

УДК 303.732.4: 614.8

ISSN 1812-5220

© Проблемы анализа риска, 2018

Современные подходы к мониторингу состояния промышленной безопасности опасных производственных объектов¹

Д. В. Пономаренко,ПАО «Газпром»,
г. Санкт-Петербург**В. В. Лесных,****А. В. Бочков,**
ООО «НИИгазэкономика»,
г. Москва

Аннотация

В статье обсуждаются общие подходы к построению системы мониторинга состояния промышленной безопасности опасных производственных объектов (ОПО). Обобщаются подходы, допущения и методы решения ключевых задач создания систем мониторинга в компаниях нефтегазового сектора и закладываются основы для построения сбалансированной системы показателей состояния промышленной безопасности на ОПО, а также разработки специализированного математического и программного обеспечения управления промышленной безопасностью. Предложена единая методическая основа создания системы мониторинга за состоянием промышленной безопасности на ОПО, которая позволяет выполнить обязательные требования Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) в области дистанционного контроля с учетом практических интересов организаций, эксплуатирующих ОПО, существенно повысить в них уровень культуры безопасности и подготовить научно-методическое обоснование их дальнейшего взаимодействия с Ростехнадзором в области организации оперативного дистанционного контроля (надзора) промышленной безопасности.

Ключевые слова: риск, наблюдение, мониторинг, реактивные показатели, проактивные показатели, оценка, прогнозирование, контроль, промышленная безопасность, опасный производственный объект.

Содержание

Введение

1. Ключевые задачи мониторинга

2. Общая концепция системы мониторинга

3. Проблемы построения системы показателей, характеризующих безопасность производственного процесса

4. Предложения по решению основных задач мониторинга

Заключение

Литература

¹ В публикации использованы материалы доклада Радионовой С.Г., Пономаренко Д.В., Лесных В.В., Бочкова А.В., Ковалева С.А. «Концепция построения дистанционной системы мониторинга состояния промышленной безопасности опасных производственных объектов» на 15-м Юбилейном Международном форуме по промышленной безопасности, 30 мая — 2 июня, 2017, СПб. Секция «Обеспечение надежной эксплуатации сложных производственных комплексов. Опыт применения современных автоматизированных систем на примере предприятий газовой промышленности» // Научно-технический вестник, № 3, 2017. СПб.: Группа компаний «Городской центр экспертиз», 2017. С. 218—223.

Введение

Опасные производственные объекты представляют собой сложные технические комплексы, на которых, в соответствии с проектной и нормативной документацией, поддерживаются в предусмотренном диапазоне параметров технологические режимы. Эффективное управление сложной технической системой, прогнозирование отклонений от номинальных режимов, предупреждение отказов, инцидентов и аварий возможно только на основе сбора и анализа непрерывного потока информации о ее состоянии, а также знаний о совокупности процессов, протекающих в ней.

На сегодняшний день наиболее важным инструментом наблюдения, анализа и прогнозирования, а также определяющим фактором в принятии обоснованных и наиболее эффективных управленческих решений является система мониторинга. Система мониторинга создается на базе автоматизации управления технологическими процессами (АСУ ТП) и является элементом интеллектуализации управления техническим комплексом (обеспечивает необходимые исходные данные для поддержания необходимого уровня надежности и безопасности комплекса). Все ведущие мировые нефтегазовые компании уделяют повышенное внимание автоматизации и интеллектуализации управления промышленными комплексами, создавая компьютерные модели процессов, протекающих в них (для примера, количество цифровых (имеющих компьютерные модели процессов «пласт-поверхность») скважин превысило 15 000 (из них в России — более 2000), цифровых месторождений более 250 (из них в России — 26, в том числе 2 безлюдных месторождения)), АСУ ТП с разной степенью интеллектуализации применяется практически на всех газоконденсатных месторождениях. В условиях широкого применения автоматизации и интеллектуализации управления промышленными комплексами по направлениям деятельности компаний нефтегазового сектора необходимо дальнейшее совершенствование в них системы обеспечения промышленной безопасности с функциями оперативного контроля.

На федеральном уровне также большое внимание уделяется вопросам совершенствования оперативного дистанционного контроля (надзора) промышленной безопасности на ОПО нефтегазового

комплекса. Данные вопросы неоднократно рассматривались на ряде заседаний Правительственной комиссии по вопросам развития ТЭК, воспроизводства минерально-сырьевой базы и повышения энергетической эффективности экономики (в частности, заседание от 25.02.2014, п. 1.8 Протокола), что нашло отражение в [1—3]. Приказом Ростехнадзора [4] в Федеральные нормы [5] внесены изменения, касающиеся обеспечения функционирования системы дистанционного контроля технологических процессов на опасных производственных объектах, обеспечивающих разведку, освоение и эксплуатацию недр. Данные изменения в полной мере вступили в действие с 01.01.2017.

