

УДК 65.01:66.93:004.031.42
Научная специальность: 2.10.3; 5.2.6

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2024

Управление рисками безопасности химических производств

Черноплёков А. Н.,
Русское общество
управления рисками,
119602, Россия, г. Москва,
ул. Никулинская, 27-129

Аннотация

В рамках общей теории управления сложными системами рассмотрена сложившаяся практика управления безопасностью и рисками проектируемых и эксплуатируемых химических производств. В основу спецификации положена историческая ретроспектива эволюции систем обеспечения безопасности в промышленности. Рост зрелости систем управления первого и второго поколения и прогноз (образ результата) третьего поколения раскрываются с использованием понятийного аппарата в области безопасности инжиниринга и эксплуатации, представленного в предыдущей статье автора «Безопасность и риски химических производств» [1]. Развиваемая теория решает важную практическую задачу. В статье представлены рациональные (на уровне стандартных операционных процедур) процессные и ролевые модели; обоснованы минимально необходимые требования к инструментам и ключевым показателям эффективности управления рисками безопасности на каждом из уровней производства: оперативном (мастер цеха); тактическом (начальник цеха) и стратегическом (директор предприятия/управляющий бизнесом). Полученные результаты обосновывают, что (только) третье поколение систем управления рисками способно реализовать на практике в разумные сроки достижение цели НОЛЬ в области безопасности. Поэтому постановка производственной цели «нулевой травматизм, нулевая аварийность, нулевые внеплановые потери», имеет смысл в химической промышленности, так как достижение такой цели посилено и практически осуществимо.

Ключевые слова: химическое производство; производственная цель; безопасность; риски; автоматизация управления; цифровой инструмент.

Для цитирования: Черноплёков А.Н. Управление рисками безопасности химических производств // Проблемы анализа риска. 2024. Т. 21. № 6. С. 10–39.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Chemical Processes Safety Risks Control and Management

Alexei N. Chernoplekov,

Russian Risk Management Society,
Nikulinskaya St., 27-129,
Moscow, Russia, 119602

Abstract

The established practices of safety and risks control and management at designed and operating chemical processes are reviewed within the framework of the general theory for complex systems control and management in a historical retrospective. The prediction (image of the end result) of the 3rd generation is revealed by using conceptual apparatus in the field of safety for engineering and operating that was presented in [1]. The developed theory solves a significant practical issue — the rational (in a format of standardized work) processes, and roles and responsibilities; minimum necessary requirements for tools and key performance indicators are justified to control / manage process safety risks at each production level — operative (shift supervisor), tactical (unit superintendent) and strategic (director, business manager) are presented. The obtained results show that (only) third generation systems for controlling and managing process safety risks are able to implement in practice within a reasonable time frame the accomplishment of ZERO safety objective. Thus, setting the production objective “no hurt to people, no harm to the environment and no damage to business” makes sense in chemical industry due to the fact that accomplishing of such an objective is feasible and reasonably practicable.

Keywords: chemical processes; production objective; safety; risks; control and management automation; digital tool.

For citation: Chernoplekov A.N. Chemical processes safety risks control and management // Issues of Risk Analysis, 2024;21(6):10-39 (In Russ.)

The author declares no conflict of interest.

Содержание

Введение
1. Историческая ретроспектива
2. Система управления безопасностью
3. Практика управления рисками
4. Образ результата
Заключение
Список источников

Введение

Сегодня актуальная задача повышения производительности труда и эффективности производств химической промышленности в России решается через внедрение инноваций и автоматизацию. Очевидно, что необходимым условием успеха при таком подходе является опережающее развитие процессов обеспечения безопасности на основе современных цифровых инструментов. Вместе с тем на практике внедрение управления рисками безопасности производств в бизнес по факту носит пока хаотический, «очаговый» характер и базируется в основном на упорядочении (regularization) эмпирических подходов [2]. Видим разрыв между потребностями практики и предложением теории.

Статья является следующим после [1] шагом в попытке преодоления вышеуказанного разрыва. Цель работы — описать минимально необходимые для практики и естественно интегрируемые в бизнес-процессы предприятий химической отрасли процедуры и инструменты достижения производственных целей в области безопасности.

Предмет исследования — управление безопасностью производств. Метод (решаемые задачи) — выявление управляющих воздействий, обеспечивающих управляемость производств по критериям безопасности; установление алгоритмов выработки управляющих воздействий в зависимости от состояния производства на основе физических принципов (законов природы).

1. Историческая ретроспектива

Представляется правильным предварить основной материал статьи кратким изложением генезиса управления безопасностью производств.

1.1. Зарождение

С древнейших времен потребность промышленности в эффективном расширении производства удовлетворялась инновациями. Яркая общеизвестная иллюстрация — использование силы пара. Некоторые идеи, такие как проект самодвижущегося экипажа Исаака Ньютона, 1680 г., не создавали рисков, так как являлись технологиями с внутренне присущей безопасностью. Однако низкая эффективность почти по всем аспектам возможной эксплуатации так и завершалась на стадии НИР, не без перехода к ОКР.

В массовое производство пошли первые паровые машины (Т. Севери, 1692 г.; Т. Ньюкомен, 1712 г.). Пока они были еще не очень эффективны (сложно управлялись) и крайне опасны — они взрывались!

Джеймс Уатт, 1791 г., повысил производительность в четыре раза и сделал паровую машину универсальной. Ею стало легко управлять (регулятор Уатта, механическая СУ ТП), и она перестала быть очень опасной после включения в паровой котел предохранительного клапана (элемента ПАЗ), став ОПО СРПД в современной терминологии решения Д. Уатта, были полностью защищены патентами. Продавалась машина с инструкцией по эксплуатации. Так, одновременно с техническими решениями по обеспечению безопасности на основе руководств по эксплуатации начала зарождаться среда обеспечения безопасности — государственный НАДЗОР и система управления рисками безопасности производств БИЗНЕСА [1].

Например, в дореволюционной России надзор за эксплуатацией паровых котлов был установлен с 1843 г. Сначала надзор осуществлялся губернскими механиками, а с 1882 г. — Фабрично-заводской инспекцией Министерства торговли и промышленности. Фабрично-заводской инспекцией были разработаны первые правила по устройству (нормы проектирования) и эксплуатации (требования безопасности) паровых котлов, в основу которых были положены руководства по эксплуатации Лицензиара. Возникновение этих элементов следует считать рубежом появления систем обеспечения безопасности первого поколения.

1.2. Первое поколение систем управления

Первое поколение — это традиционный, предписывающий административный подход к обеспечению безопасности. Его парадигмой являются: установление единого набора требований, обязательных для выполнения; непоколебимая вера в то, что соблюдение требований необходимо и достаточно для обеспечения безопасности; понимание и признание того, что существуют угрозы с одновременной безоговорочной убежденностью в том, что события проявления рисков (аварии) являются следствием исключительно проявления безответственности (доходчиво передаваемая тезисом: «... у каждой аварии есть фамилия, имя и отчество»), приписываемый наркомому железнодорожного транспорта Л. М. Кагановичу).

В России (тогда — Советском Союзе) пик предписывающего регулирования пришелся на середину прошлого века¹:

1. Установить, что ... выпуск продукции с нарушением обязательных стандартов является противогосударственным преступлением, равносильным вредительству.

2. За выпуск ... продукции с нарушением обязательных стандартов — директоров, главных инженеров и начальников отделов технического контроля промышленных предприятий предавать суду и по приговору суда подвергать тюремному заключению сроком от 5 до 8 лет.

И, в несколько ослабленном виде, парадигма предписывающего регулирования сохранялась до 10-х годов XXI века! Первое известное автору целеустанавливающее регулирование (переход от предписаний типа «как делать» к постановке цели в области безопасности типа «чего достигать») было реализовано в правовом поле России только для пожарных рисков и только в 2008 г.²

Процесс управления безопасностью в системах первого поколения был предельно прост и доступен для понимания. На каждой фазе жизненного цикла производства, включая проектирование и эксплуатацию, предписывающие требования составляли суть проектных решений и процедур эксплуатации. Все участники процесса, без выделения особых ролей, контролировали соблюдение требований и наказывались за их нарушения. Инструмент управления безопасностью также был един для Надзора и Бизнеса — контрольно-проверочные листы (чек-листы) для разрешительных документов (для контроля нарушений, невидимых невооруженным взглядом, использовались сертифицированные инструменты, типа технической диагностики, и результаты их замеров и расчетов уже контролировались глазами).

