы, которые могли бы обеспечить требуемое качество. Вопросы к культуре безопасности Генподрядчика.

Производство стальной облицовки гермооболочки реактора

В ходе двух инспекций STUK и TVO были обнаружены чрезмерные зазоры между свариваемыми кромками, что не соответствовало исходным техническим требованиям. Был составлен отчет о несоответствии, а работы были приостановлены до принятия корректирующих мер. Через полгода данное нарушение было повторно обнаружено в ходе инспекции STUK, и TVO вынуждено было инициировать расследование. Данный случай указывает на низкую эффективность принимаемых производителем корректирующих мер для улучшения качества выполняемых работ и требует внесения изменений в его систему управления безопасностью.

STUK направил несколько замечаний Заказчику АЭС по поводу отсутствия в полном объеме проектно-технической документации для проведения инспекций конструкций стальной облицовки. TVO, согласно процедуре, проинформировала проектировщика (компанию FANP), но ситуация качественно не поменялась. Данный пример характеризует уровень культуры безопасности Генподрядчика (проектировщика гермооболочки реактора).

Время показало, что рассмотренные в отчете STUK проблемы в области обеспечения качества и безопасности носили системный характер, что в итоге вылилось в значительную задержку сооружения энергоблока Олкилуото-3 (перенос даты пуска с 2009 на 2018 год) и более чем в двукратное удорожание его стоимости (с €3.2 млрд до €8.5 млрд). При этом Генподрядчик (в лице компании AREVA) понес репутационные потери и связанные с этим многомиллиардные убытки.

Пример АЭС Олкилуото-3 демонстрирует, насколько важно обеспечить культуру безопасности уже на стадии подготовки и проведения строительных работ на АЭС. Насколько важно создать и поддерживать такую систему управления безопасностью, которая бы была способна обеспечить выполнение всех норм, правил и требований в области качества и безопасности.

Представленная в статье модель системы управления безопасностью, в рамках которой формируется и развивается культура, отвечающая принятым в атомной отрасли требованиям и принципам в области обеспечения качества и безопасности, может стать одним из ключевых конкурентных преимуществ российских предложений на мировом рынке атомной энергии.

Литература

1. IAEA. Safety Culture in Pre-operational Phases of Nuclear Power Plant Project. Safety Reports Series No 74. 2012.
2. Машин В.А. Система менеджмента безопасности: развитие и постоянное повышение культуры безопасности на предприятиях ядерного цикла // *Электрические станции*. № 3. 2014.
3. Машин В.А. Современные основы концепции культуры безопасности // *Электрические станции*. № 10. 2014.
4. МАГАТЭ. Обеспечение качества для безопасности атомных электростанций и других ядерных установок. Свод положений и Руководства по безопасности Q1-Q14. Серия изданий по безопасности, № 50-C/SG-Q. 1998.
5. ВАО АЭС. Особенности здоровой культуры ядерной безопасности. Принципы. 2013-1. 2013.
6. ГОСТ ISO 9001-2011 Системы менеджмента качества. Требования.
7. ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования.
8. OHSAS 18002:2008 Occupational health and safety management systems - Guidelines for the implementation of OHSAS 18001:2007.
9. ГОСТ Р ИСО 14001-2007 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению.
10. ГОСТ Р ИСО 14004-2007 Системы экологического менеджмента. Общее руководство по принципам, системам и методам обеспечения функционирования.
11. IAEA. Low level events and near misses for nuclear power plants: Best Practices. Safety Report Series, No 73. 2012.
12. IAEA. PROSPER guidelines: Guidelines for peer review and for plant self-assessment of operational experience feedback process. Services Series No 10. 2003.
13. Машин В.А. Культура безопасности и система сбора, учета, классификации и анализа событий низкого уровня // *Электрические станции*. № 8. 2012.
14. IAEA. Effective corrective actions to enhance operational safety. TECDOC-1458. 2005.
15. МАГАТЭ. Отслеживание тенденций низкоуровневых событий и случаев, близких к ошибкам, с целью улучшения состояния безопасности на атомных электростанциях. TECDOC-1477. 2005.
16. IAEA. Best Practices in Identifying, Reporting and Screening Operating Experience at Nuclear Power Plants. TECDOC-1581. 2007.
17. IAEA. Best practices in the utilization and dissemination of operating experience at nuclear power plants. TECDOC-1580. 2008.
18. IAEA. Best Practices in the Organization, Management and Conduct of an Effective Investigation of Events at Nuclear Power Plants. TECDOC-1600. 2008.
19. IAEA. Best practices in the management of an operating experience programme at nuclear power plants. TECDOC-1653. 2010.
20. Машин В.А. Повышение эффективности деятельности персонала АЭС // *Электрические станции*. № 5. 2013.
21. INPO. Human Performance Tools for Workers. General Practices for Anticipating, Preventing,

- and Catching Human Error during the Performance of Work. INPO 06-002. 2006.
22. INPO. Human Performance Reference Manual. INPO 06-003. 2006.
23. INPO. Human Performance Tools for Managers and Supervisors. General Practices for Organizing, Planning, Monitoring, and Feedback to Promote Excellence in Human Performance. INPO 07-006. 2007.
24. IAEA. A Systematic Approach to Human Performance Improvement in Nuclear Power Plants: Training Solutions. TECDOC-1204. 2001.
25. IAEA. Human Performance Improvement in Organizations: Potential Application for the Nuclear Industry. TECDOC-1479. 2005.
26. ВАО АЭС. Принципы эффективной работы персонала. WANO GL 2002-02. 2002.
27. DOE. Human Performance Improvement Handbook. Volume 1: Concepts and Principles. DOE-HDBK-1028-2009. 2009.
28. DOE. Human Performance Improvement Handbook. Volume 2: Human Performance Tools for Individuals, Work Teams, and Management. DOE-HDBK-1028-2009. 2009.
29. IAEA. Operational Safety Performance Indicators for Nuclear Power Plants. IAEA-TECDOC-1141. 2000.
30. ГОСТ ISO 9000-2011 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
31. Finnish Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK). Management of Safety Requirements in Subcontracting During the Olkiluoto 3 Nuclear Power Plant Construction Phase. Investigation Report 1/06. 2006.