Несмотря на то что к настоящему моменту времени напрямую требования в части организации системы дистанционного контроля на ОПО других сфер деятельности, кроме газоразведки и газодобычи, со стороны Ростехнадзора не выдвигаются, вопросы организации элементов системы мониторинга состояния промышленной безопасности на эксплуатируемых ОПО сохраняют высокую актуальность. Особенную остроту данной проблеме добавляет то обстоятельство, что единого понимания и методического подхода к ее решению не сформировано ни на федеральном уровне управления, ни на уровне предприятий нефтегазового комплекса.

1. Ключевые задачи мониторинга

В общем виде создание системы мониторинга подразумевает решение четырех взаимосвязанных задач [6]:

- **наблюдение** — заключается в получении и распространении информации, обработке и предоставлении ее пользователям (данная функция выступает в качестве интегрирующей, позволяет сформировать базу данных для анализа, оценки и прогнозирования состояния объекта мониторинга и его развития);
- **анализ и оценка** — предполагает анализ собранной информации, раскрытие причинно-следственных связей, сравнение принятых индикаторов и показателей с установленными нормативами;
- **прогнозирование** — связано с возможностью на основе качественной мониторинговой информации достоверно представить общую картину развития наблюдаемого явления, объекта или системы в перспективе и, таким образом, научно обосновать

ванно разработать ближайшие и более отдаленные по исполнению планы преобразования того или иного процесса, управления им;

- **контроль** — заключается в постоянном отслеживании полученных результатов принятия управленческих решений, сравнении их с допустимыми отклонениями контрольных показателей, а также организации и проверке исполнения запланированных мероприятий и задач.

Включение аналитической составляющей в систему мониторинга является обоснованным и правомерным [6]. Более того, анализ выступает наиболее значимым элементом мониторинга, т. к. мониторинг — это не только фиксация фактов, зеркальное отражение происходящих процессов, но и аналитика, оценка, позволяющая формировать выводы и предложения, выстраивать прогнозы, планы, сценарии развития и т. п. Прогностическая же составляющая является исходной для функций контроля, планирования и управления.

2. Общая концепция системы мониторинга

Основой современных систем мониторинга промышленной безопасности является **концепция управления производственными рисками** [7], суть которой заключается в формировании на государственном и корпоративном уровне механизмов, методов и инструментов, с помощью которых работодатели и работники могут, во-первых, объективно оценивать существующие риски и влиять на условия труда на рабочих местах и, во-вторых, быть мотивированы к этому. При этом во главу угла ставится реализация эффективных предупредительных мероприятий с целью снижения аварийности и недопущения случаев производственного травматизма и профессиональной заболеваемости.

Традиционные **реактивные показатели** уровня промышленной безопасности имеют ограниченную ценность в том, что касается возможности сопоставления результатов различных дочерних обществ и организаций. Реактивные показатели характеризуют события (инцидент, авария, несчастный случай и прочие происшествия), которые уже произошли. Эти показатели основаны на сборе статистики и анализе случившихся происшествий и их последствий. Главные их недостатки — высокая

чувствительность к расхождениям в определениях и процессах организации работ по промышленной безопасности и их полная фокусировка на прошлых результатах.

Использование **проактивных показателей** позволяет прогнозировать развитие ситуации, которая может потенциально привести к опасным событиям для здоровья и жизни работников, остановке производства, нанесению ущерба имуществу и окружающей среде. Проактивные показатели — показатели, направленные на идентификацию рисков в области промышленной безопасности посредством анализа событий с незначительными последствиями (ущербом) или отсутствием таковых, базируются на принципе минимизации предпосылок к происшествиям с целью предотвращения самих происшествий.

Используя проактивный подход, компании, эксплуатирующие ОПО, вследствие достижения наилучших показателей в области промышленной безопасности, могут извлечь выгоду из сокращения издержек в таких областях, как судебные тяжбы, страхование, ущерб от несчастных случаев и простои на производстве. И хотя эти издержки могут быть значительными сами по себе, долгосрочные финансовые последствия имиджевых потерь нередко бывают еще более серьезными в том, например, что касается упущенной прибыли и снижения курса акций компании.

Внедрение риск-ориентированного подхода в управлении промышленной безопасностью ОПО нефтегазового комплекса необходимо проводить поэтапно.

Этап I. Наблюдение. Основой системы мониторинга является сбор данных для последующего анализа и оценки состояния промышленной безопасности ОПО и выявления трендов развития (прототип подобной системы, например, внедрен в практику работы ПАО «Газпром» в виде системы мониторинга и анализа представляемых дочерними обществами данных о натуральных и экономических показателях, характеризующих внеплановые потери).

Этап II. Оценка. Разработка подсистемы анализа и оценки состояния промышленной безопасности, факторов риска, т. е., по сути, внедрение т. н. системы раннего оповещения, основанной на расчете количественных и качественных признаков. После раз-

работки данной подсистемы возможно осуществить переход к предварительному решению прогнозной задачи системы мониторинга — выявлению тенденций развития процесса и определению возможных путей (способов) влияния на факторы, обуславливающие состояние промышленной безопасности на ОПО и в дочерних обществах в целом (по сути, этот подход представляет собой попытку реализовать управление рисками промышленной безопасности с позиций «до», а не «после» события, т. е. реализует упомянутый ранее проактивный подход).