Достоинства подхода к обеспечению безопасности первого поколения очевидны:

- предельная простота, минимум требований к культуре безопасности всех работников;

¹ Об ответственности за выпуск недоброкачественной или некомплектной продукции и за несоблюдение обязательных стандартов предприятиями. Указ Президиума Верховного Совета СССР от 10 июля 1940 года. // «Ведомости ВС СССР», 1940, № 23

² Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изм. и доп., вступ. в силу с 04.04.2024) // СЗ РФ от 28.07.2008 № 30. Ч. 1. Ст. 3579

- полная синхронизация подхода с надзорными органами, минимум требований к руководителям в части повышения безопасности.

Следует решительно подчеркнуть прогрессивность предписывающего регулирования в его начальном периоде, с XV по XIX век. Вероятно, администрирование соблюдения требований обеспечило наиболее эффективный и контролируемый переход от вольницы крестьянского хозяйства к дисциплине промышленного производства. Однако, несмотря на постоянное совершенствование охвата и детальности предписывающих требований, во второй половине XX века в мире обозначилась проблема — начала расти аварийность [3], причем в СССР/России эта негативная особенность сохранялась дольше, чем в промышленно развитых странах [4, 5].

Постоянный рост энерговооруженности производств, предельные режимы технологических процессов, их сложность вошли в диалектическое противоречие с техникой регулирования безопасности через предписание отдельных, вовсе не универсальных проектных решений, появляющихся после инноваций с большой задержкой, которые выдавались за требования безопасности. В России эти противоречия особенно обострились в 10-х годах XXI века, когда устаревшие предписания стали просто тормозить внедрение прогрессивных инновационных материалов и решений. Стало очевидно, что основанные на опыте предписания не гарантируют ни полноту охвата угроз производства, ни помогают обеспечить безопасность новых технологий. Надзор «в упор» не видел различий между серьезными нарушениями и незначительными отступлениями от предписывающих требований, денег на приведение устаревающих производств в соответствие со всеми устаревшими требованиями, включая мелочевку, не хватало, и промышленность оказалась в тупике, создалась патовая ситуация.

Однако вышеописанный кризис обозначился в других странах несколько раньше и его разрешение следует считать рубежом появления систем обеспечения безопасности второго поколения.

1.3. Второе поколение систем управления

Предвестниками кризиса доселе вполне успешного подхода первого поколения стали учащающиеся крупные аварии: гибель при пожаре экипажа «Аполло-1»

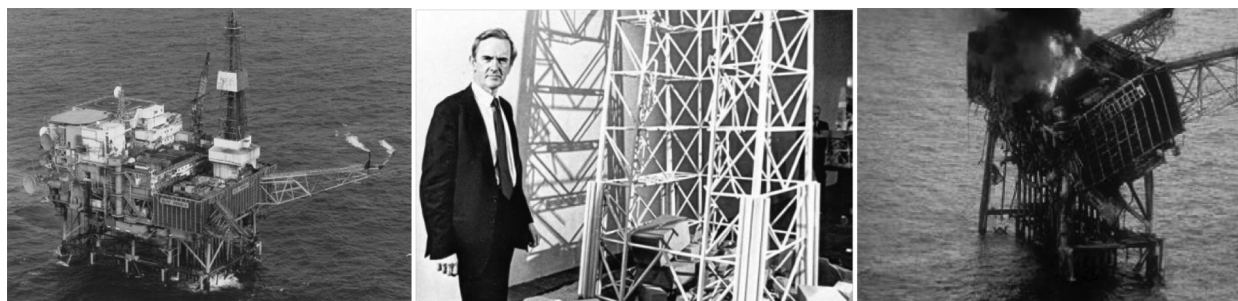


Рис. 1. Платформа «Пайпер Альфа» (до и после аварии) и судья Лорд Каллен из Уайткирк у макета платформы, использованный экспертами в ходе публичного судебного расследования катастрофы

Figure 1. “Piper Alpha” platform (before and after the disaster) and judge Lord Cullen of Whitekirk at mock-up platform that were developed by experts in the course of a public inquiry

(1967 г.); почти ежемесячные аварии на производствах боевой химии компаний Imperial; Chemical Industries в конце 60-х–начале 70-х гг. прошлого века; авария на АЭС «Three Mile Island» (1979 г.); многочисленные примеры знаковых аварий на гражданских химических производствах отлично представлены в работах [3, 4]. Предписывающий подход не смог обеспечить безопасность производств.

Расследование любой конкретной из вышеперечисленных аварий, идентификация обстоятельств их возникновения каждый раз указывало на наличие одной общей причины — существующие предписывающие требования не полностью охватывали угрозы производства, некоторые из угроз не адресовались; а предлагаемые проектные решения по контролю этих угроз оказывались либо недейственными, либо неэффективными. Возникло подозрение, что Законодатель/Надзор не всегда понимал, как контролировать риски и обеспечить безопасность, а Бизнес лишь добросовестно обеспечивал надлежащее соблюдение применимых требований и не проявлял/не умел проявить инициативу.

Слабость последней позиции была быстро осознана Бизнесом (пассивность не является характерной чертой деловой деятельности), и были рождены пока еще не совершенные, но новые методики и инструменты для предварительного выявления возможных аварий на конкретных производствах [6, 7].

Одновременно у ученых и «зеленых» появилась гипотеза о цели управления рисками безопасности, названная «принципом ALAPA» (as low practicably

achievable)³, то есть «правильно» снижать риски надо настолько низко, насколько это технически возможно. Осознание того, что подобная «патологическая инженерия» разорительна и обществом в целом не востребована, было болезненным, особенно для борцов с атомной энергетикой.

Тем не менее движение промышленности по инерции предписывающего регулирования продолжалось до момента катастрофы на платформе «Piper Alpha» 6 июля 1988 г. Эта катастрофа известна специалистам по безопасности не сколько огромным вредом, причиненным людям (из 226 работников на борту погибло 167), а прежде всего сменой парадигмы регулирования безопасности самого подхода к обеспечению безопасности, которая за этим последовала.

Публичное судебное рассмотрение катастрофы вел В. Дуглас Каллен [8], который более двух лет отвел на экспертизы и по итогам суда в 1990 г. выдал рекомендации [9], полностью изменившие парадигму регулирования безопасности. Суть предлагаемых изменений — производство безопасно, если продемонстрировано:

- ... что все возможные техногенные опасности и создаваемые ими риски для персонала идентифицированы и даны нужные защиты...;

³ Regulatory aspects of underground disposal of radioactive waste. Proceedings of a technical committee on regulatory aspects of underground disposal of radioactive waste organized by the International atomic energy agency and held in London, 25-29 September 1978. // A technical document issued by the International atomic energy agency, Vienna, 1980.

- ... посредством количественной оценки техногенных рисков соблюдение критериев допустимости риска ...;

- ... принятие всех мер обеспечения безопасности, которые практически целесообразны.

Несколько забегая вперед, отметим, что последняя из приведенных выше рекомендаций получила в мире название «принцип ARARP» (as low as reasonably practicable) [10]. Этот принцип требует демонстрации того, что расходы на дальнейшее уменьшение риска будут явно не пропорциональны полученным выгодам и преимуществам. Принцип продекларирован в законодательстве США, где он назван ALARA (as low as reasonably achievable). В законодательстве Великобритании, Австралии и Новой Зеландии принцип именуется SFAIRP (so far as is reasonably practicable). Смысл всех этих аббревиатур абсолютно одинаков.

Тем не менее, в законодательстве стран континентального права, в отличие от законодательства упомянутых выше стран с общим правом, этот принцип не применяется, поскольку сама идея кодекса требует точного определения, а не прецедентов. Попытка дать инженерный, а не судебный критерий «пропорциональности затрат и выгод» применительно к причиняемому людям вреду приводит к до сих пор неразрешенной в правовом поле проблеме законодательного установления «цены предотвращения смерти» ICAF (от: implied cost of averting a fatality). Так что при всей внешней привлекательности и кажущейся логичности принцип ALARP признания общества, Законодателя/Надзора, а следовательно, и Бизнеса, не нашел и на практике принцип ALARP не используется.

Но тем не менее, новое поколение систем управления безопасностью возникло и существует.

Второе поколение — это переходной эмпирический подход к обеспечению безопасности.