Этап III. Прогнозирование. Разработка и внедрение подсистемы прогноза состояния промышленной безопасности, основанной на расчете количественных и качественных ретроспективных показателей и индикаторов промышленной безопасности с применением методологии т. н. систем раннего оповещения.

Особое внимание необходимо уделить влиянию факторов риска на систему сбалансированных по-

казателей промышленной безопасности, поскольку прогнозирование по единичным показателям не дает целостной картины тенденций развития и состояния системы мониторинга (этот подход заключается в построении и использовании в планировании системы ключевых показателей эффективности (КПЭ) и совокупности стратегических целевых показателей (СЦП) деятельности Общества на среднесрочную перспективу, однако в настоящее время в системе показателей слабо представлены показатели, характеризующие состояние промышленной безопасности в дочерних обществах компаний нефтегазового сектора, и практически отсутствуют проактивные показатели).

В общем случае риск-ориентированный подход охватывает как вероятностные методы моделирования аварийных процессов и событий в области охраны труда, так и детерминистские методы. Использование вероятностных и детерминированных оценок заняло значительное место в исследованиях



* Под несоответствием понимается отклонение от положений Регламента по эксплуатации, паспорта технического устройства, инструкции, проектной и нормативной документации.

** Под несоответствием понимается отклонение от положений нормативных документов по охране труда.

Рисунок. Пирамида событий Хайнриха

по повышению безопасности и по совершенствованию эксплуатационных процедур. Однако опыт использования в атомной промышленности сугубо вероятностного анализа безопасности (по сути — однокритериального инструмента) показал, что этот подход охватывает не все необходимые аспекты обеспечения безопасности. Риск в области промышленной безопасности следует рассматривать как многокомпонентный вектор, набор параметров которого может меняться в зависимости от анализируемого уровня пирамиды событий Хайнриха [8] (см. рисунок).

Следовательно, для каждого уровня пирамиды необходимо обосновать вектор параметров, критерии оценки и разработать соответствующий методический аппарат на основе вероятностных, детерминированных и других методов. Реальная оценка уровня промышленной безопасности на основе использования риск-ориентированного подхода невозможна без достаточно информативной базы относительно количественных и качественных характеристик факторов риска и, с другой стороны, данных о состоянии объектов и технологических процессов на них, которые испытывают влияние этих факторов риска.

Оценка риска всегда имеет целью определение его количественных показателей, что дает возможность использования ее не только для оценки состояния промышленной безопасности, но и для обоснования экономической эффективности мероприятий, экономических расчетов необходимого возмещения или компенсаций потерянного здоровья рабочим и ущерба окружающей среде, когда появляется вопрос соотношения затраты — польза.

3. Проблемы построения системы показателей, характеризующих безопасность производственного процесса

Проблема построения полной системы индикаторов производственной безопасности ОПО (в том смысле, который вкладывает в это понятие ПАО «Газпром») не имеет однозначного решения до настоящего времени.

В конкурентной рыночной среде компании должны оптимально работать, если они хотят вы-

жить в долгосрочной перспективе и стать лучшими в отрасли. В 1990-х гг. в работах, посвященных исследованию вопросов управления производством, был введен термин «управление эффективностью».

На практике управление эффективностью становится очевидным при выборе репрезентативных индикаторов (показателей), которые реалистично отражают состояние рабочей среды и производственные процессы и используются для получения информации об оптимальной ситуации.

С 1990-х гг. и до настоящего времени одним из основных показателей технологической безопасности считался ключевой показатель безопасности в обрабатывающей промышленности — LTIF — частота инцидентов с потерей времени [9—12]. LTIF представляет собой количество дней отсутствия на работе из-за аварии, отнесенных к миллиону отработанных часов. Улучшения в показателях безопасности были эквивалентны улучшению значений LTIF. Например, в «Шелл» между 1957 и 1994 гг. снизили показатель практически на порядок. То же самое внимание на LTIF было представлено во многих других компаниях в обрабатывающей промышленности. Поэтому многие компании в конце 1990-х гг. продвигали т. н. подход с нулевой аварийностью, что оказалось неверно.

Очевидно, что нарушения процессов, ускоряющие сценарии крупных аварий, могут также приводить к сценариям несчастных случаев на производстве, что означает, что безопасность на производстве и безопасность процесса могут быть взаимосвязаны. Хотя из-за принятой разницы между происхождением и путями крупных аварий и несчастных случаев на производстве показатели LTIF не могут рассматриваться как индикаторы безопасности процесса, они могут применяться (и применяются) для анализа состояния охраны труда, промышленной и пожарной безопасности на производстве.

Иногда в комплексе с LTIF используется показатель LTIFR (англ. Lost time injury frequency rate — коэффициент частоты травм с временной потерей трудоспособности) и показатель LTAFR (англ. Lost time accident frequency rate — коэффициент частоты несчастных случаев), которые в мировой практике признаны как основные индикаторы эффективности работы компаний в области охраны труда и промышленной безопасности. Последний пока-

затель, отражающий соотношение числа смертельных случаев, травм с временной потерей трудоспособности и легких травм без потери трудоспособности, ориентирован на выявление рисков легкого травматизма, что позволяет эффективно проводить профилактику более серьезных инцидентов. Анализ представленной информации показывает, что в практике ПАО «Газпром» эти два показателя в настоящее время не применяются.

В 1990-х гг. произошел ряд крупных аварий в отраслях с высоким уровнем риска [13] вследствие взрывов резервуаров с опасным веществом во время сварки, радиоактивных выбросов, отключения реакторов, избыточного давления в резервуарах для хранения, неисправности трубопроводов, разрушения металлов при экстремальных температурных колебаниях и т. д. [14, 15]. Большинство компаний были и до сих пор неспособны распознавать так называемые слабые сигналы или отклонения процесса с потенциально значимыми последствиями, поэтому естественным образом возникает два очевидных вопроса.

1. Можно ли так обработать показатели безопасности, чтобы понять и оценить уровни безопасности процессов или бизнеса, как текущих, так и будущих?

2. Если да, то какие показатели для этого применимы?

Серьезные несчастные случаи никогда не являются результатом одной ошибки или неисправности, а представляют собой комплекс взаимосвязанных событий, которые инициированы событиями в технологической, организационной и управленческой области.

Компании нуждаются в простых, понятных и коммуникабельных индикаторах, подобных индикатору LTIF, фиксирующему потерянное рабочее время (а значит, и потенциальную прибыль). Хотя стоит отметить, что несмотря на то что индикатор LTIF чувствителен к серьезным формам занижения информации о потерянных временных авариях, неверно использовать его в качестве индикатора безопасности процесса, о чем свидетельствуют многочисленные сообщения о расследованиях крупных аварий [16—17].

В профессиональной литературе в отношении показателей безопасности процесса часто упомина-

ются три модели: модель пирамиды Хайнриха [18, 19], классическая модель швейцарского сыра [20] и так называемая модель бабочки [21, 22].

Поэтапное реформирование безопасности, публикация британского консорциума компаний из нефти и газа [23], изменила модель Shell Hearts and Minds [24] и касается конкретных индикаторов для трех уровней их «модели зрелости безопасности».

Британский комитет по безопасности и охране труда дает рекомендации для экспертов по вопросам управления и безопасности, основанные на практике британской химической промышленности для разработки, отбора и внедрения индикаторов процесса для основных технологических рисков, включая дорожную карту. Важным является своевременное выявление недостатков (проактивные показатели) в системе управления рисками, а не столько мониторинг отказов (реактивные индикаторы). Система управления безопасностью процесса должна сначала идентифицировать основные сценарии аварий, тогда для каждого сценария выбираются барьеры, так называемые системы управления рисками (RCS). Наконец, каждый критический процесс RCS необходимо связать с реактивными и проактивными показателями, обеспечивая двойную уверенность

Международная ассоциация производителей нефти и газа OGP выпустила отчет OGP № 456 [25], содержащий рекомендуемые практики по ключевым показателям эффективности, следуя предыдущему отчету OGP № 415 [26] «Целостность активов», и относится как к руководящим принципам HSE, так и к ANSI/API RP754 [27]. OGP связывает ведущий индикатор с превентивными барьерами и реактивным индикатором от ограничительных барьеров. Для так называемых критических барьеров предлагается сочетание индикатора проактивного и реактивного сопротивления для проверки прочности барьера. Реактивный индикатор мог обнаружить дефекты барьеров, как это было рекомендовано HSE. Однако различие между проактивными и реактивными индикаторами в докладе не всегда однозначно определено.

Выбор индикатора должен соответствовать организации. Шаг изменения безопасности также обуславливает условия для адекватных, эффектив-

ных и полезных индикаторов безопасности: они должны быть доступны и привязаны к системе управления безопасностью, которая должна быть объективной и измеримой и приводить к контрольным действиям.

В профессиональной литературе индикаторы в первую очередь имеют описательную функцию. Они используются для отслеживания прогресса с течением времени внутри компании или для сравнения результатов между компаниями, так называемым эталоном.

Модели и теории безопасности могут служить руководством для формирования показателей безопасности процесса. Поиск индикаторов безопасности процесса должен начинаться с выбора основных сценариев аварий, например, верхних 15 или 20 наиболее типичных сценариев, выбранных как инженерами-технологами, так и руководителями предприятий и операторами. Этот выбор будет вводиться для типа сеанса HAZOP, чтобы выявлять барьеры, существующие для каждого сценария, включая системы поддержки управления и действия управления, связанные с этими системами.

Показатели безопасности, связанные с качеством барьеров, сценариями и эффектами принятия решений, по-видимому, являются наиболее очевидными. Логично, что это приведет к появлению индикаторов безопасности, технологических процессов и компаний.

Задача состоит в том, чтобы определить индикаторы, которые дают представление о качестве барьеров и разработке сценариев. Будущие международные правила, такие как обновления законодательства Seveso, возможно, позволят индикаторам безопасности процесса оставаться в центре внимания.