Его парадигмой являются: понимание, что соблюдение требований, которые всегда отстают от прогресса технологий и по определению должны распространяться на все производства без учета их специфики в каждом конкретном случае, не спасет от катастроф; выявление критических рисков (катастрофических сценариев аварий) на конкретном производстве путем проведения модерируемых междисциплинарных экспертиз (кратко называемых всеми риск-сессиями, которые являются по своей сути дисциплинирующими техниками для извлечения

и систематизации практического опыта линейных менеджеров и инженеров-практиков с производства применительно к возможным происшествиям); разработка мероприятий по снижению таких критических рисков; реализация мероприятий в общем порядке, с возможным проведением контроля за реализацией мероприятий в отдельном, особом порядке.

Процессы управления безопасностью в системах второго поколения дополняют процессы управления безопасностью первого поколения (они сохраняются без изменений) следующими элементами (в цикле управления производством):

- планирование, плюс к мероприятиям по обеспечению соблюдения требований дополнительных мероприятий, которые направлены на снижение критических рисков (катастрофических сценариев аварий);

- исполнение (реализация) и проверка (контроль реализации) таких мероприятий осуществляются в рамках специального обозначенного, отдельного от общего процесса, зачастую с более высоким приоритетом и ресурсами;

- совершенствование, как и в случае первого поколения, систем управления безопасностью, отсутствует. Мотивация работников возможна только в части наказания за нарушения, нет предмета поощрения за достижения, так же как нет и механизма тиражирования достижений, поскольку осмысление физических принципов предлагаемых мероприятий не задействовано в процесс управления.

Во втором поколении систем управления безопасностью появляются новые роли. Начинают различаться владелец рисков и менеджер процесса управления рисками, выделяются пользователи методов и инструментов управления катастрофическими рисками, участники риск-сессий наделяются дополнительными компетенциями. Во многих случаях практикой становится назначение владельцев критических рисков (забегая вперед — весьма спорное эмпирическое решение, противоречащее физическому существу проблемы). Естественным следствием изменений становится проявление уровней (на всех уровнях управления бизнесом) производственного контроля, производственного экологического контроля соблюдения требований.

Основным инструментом (несмотря на рекомендации лорда Каллена) становится именно качественный

анализ рисков, процесс расстановки приоритетов в отношении индивидуальных рисков для дальнейшего анализа или действия, выполняемый путем качественной оценки вероятности возникновения и последствий воздействия⁴. К достоинствам подхода к обеспечению безопасности второго поколения представляется правильным отнести следующие положения:

- наполнение понятия «безопасность» физическим смыслом через выявление и анализ сценариев аварий, что позволило на практике начать контролировать, пусть пока и несовершенно, катастрофы;
- привлечение на практике внимания руководителей, специалистов и рабочих производства к критическим рискам;
- повышение культуры безопасности прежде всего за счет осознания роли и места мероприятий по контролю рисков для обеспечения безопасности;
- зарождение в рамках этого подхода как результат многократного повторения процесса изменения безопасности путем реализации мероприятий по контролю рисков, понимание того, что безопасность это не статичная, неизменная данность, а один из динамических изменяемых показателей производства.

Отсюда и рождение новой парадигмы, и появление цели обеспечения безопасности типа цели НОЛЬ [1], и смена пассивного соблюдения требований безопасности на активный поиск новых способов достижения поставленных целей в области безопасности, и многое другое.

По мере распространения второго поколения систем управления безопасностью на производства по всему миру стали проявляться и проблемы как для Законодателя/Надзора, так и для Бизнеса. Прежде всего — отказ Законодателя/Надзора понимать и использовать на практике те «цеховые»⁵ критерии допустимости индивидуальных рисков, которые предлагались техническими экспертами для ранжирования критических (катастрофических) рисков.

В работе [1] указаны фундаментальные причины, объясняющие приверженность Законодателя/Надзора использовать для государственного регулирования

безопасности критерии допустимости агрегатов рисков, и отторжение «цеховых» критериев допустимости индивидуальных рисков.

Для Бизнеса в рамках второго поколения систем управления безопасностью обозначились следующие проблемы:

- во-первых, система управления усложняется, а не упрощается, так как к существующим процессам обеспечения соблюдения требований (и задействованным в них работникам) добавляются, без всякой синергии, дополнительные процессы поиска ключевых рисков с помощью модерируемой междисциплинарной экспертизы и реализации найденных дополнительных мероприятий по контролю катастроф (еще люди). При этом затраты на обеспечение безопасности — затраты на поддержание в работоспособном состоянии как существующих (для соблюдения требований), так и новых (для контроля катастроф) мероприятий только растут и растут существенно;
- во-вторых, качественные оценки риска (идентификация рисков, анализ их вероятностей и последствий) в принципе не дают достоверных результатов, а использование техники модерируемой междисциплинарной экспертизы [11, 12] прямо наталкивает на манипулирование (в пользу устроителей);
- в-третьих, сам формат оценки — преобразование данных о производстве в отдельные сценарии (критические риски), никак не соответствует практическим потребностям Бизнеса при взаимодействии с Надзорами (необходимы сведения по всем воздействиям) и партнерами в инвестиционных и страховых проектах, так как там требуются достоверные знания об ожидаемых потерях. Хотя, справедливости ради, следует отметить, что востребованные в страховом деле значения «расчетного максимального ущерба» (estimated maximum loss) даются именно вероятностями и последствиями критических (катастрофических) рисков;
- в-четвертых, формат результата оценки рисков, отдельные сценарии (критические риски) не образуют метрики для измерения приближения к цели производства в области безопасности (например, допустимость рисков), что делает невозможным сколь-нибудь внятное бизнес-планирование в области безопасности и не представляет сколь-нибудь ясную технику для управления рисками безопасности производства на оперативном уровне (уровне начальника цеха, онлайн).

⁴ Руководство к своду знаний по управлению проектом (Руководство РМВОК), 6 издание, 2017 – 762 с. ISBN: 978-1-62825-193-7.

⁵ ГОСТ Р 51901.11-2005 (МЭК 61882:2001) Исследование опасности и работоспособности. Прикладное руководство; ГОСТ Р МЭК 61511-2011 Безопасность функциональная. Системы безопасности приборные для промышленных процессов (части 1, 2 и 3).

Однако практика показывает, что в наши дни вышперечисленные проблемы второго поколения систем управления безопасностью — потребность в больших штатах для управления безопасностью; отсутствие достоверных, полных и актуальных сведений о рисках конкретного производства; неинтегрированность в существующие бизнес-процессы производства; отсутствие единой методики управления достижением целей в области безопасности на всех уровнях управления, преодолеваются, и мы переходим к следующему поколению.

Третье поколение систем управления безопасностью производства выстраивается на основе понимания физической природы безопасности и рисков, достижений теории управления сложными системами и теми цифровыми инструментами, которые дают практикам, минуя сложные теоретические построения и экспертизы, прямо управлять безопасностью и рисками.

Логика неизбежности перехода к следующему поколению систем управления безопасностью проста. Если нужно достигать цели НОЛЬ, то логично и неизбежно «измерять расстояние» производства до этой цели, а метрики называть показателями безопасности. Но измерить уровень безопасности конкретного производства невозможно ни в эксперименте, что очевидно, ни в теории. Статистика происшествий никогда не будет репрезентативной, особенно в отношении крупных и катастрофических чрезвычайных ситуаций (ЧС) (аварий). Таким образом, единственный метод получения достоверных оценок показателей безопасности конкретных производств — это математическое моделирование [13, 14].

Ожидается, что в третьем поколении систем управления действия по обеспечению надлежащего соблюдения применимых требований безопасности государственного регулирования страны пребывания выходят за периметр управления рисками безопасности производств. Соблюдение требований изначально закладывается в проектирование и эксплуатацию как необсуждаемое условие (компания всегда и при любых условиях обеспечивает надлежащее соблюдение требований) и технически является одним из самых простых действий по управлению рисками безопасности, которое (управление) осуществляется по единой методологии как для проектируемых, так и эксплуатируемых производств.

Само направление работы по соблюдению (compliance), конечно, сохраняется, однако его периметр существенно сокращается и меняется содержание этих действий. По своему существу они сводятся в основном к разъяснению уполномоченным надзорным органам состояния производства в требуемом надзорными органами формате.

Приметы трансформации функции соблюдения требований уже можно подметить на некоторых производствах. Оценка риска делается там в одном месте и один раз (образно говоря, один раз; на самом деле постоянно обновляется онлайн), а полученные результаты с различной периодичностью в разных форматах передаются в разные разрешительные документы: в Декларацию промышленной безопасности (ДПБ); в Обоснование безопасности (ОБ); в Оценку пожарного риска (ОПР); в План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий (ПМЛА); в План предупреждений и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов (ПЛАРН) и т.д. При этом перечень разрешительных документов и форматов требуемых ими сведений о безопасности существенно зависит от страны пребывания, а корпоративная оценка риска не меняется, ибо отражает физическое существо безопасности производства.