4. Предложения по решению основных задач мониторинга

Рассмотрим перечисленные выше задачи мониторинга состояния промышленной безопасности ОПО более подробно.

4.1. Задача наблюдения

В рамках долгосрочного сотрудничества компаний нефтегазового сектора и Ростехнадзора предусматривается на базе создаваемых опытных площадок системы дистанционного контроля (надзора) про-

мышленной безопасности на ОПО рассмотреть вопросы организации систем контроля, автоматического и дистанционного управления технологическими процессами, сигнализации и противоаварийной защиты, системы наблюдения, оповещения, связи и поддержки действий при ЧС, аварии или инциденте и оперативного взаимодействия с Ростехнадзором. Компании нефтегазового сектора совместно с Российской корпорацией средств связи (РКСС) подготовили предложения по дистанционному непрерывному мониторингу состояния производственных объектов в реальном режиме времени, определили параметры диспетчерского контроля, подлежащие передаче в Ростехнадзор. Также в рамках этого сотрудничества предполагается рассмотреть вопросы создания системы дистанционного контроля промышленной безопасности на ОПО газотранспортных предприятий на примере дочерних обществ и организаций компаний на базе имеющегося нормативно-методического обеспечения, программных и информационных комплексов.

Из обсуждаемой концепции следует, что наблюдаемые параметры должны не только быть связанными с возможными негативными ситуациями на ОПО, но и характеризовать эффективность производственного процесса. Кроме того, непосредственно в компаниях нефтегазового сектора задача мониторинга должна ставиться шире и включать в себя дополнительно ряд показателей, характеризующих состояние промышленной безопасности в Обществе. Основными показателями качества системы обеспечения промышленной безопасности могут быть различные числовые характеристики случайных или нечетких величин, например, ущерб (вред) от аварий, затраты на предупреждение аварийности и травматизма и др. На практике под критериями промышленной безопасности, в широком понимании этого термина, подразумевают все требования промышленной безопасности и охраны труда, предъявляемые к функционированию производственных объектов в соответствии с нормативными документами, поскольку именно по результатам оценки того, в какой мере выполняются или не выполняются те или иные требования, делают вывод об уровне безопасности [30, ст. 9]. Огромное количество таких критериев сформулировано

в нормативных документах, посвященных проектированию, строительству и эксплуатации производственных объектов как важнейшим стадиям их жизненного цикла, на которых закладываются параметры безопасности, обеспечиваемые соответствующими конструктивно-технологическими и медико-социальными решениями. Важно определить соответствие реальных значений показателей промышленной безопасности заложенным в документации критериям безопасности.

Поскольку достоверность статистических данных по несоответствиям может изменяться в зависимости от изменений в производственной схеме, существует много потенциальных проблем, ведущих к снижению достоверности и актуальности информации. В связи с этим может оказаться полезным опыт Международной организации охраны труда. Разработанные этой организацией критерии отбора данных помогают идентифицировать потенциальные несоответствия и повышать практическую пригодность статистического учета нарушений требований промышленной безопасности, несчастных случаев на производстве, аварий и инцидентов.

4.2. Задача анализа

Как уже упоминалось выше, система индикаторов и показателей промышленной безопасности должна опираться на уровни пирамиды событий промышленной безопасности (пирамиды Хайнриха). Все принятые в системе мониторинга проактивные и реактивные показатели должны быть привязаны к одному из уровней пирамиды, с тем чтобы в будущем создать предпосылки для проведения интегральной оценки и прогноза состояния промышленной безопасности в компаниях, эксплуатирующих ОПО в целом. Первоочередное внимание необходимо уделить вопросу регистрации событий, относящихся к уровню 0 и уровню 1 пирамиды Хайнриха. Если для регистрации событий, относящихся к уровням 2—4, есть соответствующие нормативные документы Ростехнадзора и внутрикорпоративная нормативная документация, то для регистрации событий, относящихся к уровням 0 и 1, таких документов нет. Необходимо провести классификацию и установить шкалу для измерения потока событий на низших уровнях

пирамиды событий промышленной безопасности на основе ретроспективного анализа фактических данных, собираемых системой дистанционного контроля.

Для установления кризисного и допустимого уровней значений принятых индикаторов и показателей на ОПО эффективен т. н. статистический принцип, согласно которому по данным многолетней динамики изменения, например, годовых или квартальных значений показателей определяется среднее (теоретическое или прогнозное) значение и среднее квадратическое отклонение (доверительный интервал) [31]. Реальное или прогнозируемое значение показателя (индикатора), попадающее в односигмовую (зеленую) зону, считается допустимым. Попадание значения показателя (индикатора) в двусигмовую зону (желтая) определяется как внештатная (предкризисная) ситуация. Попадание значения показателя (индикатора) в зону, превышающую двусигмовый интервал (красная область), определяется как кризисная ситуация. Применение на практике таких критериальных уровней необходимо сочетать с критериями устойчивости показателя. Поэтому представляется целесообразным, по крайней мере, для обобщенных показателей первого и второго уровней при определении приемлемых и критических (кризисных) ситуаций учитывать и динамические характеристики с помощью, например, разбиения всего спектра значений обобщенного показателя первого верхнего уровня на несколько областей возможных значений. Хотя полученная таким образом система не может претендовать на универсальный критерий диагностирования ситуации (в частности, уровня промышленной безопасности в целом), но ее создание будет шагом вперед с точки зрения совершенствования количественных и качественных критериев оценки.

4.3. Задача оценки

Реализация описанных выше подходов наблюдения и анализа приведет к ситуации, когда текущее состояние промышленной безопасности ОПО будет характеризоваться несколькими сотнями показателей — «светофоров». На этапе решения задачи оценки необходимо установить связи анализируемых показателей промышленной безопасности с показателями высокого уровня (например, СЦП)

и степени их влияния на достижение целевых значений СЦП, утвержденных руководством компании.

Из-за дискретной природы инцидентов и аварий, их относительно небольшого количества даже в рамках ПАО «Газпром» использование аппарата анализа данных, основанного на классических законах больших чисел, для решения данной задачи некорректно, т. к. сходимость по вероятности в реальности практически никогда не наблюдается, за исключением статистики, накопленной в системах массового обслуживания (контроль сборочных операций на конвейерах, казино, страхование мелких инцидентов, бытовой и производственный травматизм, медицина и т. п.). Также очевидно, что, поскольку истинные законы распределения анализируемых случайных процессов и, главное, факторы, их определяющие, будут непрерывно корректироваться (любая высокотехнологичная система изменяется быстрее, чем накапливается адекватная статистика [32]), необходимо использовать критерии «свободные от распределений» [33]. В частности, например, в качестве критериев достижения прогностической цели следует взять не величины отклонений модельных и реальных данных, а критерии, используемые в методах классификации и распознавания образов. Например, в качестве измерения точности прогноза можно использовать величины ошибок предсказания первого и второго родов для различных классов и типов ситуаций, причем, если удастся, в зависимости от классов физического объекта и от значения параметров прогностического фона.

Таким образом, необходимо введение критерия принятия решения. В качестве такого критерия можно использовать статистическую характеристику оцениваемого состояния, показывающую нормированное на единицу «расстояние» текущего состояния от «границы раздела» ранее наблюдаемых и оцененных (как штатные или нештатные) состояний — меру угрозы (риск) недостижения заданных значений. Только на основе корректного первичного анализа многолетней статистики можно будет дать заключение о наиболее предпочтительных методах интегральной оценки промышленной безопасности на ОПО, в дочерних обществах и в компаниях в целом. При этом основное внимание следует уделить не оценке вероятности возникновения

аварийных ситуаций, а состоянию промышленной безопасности на рабочих местах и участках технологических процессов.

4.4. Задача прогнозирования

Проблема анализа промышленной безопасности как объекта прогнозирования является отражением более общей проблемы анализа систем. В каждом конкретном случае способ и результаты анализа должны определяться целями исследования и характером изучаемого объекта. От этапа к этапу любое прогностическое исследование должно непрерывно уточняться: осуществляется детализация структуры изучаемого объекта и оптимизация структуры описания прогностического фона, адекватная статистика, необходимо использовать критерии «свободные от распределений». Можно в качестве критериев достижения прогностической цели брать не величины отклонений модельных и реальных данных, а критерии, применяемые в методах классификации и распознавания образов. Например, в качестве измерения точности прогноза можно использовать величины ошибок предсказания первого и второго родов для различных классов и типов аварийных ситуаций, причем, если удастся, то в зависимости от классов физического объекта и от значения параметров прогностического фона.

Задачу прогнозирования предпочтительнее разбить на задачи трех уровней [34]:

- **макропрогнозирование** основных годовых тенденций изменения индикаторов промышленной безопасности с учетом влияния результатов работ в области диагностических обследований, технического состояния, ремонтных работ, внедрения АСУ ТП, мероприятий по промышленной, пожарной безопасности и охране труда;
- **мезопрогнозирование** квартальных (сезонных) колебаний в динамике состояния промышленной безопасности на различных ОПО и дочернего общества в целом с учетом объема выполнения плановых работ, особенностей природно-климатических и иных условий;
- **микрпрогнозирование** возможных, сроком не более месяца, колебаний состояния промышленной безопасности в пределах участков, цехов, установок ОПО, связанных с промышленной безопасностью опасных работ, техническим состоянием оборудования, кадровыми проблемами и т. п.

4.5. Задача контроля

Контроль объекта мониторинга должен быть организован таким образом, чтобы можно было вовремя провести управленческие решения, если состояние объекта приближается к опасной зоне. Данная задача распадается на ряд подзадач, так как в вертикально интегрированных компаниях есть несколько центров принятия решений на разных уровнях управления. Перспективными при решении данной задачи могут оказаться методы оценки надежности достижения целевых показателей [35, 36] и методы группового анализа [37, 38] (последние более предпочтительны, т.к. позволяют строить траектории изменения показателей без учета «диффузионных» составляющих и, как следствие, могут служить базовым элементом для наращивания совокупностей, показателей и индикаторов в будущей разветвленной системе мониторинга).