2. Система управления безопасностью

2.1. Управление производством

Применительно к предмету и методу исследования представленной статьи общее понятие «производство» специфицировано в работе [1].

Аналогично уточним понятие «управление». В общем случае управление определяется как: «элемент, функция организованных систем различной природы (... технических), обеспечивающая ... достижение цели деятельности»⁶.

Производство, безусловно, является организованной технической системой, перед которой на практике ставятся производственные цели. Поэтому спецификация общего понятия «управление» применительно к производству (процессу, системе)⁷ [1], естественно, определяется как комплекс элементов производства,

⁶ Большая советская энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1977. Т. 27. 624 с.

⁷ Там же.

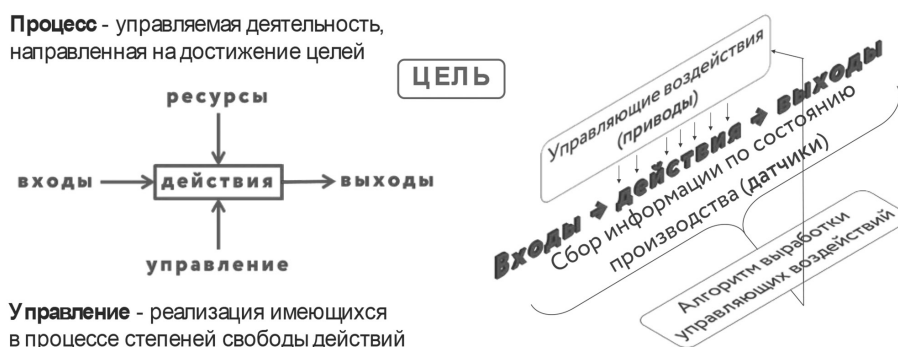


Рис. 2. Общее понятие «управление процессом»

Figure 2. Common definition of process control / management

в совокупности реализующий функционал (процесс, систему) «сбора информации о состоянии производства, обработки этой информации, выработки и реализации управляющих воздействий на производство для достижения производственных целей». Понятие «управление производством» как управление процессом целесообразно проиллюстрировать (см. рис. 2).

2.2. Управление: контроль и менеджмент

Русское слово «управление» отлично (адекватно и полно) охватывает и обозначает вышеперечисленное множество элементов производства, «ответственных» за достижение производственных целей. Но для многих специалистов (например, тех, кто использует английский язык) привычнее различать и артикулировать элементы системы управления производством по критериям отношения к целям, инструментам и ресурсам процесса. Традиционно (практики производства⁸, а не общие менеджеры) выделяют:

управление — *контроль*, контроль означает оказание сдерживающего или направляющего влияния (control, the ability to direct the course of something; to exercise restraining or directing influence over).

Слово «контроль» пришло из технической области, в управлении — контроле цель не обсуждается, а решается задача поддержания показателей на уставке имеющимися возможностями (ресурсами). Сегодня на химических производствах в контурах управления — контроля преобладающими исполнителями ролей уже являются роботы, которые преобразуют, передают, хранят, активируют и кое-где уже

принимают решения (например, противоаварийной защиты (ПАЗ)).

Сегодня управление — контроль является областью научного знания [13, 14], на базе которого развиваются соответствующие инженерные дисциплины.

Управление — *менеджмент*, менеджмент есть осуществление исполнительного, административного и контролирующего руководства (management, an exercise of executive, administrative, and supervisory direction of).

Слово «менеджмент» пришло из делового оборота, в управлении — менеджменте каскадирование целей на нижележащие уровни управления и принятие целей от вышележащих уровней управления являются ключевыми процессами, неразрывно связанными с выделением ресурсов. Сегодня на химических производствах в контурах управления — менеджмента преобладающими исполнителями ролей по-прежнему являются люди. Управление — менеджмент является областью скорее эмпирического, чем научного знания, апробированные на практике техники которого представлены в Сводах Знаний [15].

Автоматизация и цифровизация контуров управления — менеджмента составляет техническую основу перехода к третьему поколению систем управления.

Вместе с тем нет физических оснований для разделения контроля и менеджмента, так как управление в промышленности насыщено механизацией, автоматизацией, цифровизацией, искусственным интеллектом, и конкретные роли в процессе управления производством играют и человек, и робот (с разным, естественно, качеством исполнения, но с одним и тем же функционалом), что должно адекватно и единообразно отражаться в (математических) моделях управления.

⁸ www.globalcontrol.com

2.3. Уровни управления производством

Традиционно промышленные компании в России управляют производством на трех уровнях [16].

На оперативном уровне в режиме онлайн 24/7 эксплуатацию осуществляет начальник смены (другое название — мастер смены). Общеизвестно и ожидается (примером является решение Минтруда России)⁹, что именно начальник смены предотвращает и устраняет причины нарушений хода производства. В соответствии с развиваемым в статье подходом рациональным результатом каскадирования целей в области безопасности на уровень начальника смены является «поддержание допустимости рисков безопасности производства в ходе нормальной эксплуатации / проведения технического обслуживания и ремонта». Такую цель кратко можно обозначить как «ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТОЛЬКО С ДОПУСТИМЫМ РИСКОМ».

Такое целеполагание позволит, возможно, частично снять существующую сегодня неопределенность в критериях принятия решений при нештатных ситуациях при взаимно противоречивых оценках «разгрузить/остановить производство, избежать аварии, но не выполнить план по выпуску продукции» и «продолжать производство, иметь недопустимый риск аварии, а то и саму аварию, надеясь выполнить план по выпуску продукции». Стоимость такого решения, особенно на химических производствах, высока, и представляется необходимым предоставить всем уполномоченным сторонам четкие критерии принятия решений на самом нижнем уровне управления.

Среди прочих производственных целей в области безопасности производственную цель начальникам смен ставит начальник цеха (вышестоящий уровень управления производством), и именно вышеуказанная цель является естественно-разумной, так как это есть результат каскадирования цели бизнеса в области безопасности с высшего уровня управления на уровень начальника смены. Также на начальнике смены заканчивается каскадирование целей — оперативный персонал получает обязательные для выполнения указания (управляющие воздействия).

По цели, процессам, ролям исполнителей, инструментам управление рисками безопасности производства на уровне начальника смены является

управлением — контролем. В полномочия начальника смены не входит ни изменение производства (за исключением принятия оперативных решений о введении временных барьеров безопасности), ни привлечение дополнительных ресурсов. Поэтому роль в процессе управления рисками, которую исполняет начальник смены, разумно назвать «оператор безопасности», хотя возможны и другие, интуитивно понятные наименования.

Сегодня по факту начальник смены реагирует только на текущую ситуацию в цехе по имеющимся сигналам. Более того, не всегда в поле его зрения попадают важные события в области безопасности (важные и нужные сигналы). Для выработки адекватных управляющих воздействий нужен соответствующий инструмент — инструмент сбора информации по ситуации на производстве, содержащей все существенные для безопасности сведения, в идеале — инструмент прогнозирования трендов. Режим онлайн принятия решений требует даже не автоматизации, а цифровизации (исключения человека из процесса) вышеперечисленных инструментов.

Только с инструментами, удовлетворяющими вышеперечисленным требованиям, начальник смены сможет, как от него ожидается, предотвращать и устранять причины нарушений хода производства до возникновения происшествий и тем более — ЧС в его цехе.

На тактическом уровне на обеспечение безопасности производства в цехе уполномочен начальник цеха, который по факту оказывает управляющие воздействия в недельном цикле. Общеизвестно и ожидается (примером является решение Минтруда России)¹⁰, что именно начальник цеха проводит работу по совершенствованию организации производства, его технологии, механизации и автоматизации производственных процессов.

В соответствии с развиваемым в статье подходом, рациональным результатом каскадирования целей в области безопасности на уровень начальника цеха является «достижение плановых значений показателей безопасности производства в плановый период». Такую цель кратко можно обозначить как «НОЛЬ ТРАВМ, НОЛЬ АВАРИЙ, НОЛЬ ВНЕПЛАНОВЫХ ПОТЕРЬ».

⁹ Квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих (утв. постановлением Минтруда России от 21.08.1998 № 37) (ред. от 27.03.2018).

¹⁰ Квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих (утв. постановлением Минтруда России от 21.08.1998 № 37) (ред. от 27.03.2018).

Среди прочих производственных целей в области безопасности производственную цель начальникам цеха ставит директор (вышестоящий уровень управления производством), и именно вышеуказанная цель является естественной разумной целью, так как это есть результат каскадирования цели бизнеса в области безопасности с высшего уровня управления на уровень начальника цеха.

Здесь следует отметить и возрастание требований к организационным компетенциям начальника цеха по сравнению с дневными инженерами, мастерами и начальниками смен, которые по существу своей работы являются просто квалифицированными специалистами — исполнителями указаний. Начальник цеха обязан оперативно каскадировать свою производственную цель в области безопасности на начальников смен и контролировать ее исполнение. Делегирование полномочий (постановка цели, куда идти для самостоятельной организации ее достижения) — это принципиально новый управленческий инструмент по сравнению с выдачей конкретных указаний, что и как делать, особенно в части контроля.

По цели, процессам, ролям исполнителей, инструментам управление рисками безопасности производства на уровне начальника цеха является комплексом (композицией) управления — контроля и управления — менеджмента, значительно более сложным, чем каждый из видов управления в отдельности.

Роль в процессе управления рисками, которую исполняет начальник цеха, общепринято называть владелец рисков, хотя возможны и другие, интуитивно понятные наименования. Начальник цеха, в отличие от начальника смены, принципиально не может ограничиться реакцией на текущую, сиюминутную ситуацию на производстве, хотя сегодня на практике у него практически нет инструментов, кроме опыта, интуиции и здравого смысла, для выявления и предупреждения негативных тенденций перехода производства в штатную ситуацию. Прежде всего здесь требуется проводить анализ трендов по выявлению нарастания негативных тенденций (событий в области безопасности); постоянно обращаться к лучшему опыту отрасли для поиска адекватных барьеров безопасности и обосновывать рекомендации по реализации дополнительных мероприятий по контролю рисков (в пределах установленных лимитов). Объем и скорость обработки информации при выполнении

вышеперечисленных действий безальтернативно требуют автоматизации, а цифровизация пока, по мнению автора, контрпродуктивна из-за отсутствия алгоритмов процесса принятия решений (пока такие алгоритмы не разработаны).

Только с инструментами, удовлетворяющими вышеперечисленным требованиям, начальник цеха сможет, как от него ожидается, совершенствовать организацию производства, его технологии для достижения плановых значений показателей безопасности производства в цехе в плановый период.

На стратегическом уровне за обеспечение безопасности производства во всех цехах уполномочен директор, который по факту оказывает управляющие воздействия в годовом (инвестиционном) цикле. Важнейшим отличием директора от начальника смены и начальника цеха является то, что полномочия делегируются директору не традициями делового оборота или корпоративными документами, а делегируются непосредственно Законом¹¹ (см. рис. 3).

Объем делегируемых полномочий — руководство (управление) текущей (операционной) деятельностью актива (предприятия). Состав полномочий: достижение производственных целей актива (предприятия); обеспечение соблюдения применимых требований (государства, акционеров) на активе (предприятии).

В соответствии с развиваемым подходом рациональным результатом каскадирования целей в области безопасности на уровень директора является «неуклонное движение к цели НОЛЬ путем постановки значений показателей безопасности на горизонт планирования, увязанных по срокам и ресурсам, совместно с достижением других производственных целей». Такую цель кратко можно обозначить как «ДВИЖЕНИЕ К ЦЕЛИ НОЛЬ».

Такое целеполагание позволит, возможно, частично снять существующую сегодня неопределенность в критериях принятия решений в отношении ресурсов, выделяемых на обеспечение безопасности.

Аварии и катастрофы по своей природе являются случайными величинами. В принципе невозможно исключить аварии, можно лишь контролировать их вероятности и последствия, то есть риски. Если мотивация директора и персонала происходит только по

¹¹ ФЗ РФ от 26.12.1995 № 208-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «Об акционерных обществах».

факту аварии, безотносительно усилий предприятия по предупреждению и смягчению последствий рисков, то по факту директор, скорее всего, ограничится только соблюдением минимальных гигиенических (государственных) требований в области безопасности и не будет иметь желания и вкуса к движению к цели НОЛЬ.

Если же при расследовании аварии, если она случится, будет выяснено, что все предусмотренные производственным контрактом мероприятия по контролю рисков реализованы на производстве должным образом, то есть допустимый и принятый Руководством риск реализовался (этого никогда нельзя исключить, так как это случайное событие), то в соответствии с утвержденной системой мотивации директора и персонала такой случай реализации риска не вменяется в вину автоматически и по итогам расследования вообще не влияет на ключевые показатели эффективности. Такая система мотивации будет поддерживать инициативы предприятия (от директора до аппарата) по снижению рисков и движению к цели НОЛЬ самым серьезным образом.

Природе обеспечения безопасности производств адекватно отвечает такой процесс целеполагания (бюджетирования), при котором все производственные цели сбалансированы против возможных ресурсов. В таком идеальном случае Совет директоров делегирует директору предприятия полномочия, включая

выделение ресурсов на достижение поставленных производственных целей; а директор, принимая полномочия, обеспечивает, в том числе несет полную ответственность за достижение поставленных производственных целей, включая цели в области безопасности (то есть уровень риска производства фиксируется в производственном контракте на старте, контролируется в процессе и мотивация директора осуществляется по результатам достижения поставленной цели в конце периода планирования). Баланс в области безопасности при таком процессе достигается на основе формулы «за такие деньги» можно получить «такую безопасность».

Чем больше ресурсы, тем ниже риски, и наоборот. При этом все участники процесса понимают, что такие цели в области производственной безопасности на плановый период реалистичны, и достижение целевых и контрольных показателей аудирруется и обеспечивает отвечающую ожиданиям всех сторон прибыль и уровень безопасности (уровень риска, плановые значения показателей безопасности). С таким подходом возможно долгосрочное планирование движения к цели НОЛЬ в рамках возможного, в соответствии с текущей ситуацией в бизнесе.

Необходимо решительно подчеркнуть, что описанный выше процесс не имеет никакого отношения к соблюдению государственных требований страны

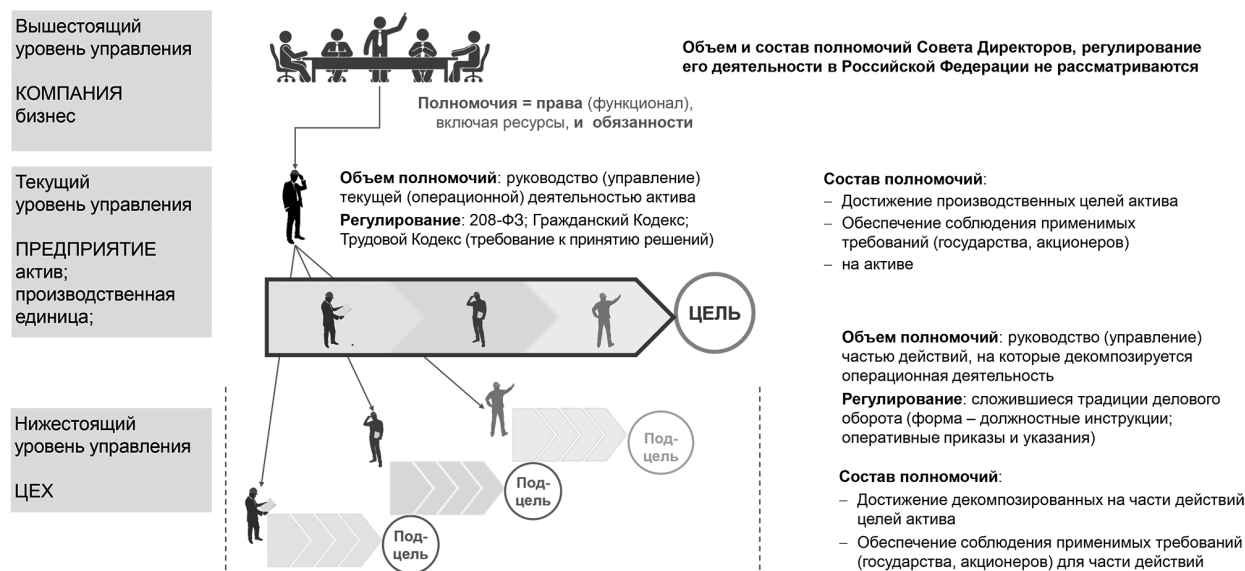


Рис. 3. Общие принципы делегирования полномочий и каскадирования производственных целей

Figure 3. The fundamentals of authorities' delegation and cascading of production objectives

пребывания в области безопасности. Соблюдение государственных требований не обсуждается, а надлежащим образом обеспечивается бизнесом, так называемый комплаенс процесс (compliance assurance). Свод производственных целей в области безопасности на всех уровнях управления производством представлен на рис. 4.