Заключение

Непрерывное совершенствование Ростехнадзором контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на ОПО в рамках единой концепции способствует минимизации риска причинения вреда имуществу, окружающей среде и людям.

В настоящее время идет проработка пилотного варианта Системы дистанционного контроля промышленной безопасности опасных производственных объектов, в которую вошли, с одной стороны, Ситуационно-аналитический центр Ростехнадзора, Региональный ситуационный центр на базе Нижне-Волжского управления Ростехнадзора и, с другой стороны, объекты ООО «Газпром добыча Астрахань», ПАО «СИБУР Холдинг» и ООО «Лукойл-Нижневожскнефть». Система, в рамках пилотного проекта, реализуется компанией «Российская корпорация средств связи» (ЗАО «РКСС») по собственной инициативе, без использования бюджетных средств. Программа подразумевает подключение к АСУ ТП, которая присутствует на всех ОПО первого и второго класса опасности.

Формирование системы показателей промышленной безопасности для участков, цехов, установок и ОПО в соответствии с единой концепцией является необходимым условием для решения

задачи наблюдения за состоянием промышленной безопасности в компаниях нефтегазового сектора. Важнейшей подзадачей, рассмотрение которой оставлено за рамками настоящей статьи, является определение тех показателей промышленной безопасности по видам деятельности, которые подлежат передаче в Ростехнадзор в соответствии с принятыми нормативно-правовыми актами, и корректировка нормативных документов для решения главной задачи мониторинга за ОПО.

Конечной целью создания системы дистанционного контроля (надзора) за состоянием промышленной безопасности является построение такой прогностической модели динамики ситуаций на ОПО, которая позволит с помощью вычислительных экспериментов и подбора приемлемых параметров уменьшать степень неопределенности вероятностей событий и их масштабов, т. е. получать прогнозную информацию за счет выявления скрытых закономерностей в данных, указывающих либо на изменения состояния объекта, либо на закономерности изменений параметров внешней среды, существенно влияющей на его функционирование.

Осуществление дистанционного контроля органами Ростехнадзора за деятельностью ОПО — это перспективное направление надзорной деятельности, которое, безусловно, потребует немалых инвестиций от собственников ОПО. Но когда речь идет о безопасности, сохранении здоровья и жизни людей, вопрос приоритетности финансирования очевиден, и это понимается и осознается всеми участниками проекта.

Литература

1. Распоряжение Правительства РФ от 01.04.2016 № 559-р «Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по совершенствованию контрольно-надзорной деятельности в Российской Федерации на 2016—2017 годы».
2. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 300 «О государственной программе Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах».
3. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25.03.2015 № 1