2.4. Процессы управления безопасностью

Применительно к производственным целям в области безопасности система управления безопасностью, как подсистема управления производством, с точки зрения информационных технологий, естественно декомпозируется на следующие, параллельно действующие процессы:

- преобразовывать (convert) реальное состояние производства, включая события в области безопасности, в информацию о состоянии производства. Инструментами преобразования — преобразователями (converters; источниками информации) являются люди (посредством личного общения, записей, раций, телефонов и др.) и роботы (посредством сенсоров, датчиков, видеокамер и др.);
- передавать (transfer) информацию (по состоянию производства, по событиям в области безопасности, управляющую информацию) между ее источниками и потребителями. Инструментами

передачи — передатчиками (transferrers) информации, естественно, являются линии связи (коммуникаций);

- хранить (keep) информацию по фактическим, имевшим место событиям в области безопасности на производстве (предвестникам, предаварийным ситуациям, событиям проявления рисков и происшествиям [1]). Инструментом хранения — хранителем (keeper) информации являются (бумажный) архив и/или программное обеспечение, называемое базой данных (по событиям в области безопасности), с помощью которых осуществляются импорт, накопление, анализ и экспорт информации по событиям в области безопасности;

- активировать, исполнять (actuate, execute) команды (управляющие воздействия) изменения реального состояния частей производства путем (для технологии) создания силы, вращающего момента, перемещения и других способов воздействия на материальные потоки [2] и путем (для организации) распределения ресурсов, включая направления ТООР, кадров, закупок и других способов воздействия на производственное оборудование, производственный персонал и производственные операции [2]. Инструментом активации — актуаторами (приводами, исполнительными механизмами; actuators) являются механизмы (механические, гидравлические, пневматические, электрические, электромеханические, электрогидравлические, электроповоротные и другие) и люди.



Рис. 4. Уровни управления рисками безопасности производства

Figure 4. Tiers of process safety risks control / management

- принимать решения (make decisions), то есть выработать команды (управляющие воздействия, информацию по управлению) для достижения производственных целей в области безопасности для их передачи на актуаторы на основе (путем обработки) имеющейся информации по состоянию производства, передаваемой от преобразователей, и информации по событиям в области безопасности, передаваемой от хранителя. Инструментами принятия решений — приемщиками решений (decision makers), сегодня на практике являются либо (редко) цифровые алгоритмы, не предусматривающие участие человека, либо (почти всегда) процедуры, все чаще помогающие человеку, который принимает решение, автоматизированными подсказками и автоматизированным контролем.

2.5. Особенности управления — контроля

Главной, сразу бросающейся в глаза особенностью управления — контроля, по сравнению с другими уставками (типа температуры, расхода или давления материального потока), является отсутствие приборов и датчиков измерения риска и безопасности на производстве или прямых преобразователей (см. разд. 2.4).

Отличие температуры потока от риска производства долгое время скрывалось тем сходством, что все параметры состояния производства являются объективными, не зависящими от воли и сознания практиков и экспертов величинами, имеющими физический смысл. Осознание различия — риск, в отличие от потока, является функцией всего производства, соответственно требует расчетного определения и не может быть прямо измерен, — потребовало у инженеров более 30 лет, если отсчитывать время от первой публикации по анализу рисков [6]. Однако первыми в осознании природы управления — контроля рисками безопасности производства стали не датчики (компьютерные программы для расчета рисков), а актуаторы (приводы, исполнительные механизмы (см. разд. 2.4)), названные впервые барьерами безопасности в 2006 г. [17].

Барьеры безопасности на химическом производстве — это набор элементов производства, имеющих в совокупности функционал (а не техническое устройство типа шлагбаума, как иногда полагают):

- предупреждения возникновения события проявления риска;
- смягчения последствий проявления риска либо через контроль эскалации посредством или снижения

выхода энергий и материалов из основной системы удержания, или изменения характеристик полей поражающих факторов, либо через ослабление воздействия полей поражающих факторов на человека и окружающую среду.

Большое количество работ обращается к вопросу классификации барьеров безопасности¹² [18]. На практике же, особенно в работах по автоматизации и цифровизации управления безопасностью, востребована иная, основанная на физических принципах, классификация барьеров безопасности предупреждения и смягчения последствий:

- конструктивный барьер — это проектные решения по основной системе удержания для штатных ситуаций (в части предупреждения) или защита от проектных аварий (в части смягчения последствий).

Барьеры безопасности, формирующие по состоянию производства управляющее воздействие для возврата при эксплуатации к штатной ситуации при отклонениях, необходимо для возможности моделирования классифицировать по способу реализации функционала:

- технический барьер, функционал которого реализуется только явлениями природы без участия человека и автоматизации;
- инструментальный барьер, функционал которого реализуется только средствами автоматизации и явлениями природы, без участия человека;
- оперативный барьер, функционал которого реализуется и силами персонала, и автоматизацией, и явлениями природы.

Очевидно, что работоспособность (при надлежащей реализации) приоритезируется в соответствии с вышеуказанным порядком (законы природы не отказывают никогда, а человек — это самое ненадежное звено в любой цепи управления). Именно поэтому на практике оказывается целесообразным различать и учитывать результативность контрольных процедур, которые теоретически должны быть представлены в каждом барьере как самоконтроль, а по факту подчас не исполняются. Для учета влияния производственного контроля востребован функционал:

контрольный барьер — это организационно-технические решения по ведению производства,

¹² Р Газпром 18000.2-021-2022. Методические рекомендации по оценке состояния барьеров безопасности персонала объектов ПАО «Газпром».

реализующие мониторинг работоспособности (нахождения в пределах и условиях эксплуатации) конструктивных, технических, инструментальных и оперативных барьеров.

Важно понимать, что барьеры безопасности предупреждения влияют только на вероятность (ожидаемую частоту реализации) проявления риска, но не на само это событие, поэтому неправильно говорить о том, что отказ барьера безопасности привел к проявлению риска. Аналогичным образом барьеры безопасности смягчения последствий не устраняют последствия, просто масштаб последствий (причиняемый вред) меняется в зависимости от перечня и состава барьеров. С практической точки зрения исчерпывающая идентификация барьеров безопасности как для проектируемых, так и для эксплуатируемых производств вовсе не является тривиальной задачей.

Графическая иллюстрация концепции барьеров безопасности приведена на рис. 5, на рис. 6 представлены примеры барьеров безопасности.

Из представленной физической картины возникновения и развития проявления риска очевидно, что количественные характеристики риска, включающие вероятность и последствия, но не ограничивающиеся ими, существенно зависят от готовности (availability) и безотказности (reliability) компонентов барьеров безопасности. Этими компонентами являются части оборудования и люди. В отношении людей не принято говорить об их надежности, но по своему физическому существу их обучение (подготовка), охрана их здоровья являются мерами по обеспечению надежности (dependability) «человеческих» компонентов барьеров безопасности. Это и есть решение одной из заявленных задач исследования (смотри Введение).

В представленной статье как не соответствующие заявленному предмету исследования не рассматриваются вопросы измерения надежности барьеров безопасности и их компонентов для последующего прогнозирования показателей безопасности производства, включая материалы по учету уровня подготовки персонала и контроля состояния здоровья работников.



Рис. 5. Понятие барьеров безопасности

Figure 5. Concept of safety barriers

Примеры барьеров с различными функционалами и механизмами действия					
Функционал барьера	Механизм действия барьера				
	конструктивный	технический	инструментальный	оперативный	контрольный
Предупреждение возникновения	Тип материала и толщина трубопровода	Предохранительный клапан пружинный	АСУ ТП, ПАЗ	Аварийная сигнализация	Автоматизированный контроль работоспособности (пределов и условий эксплуатации) барьера
Контроль эскалации	Огнезащитные стены	Нормально-закрытые аварийные отсекатели	Система обнаружения пожара и газа (СОПИГ)	Тушение пожара силами НАСФ/ПАСФ	
Ослабление воздействия	Безопасные расстояния размещения оборудования	Огнезащитные покрытия структур	Автоматическая система орошения	Перемещение, эвакуация и спасение	

Рис. 6. Примеры барьеров безопасности с различными функционалами и механизмами действия

Figure 6. Examples of safety barriers having distinct functions and mechanisms of operation

Существует множество публикаций и исследований по этой теме и добавить к уже имеющимся результатам пока нечего.

Крупнейшим препятствием на пути автоматизации и цифровизации управления рисками безопасности на практике становится отсутствие сколь-нибудь вменяемых регламентов трудового процесса (действий аппаратчиков и машинистов), эквивалентных по степени детализации рабочей документации на оборудование и технологические процессы.

Особенно это представляется удивительным для российских предприятий, ведь система научной организации труда (НОТ) была разработана и внедрена А. К. Гастевым и его сподвижниками еще в 20-х годах прошлого века [19]. В рамках НОТ были разработаны карты, содержащие: «... точное описание каждого действия, включающее время цикла, время такта, последовательность выполнения определенных задач, минимальное количество запасов для выполнения работы», которые сегодня, по иронии судьбы, известны офисным менеджерам как «стандартизованная работа» в тематике бережливого производства¹³. Популяризатором концепции для российских бизнесов стала компания СИБУР [20], которая рассматривала стандартные операционные процедуры (СОП) как обобщение эмпирической практики. Такой подход, который уже дал серьезный скачок в производительности труда, то есть повысил эффективность производства, к сожалению, не был связан с его безопасностью (безопасность и эффективность проходят по «разным столам»).

Если же видеть СОП как алгоритм изменения состояний производства, то становится ясным, что целью СОП является достижение максимальной эффективности при допустимом уровне рисков. Другими словами, создание наилучшей (рациональной) СОП является решением задачи оптимизации с ограничениями (constrained optimization). С точки зрения безопасности изменения СОП являются изменениями барьеров безопасности. Задачу оптимизации можно решать только тогда, когда мы понимаем: из каких элементов (составных частей) СОП собирается; какими численными параметрами эти элементы (составные части) характеризуются; как прогнозировать

получаемые результаты (безопасность, эффективность) для конкретных значений численных параметров этих элементов (составных частей) СОП; какие методы решения задачи оптимизации могут быть использованы.

Из вышеизложенного очевидно, что создание СОП по сущности деятельности есть проектирование. Каждый, кто связан с производством, знает, что такое проектирование (аналогом СМР в случае СОП является внедрение в процесс эксплуатации). Похоже, понимание этой сущности само подсказывает, что скачать что-то из Интернета и приспособить для конкретного производства не получится, даже если работник, которому дано задание написать СОП, «мотивирован».

Приведенный выше пример компании СИБУР [20] также подтверждает это. Годовая или даже десятилетняя практика была задокументирована как СОП. Эмпирическая практика с такой историей апробации, скорее всего, дает и приемлемую безопасность, и некоторое повышение эффективности (аналог — копирование образца, с очевидными улучшениями) без всякой оптимизации. Однако для новых производств, у которых нет годов-десятилетий апробации, такая эмпирическая «цельнотянутая технология» просто отсутствует. Поэтому и велика вероятность создать небезопасную и неэффективную СОП.

В этой статье не рассматриваются вопросы создания (проектирования) эффективных и безопасных СОП на основе динамических реестров рисков, в том числе цифровой идентификации и оценки работоспособности барьеров безопасности, включая инструментальные и оперативные.

2.6. Особенности управления — менеджмента

Фундаментальным понятием менеджмента процесса является «владелец процесса (process owner)» [15]. Исполнитель этой роли наделен полномочиями, то есть правами (функционалом, включая ресурсы) и ответственностью за достижение поставленных целей процесса (см. разд. 2.3) через создание/улучшение, исполнение и обеспечение эффективности этого четко очерченного сквозного (кросс-функционального) бизнес-процесса.

Поскольку риск — это неопределенность в достижении поставленной цели, в современной теории менеджмента процессами общепринятым постулатом является положение, что управление рисками — это

¹³ ГОСТ Р 56020-2014. Бережливое производство. Основные положения и словарь.

неотъемлемая часть управления процессом и что владелец процесса является владельцем рисков¹⁴. Этот постулат является очевидным следствием ограниченности ресурсов для любого процесса. Отметим, в связи с этим разъяснением, три обстоятельства:

Первое: другими словами, через постулат фиксируется, что эффективный менеджмент имеет в своей основе принцип единоначалия. На достижение цели процесса (даже если цель является векторной величиной) должен быть уполномочен один и только один приемщик решения (см. разд. 2.2).

Второе: в практике менеджмента, по наблюдениям автора, фундаментальные законы управления нередко нарушаются (скорее всего, из-за незнакомства с теорией). Имеют место факты некорректного каскадирования целей, назначения одной цели различным исполнителям и, как следствие, недостижения или малой эффективности достижения цели (ситуация, немислимая для управления — контроля). Актуальным примером является, как это ни кажется парадоксальным на первый взгляд, подход к обеспечению надежности (ТОиР)¹⁵ или созданию ПАЗ¹⁶, где вся стратегия и планы действий строятся на оценке критичности оборудования или критичности выхода за нормы технологического режима, которые технически заявляются, но на деле не относятся к показателям безопасности [1].

Третье: несмотря на очевидность единоначалия для управления всеми рисками в совокупности, в российской практике производственных компаний до сих пор бытует мнение, подкрепляемое иногда приказами, о существовании владельцев индивидуального риска. Не исключено, что это мнение навеяно аналогами и необдуманно копируется с калек в финансовой сфере¹⁷. Следует еще раз подчеркнуть, что назначение

владельца индивидуального риска безопасности производств есть нарушение принципа единоначалия.

Производство как управляемая организационная система (процесс), включая систему управления как ее неотъемлемую часть, характеризуется тем, что достижение производственных целей осуществляется в рамках цикла управления бизнесом:

→ планирование → исполнение →
→ проверка → совершенствование →
в английском языке известным, как цикл PDCA:
→ plan → do → check → adjust →,

что является упрощенным, применительно к запросам современных менеджеров, изложением гипотетико-дедуктивного метода научного познания, восходящего к Галилео Галилею [21].

Полномочия на исполнение действий процессов достижения производственных целей в области безопасности делегируются владельцем рисков (по закону это только директор предприятия) конкретным штатным работникам. Делегирование полномочий также называется назначением на роли, отсюда и название ролевая модель.

На начальной стадии зрелости систем управления, еще во втором поколении, ролевая модель именовалась матрицей ответственности, известной в России больше по аббревиатуре на английском языке RACI [22] (во втором поколении систем управления из-за стремления к универсализму выделялось предопределенное количество ролей от четырех до пяти), с одновременным назначением конкретного исполнителя на каждую роль.

В системах управления третьего поколения, при уровне детализации действий по управлению, требуемому для автоматизации и цифровизации, построение ролевой модели возможно и разумно осуществить на научной, а не эмпирической основе. Для конкретного производства ролевая модель всегда является специфической (process-specific model) для его конкретной организационной структуры (organizational chart), в отличие от процессной модели, являющейся универсальной (pan-process), не зависящей от специфики производства, включая его организационную структуру (organigram).

Алгоритм построения ролевой модели в его принципиальных чертах таков. Определяем на множестве

¹⁴ Руководство ИСО 73:2009, определение 3.5.1.5; ГОСТ Р 51897-2011: Менеджмент риска. Термины и определения.

¹⁵ ГОСТ Р 27.303-2021 (МЭК 60812:2018). Национальный стандарт Российской Федерации. Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов (утв. и введен в действие приказом Росстандарта от 21.09.2021 № 987-ст).

¹⁶ ГОСТ Р МЭК 61511-3-2018. Национальный стандарт Российской Федерации. Безопасность функциональная. Системы безопасности приборные для промышленных процессов. Часть 3. Руководство по определению требуемых уровней полноты безопасности (утв. и введен в действие приказом Росстандарта от 08.08.2018 № 467-ст).

¹⁷ Информационное письмо Банка России от 24.12.2020 № ИН-06-14/180 «О рекомендациях руководителям службы внутреннего контроля, службы внутреннего аудита, службы управления рисками финансовых организаций».