- «Об организации выполнения Плана мероприятий по созданию оперативного дистанционного контроля (надзора) промышленной безопасности на объектах нефтегазового комплекса» (Подпрограмма 3 «Развитие системы обеспечения промышленной безопасности»).
4. Приказ Ростехнадзора от 12.01.2015 № 1 «О внесении изменений в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности».
 5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности».
 6. Современные технологии управления-2014 // Сборник материалов научной конференции (под ред. А.Я. Кибанова). Россия, Москва, 14—15 июня 2014 г. М.: МЦНИП, 2014. 2154 с.
 7. Хенли Э.Дж., Кумamoto X. Надежность технических систем и оценка риска. М.: Машиностроение, 1984. 528 с.
 8. Heinrich H.W. (1959). Industrial accident prevention: a scientific approach (4th ed.). McGraw-Hill. quoted in Grimaldi, John V.; Simonds, Rollin H. (1973). Safety management. Homewood, Ill: R.D. Irwin. P. 211. ISBN 0-256-01564-3.
 9. Hale A. Why safety indicators? Saf. 2009. Sci. 47 (4), 479e480.
 10. Harms-Ringdahl L. Dimensions in safety indicators. Saf. 2009. Sci. 47 (4), 481e482.
 11. Knijff P., Allford L., Schmelzer P. Process safety leading indicators. A prespective from Europe. Process Saf. 2013. Prog. 32 (4), 332e336.
 12. Leveson N. A systems approach to risk management through leading safety indicators. Reliab. Eng. Syst. Saf. 2015. 136, 17e34.
 13. Kletz T. Lessons from Disasters, How Organizations Have No Memory and Accidents Recur. Institution of Chemical Engineers, UK. 1993.
 4. Guillaume E. Identifying and Responding to Weak Signals to Improve Learning from Experiences in High-risk Industry. Proefschrift Technische Universiteit Delft. Boxpress BV, Oirschot. 2011.
 5. Hopkins A. Lessons from Longford, the Esso Gas Plant Explosion. CCH Australia Ltd, Sidney. 2000.
 16. Tarrants W. A definition of the safety measurement problem. J. Saf. 1970. Res. 2 (3), 106 e108.
 17. Øien K., Utne I., Tinmannsvik R., Massaiu S. Building safety indicators II applications. Saf. 2011b. Sci. 49, 162e171.
 18. Knegtering B., Pasman H. Safety of the process industry in the 21st century: a changing need of process safety management for changing industry. J. Loss Prev. 2009. Process Ind. 22, 162e168.
 19. OGP, 2011. Process Safety, Recommended Practice on Key Performance Indicators. Report nr 456, November, London.
 20. ANSI/API, 2010. Process Safety Performance Indicators for the Refining and Petro- chemical Industries, first ed. ANSI/API RP 754.
 21. CCPS, 2010. Guidance for Process Safety Metrics. AIChE, New Jersey.
 22. OGP, 2011. Process Safety, Recommended Practice on Key Performance Indicators. Report nr 456, November, London.
 23. UK Oil and Gas Industry, 2012. Step Change in Safety, Leading Performance Indicators, Guidance for Effective Use (Aberdeen).
 24. Parker D., Lawrie M., Hudson P. A framework for understanding the development of organisational safety culture. Saf. 2006. Sci. 44 (7), 551e562.
 25. OGP, 2011. Process Safety, Recommended Practice on Key Performance Indicators. Report nr 456, November, London.
 26. OGP, 2008. Asset Integrity the Key to Managing Major Incident Risks. Report nr 415.
 27. ANSI/API, 2010. Process Safety Performance Indicators for the Refining and Petrochemical Industries, first ed. ANSI/API RP 754.
 28. Sedgwick. Stewart Experience with Developing Process Safety KPI's Within Scottish Power. 2010. www.energyinst.org/filegrab/?ref/4653&f/44.Sedgwick&Stewart.pdf
 29. Knijff P., Allford L., Schmelzer P. Process safety leading indicators. A prespective from Europe. Process Saf. 2013. Prog. 32 (4), 332e336.
 30. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 07.03.2017).
 31. Барсуков А.Н., Быков А.А., Лесных В.В. Формирование системы индикаторов и показателей внештатных и кризисных ситуаций на объектах ЕСГ // в сб. Промышленная и экологическая безопасность объектов газовой промышленности: Сб. науч. тр. М.: ООО «ВНИИГАЗ», 2008. 482 с. С. 76—86.
 32. Сахал Д. Научно-технический прогресс. Модели, методы, оценки. М.: Финансы и статистика, 1984. 367 с.
 33. Хампель Ф., Рончетти Э., Рауссее П., Штаэль В. Робастность в статистике. Подход на основе функций влияния. М.: Мир, 1989. 512 с.
 34. Бочков А.В., Пономаренко Д.В. Научно-методические основы мониторинга и прогнозирования состояния производственной безопасности ПАО «Газпром» // Газовая промышленность. 2017. № 3 (749). С. 20—30.

35. Бабунашвили М.К., Бермант М.А., Руссман И.Б. Оперативное управление в организационных системах // Экономика и математические методы. 1971. Том 7. Вып. 3. С. 32—40.
36. Берколайко М.З., Долгих Ю.В., Иванова К.Г. Трудности в смысле И.Б. Руссмана и оценка надежности управления // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2008. № 2. С. 78—84.
37. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. М.: Наука, 1974. 256 с.
38. Жигирев Н.Н. Человеко-машинные процедуры распределения ресурсов в развивающихся системах. Дисс. канд. техн. наук. М.: МИФИ, 1987.

Сведения об авторах

Пономаренко Дмитрий Владимирович: заместитель начальника Департамента — начальник Управления ПАО «Газпром»

Количество публикаций: более 10 научных работ

Область научных интересов: промышленная и производственная безопасность, бизнес-проектирование, анализ и оценка рисков

Контактная информация:

Адрес: 196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 156, БЦ «Электро»

Тел.: +7 (812) 413-73-10

E-mail: D.Ponomarenko@adm.gazprom.ru

Лесных Валерий Витальевич: доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, директор центра анализа рисков ООО «НИИгазэкономика», ведущий научный сотрудник НИУ «Высшая школа экономики»

Количество публикаций: более 200 научных работ, включая монографии

Область научных интересов: анализ и управление рисками в энергетике, энергетическая безопасность, производственная безопасность, страхование

Контактная информация:

Адрес: 105066, г. Москва, ул. Старая Басманная, д. 20, стр. 8

Тел.: +7 (916) 234-40-32

E-mail: V.Lesnykh@econom.gazprom.ru

Бочков Александр Владимирович: кандидат технических наук, заместитель директора центра анализа рисков ООО «НИИгазэкономика»

Количество публикаций: более 50 научных работ и 3 монографии

Область научных интересов: анализ и оценка риска, ситуационный анализ и управление, системный анализ и исследование операций, уязвимость и живучесть крупномасштабных энергетических систем

Контактная информация:

Адрес: 105066, г. Москва, ул. Старая Басманная, д. 20, стр. 8

Тел.: +7 (916) 234-40-32

E-mail: A.Bochkov@econom.gazprom.ru