элементарных действий процесса управления рисками безопасности производства (для всех этапов цикла управления, см. разд. 2.4) инъективное отображение во множество должностных обязанностей, определяемых производственными инструкциями и стандартными операционными процедурами (СОП), каждого участника организационной структуры так, чтобы делегируемое действие было максимально близко каскадированным производственным целям и полномочиям участника. Физический смысл вышеупомянутого инъективного отображения – это инструмент (алгоритм) по делегированию полномочий по управлению рисками безопасности производства, а совокупность действий, отображенных на должностные обязанности конкретного участника, являются его ролью, исполняемой им при управлении рисками безопасности производства.

Естественно, что на практике, как и всякое другое математическое построение, результаты использования этого инструмента: должны быть проверены на соответствие здравому смыслу; могут быть подвергнуты корректировкам; потребуют как готовности делегировать полномочия, так и подтверждения готовности принять эти полномочия к исполнению; потребуют, как и всякое организационное действие, оформления приказом по производству.

Однако важно то, что сам инструмент автоматизирует создание ролевой модели, что гарантирует выполнение основных законов управления – менеджмента при делегировании: обеспечивается принцип единоначалия; исключаются действия без исполнителей и случаи дублирования полномочий, и других. Также сразу «подтягивается» схема информационных потоков, «наследуемая» из процессной модели.

И, наконец, главное. Корректная ролевая модель обеспечивает возможность справедливой, объективной оценки вклада каждого индивидуального участника в достижение поставленной цели, это дает основу честной мотивации персонала.

Практическая апробация этого инструмента на нескольких эксплуатируемых производствах показывает, что для организации управления рисками безопасности производства на основе процессной и ролевой модели дополнительная штатная численность не требуется. Изменения и дополнения в существующие должностные и производственные инструкции, а также стандартные операционные процедуры

минимально необходимы для достижения производственных целей в области безопасности.

Перечень типовых ролей (это не конкретные исполнители на конкретной роли в конкретной организационной структуре, а накопленный к настоящему времени экспериментальный материал) также содержит всего несколько интуитивно понятных позиций. Роли делятся на два класса: роли, которые обеспечивают безопасность и которые обеспечивают процесс управления безопасностью.

На практике обеспечение безопасности на производстве осуществляется прежде всего на уровне управления цехом, которые включают, но не ограничиваются следующими позициями – ролями (с указанием исполнителя и его полномочий):

- владелец рисков цеха (исполнитель — начальник цеха; unit superintendent), уполномоченный владельцем риска производства на достижение цехом производственных целей в области безопасности цеха;
- оператор безопасности цеха (исполнитель — мастер / начальник смены; shift supervisor), уполномоченный владельцем рисков цеха на поддержание рисков безопасности производства в течение его смены на допустимом уровне;
- смотритель барьера безопасности цеха (вар. куратор; warden, curator), уполномоченный на мониторинг работоспособности конкретного барьера безопасности и введение информации о его отказах / восстановлении работоспособности в систему управления, штатный работник цеха. Кого разумно и правильно назначить исполнителем роли смотрителя барьера безопасности? Например, полномочия смотрителя барьера безопасности могут быть делегированы аппаратчику (сменный характер его работы не имеет значения) или дневному инженеру, который непосредственно (то есть линейно, а не функционально) подчиняется владельцу рисков цеха. Делегирование полномочий смотрителя барьера безопасности представителям ремонтного персонала, служб производства или подрядчиков, что иногда встречается на практике, станет нарушением законов управления — менеджмента, так как такому смотрителю соответствующая производственная цель не каскадируется (у него есть другая цель по его линейному подчинению) и, соответственно, не возникает мотивация исполнять полномочия смотрителя. Такая рассогласованность цели и мотивации у человека приводит к негативным последствиям — сегодня на

производстве негативным последствием станет низкая надежность или даже потеря работоспособности барьера безопасности. Еще раз подчеркну, цели в области безопасности являются неотъемлемой частью производственных целей, и управлять рисками должен тот, кто непосредственно ведет производство (линейно подчинен владельцу рисков);

- спонсор барьера безопасности цеха (исполнитель — вышестоящий руководитель; top manager), уполномоченный владельцами бизнеса на принятие решений в установленных лимитах ответственности. Исполнитель этой роли отвечает за реализацию барьера безопасности на этапе утверждения бюджета и закупок, если стоимость барьера безопасности находится вне лимитов ответственности директора производства (такие случаи в промышленности не редкость).

Еще одним фундаментальным законом управления — менеджмента сложными процессами является необходимость выделять в отдельную роль или роли (в зависимости от сложности процесса) действия по обеспечению того, что: активности процесса осуществляются правильно и вовремя; используются корректные процедуры и адекватные инструменты; исполнители ролей и используемые инструменты соответствуют предъявленным к ним требованиям и применяются корректно. Образно говоря — обеспечивать здоровье процесса.

На практике обеспечение процесса управления рисками безопасности на производстве осуществляется прежде всего на уровне управления производством. При сложном процессе (на крупном производстве) представляется целесообразным также делегировать соответствующие полномочия на уровень управления цехом.

Перечень типовых ролей по обеспечению процесса управления рисками безопасности производства включает, но не ограничивается следующими позициями — ролями (с указанием исполнителя и его полномочий):

- организатор управления рисками, или, риск-менеджер производства (risk manager), последнее наименование роли встречается на практике чаще. Риск-менеджер уполномочивается владельцем рисков производства на обеспечение «здоровья, развития и регулярной жизнедеятельности» процесса управления рисками безопасности производства. Кто может и должен стать исполнителем этой роли? На практике

встречается делегирование полномочий риск-менеджера как руководителю департамента производственной безопасности предприятия (с аргументацией — это прежде всего контрольная деятельность), так и техническому директору (с аргументацией — это же техническое развитие производства). Однако по теории управления для достижения максимальной близости делегируемых действий каскадированным производственным целям и полномочиям участника следует принять, что наилучшим оптимальным решением будет выделение специальной штатной единицы или небольшого структурного подразделения в административном (линейном) подчинении директора.

Важно понимать при этом, что нецелесообразно называть эту роль «директор по рискам», поскольку интуитивно директор отвечает за часть основного производства и имеет свои производственные цели. Управление рисками не образует своего отдельного направления на производстве. Поэтому справедливо, что руководители направления производства, такие как ТОиР, капитальное строительство, развитие и так далее, являются и называются директорами. Тогда как риск-менеджер всего лишь сервисная, вспомогательная функция, он топ-менеджер, но не директор. Риск-менеджер только помогает основному производству. При этом по теории управления естественно делегировать риск-менеджеру и дополнительные полномочия для обеспечения жизнеспособности процессов управления и другими рисками, так как физическое существо управления всеми рисками производства, включая операционные риски (составная часть эффективности производства), едино. Технически разные риски производства (например, в областях надежности оборудования, устойчивости технологических процессов, стабильности электрообеспечения и др.) мало отличаются именно в процессной части, в процессных моделях управления рисками производства (ролевые модели и инструменты сильно различаются между собой). Так что появление позиции в организационной структуре «Менеджер рисков производства» разумно и рационально.

Вопрос об объединении «под крылом» риск-менеджера коммерческих и финансовых рисков, рисков нарушений требования государственного регулирования и других в этой статье не ставится и не решается.

Любопытно отметить разницу промышленности и страховой индустрии. Например, риск-менеджер (по функционалу) в кэптивной страховой компании является именно директором по менеджменту рисков (director, risk management), так как он отвечает за важнейшие направления основного бизнеса — сюрвей, обоснование нетто-ставки, урегулирование убытков, что является по сути единым процессом управления рисками, которые по процессам, процедурам, инструментам сильно отличаются от других направлений перестрахования, маркетинга, инвестиционной деятельности и т.д. Здесь менеджер рисков — это директор одного из направлений основного бизнеса, а вовсе не сервисная поддержка.

Как уже отмечалось выше, объем действий по управлению рисками безопасности крупного производства может потребовать дополнительных человеческих ресурсов или дополнительных ролей. Из практики известно о следующих ролях:

Единое ответственное лицо (ЕОЛ) цеха по рискам (single responsible person at the unit), уполномоченное на обеспечение «здоровья, развития и регулярной жизнедеятельности» процесса управления рисками безопасности производства цеха», штатный работник цеха, функционально подчиненный организатору управления рисками. Как общее правило, исполнитель роли ЕОЛ цеха по рискам — это заместитель начальника цеха или по технологии (технорук), или по оборудованию, или по производственной безопасности, если такая позиция имеется в организационной структуре.

Мастер инструментов (instrument master), эксперт (эксперты), уполномоченный директором по представлению организатора управления рисками на обеспечение «здоровья, развития и регулярной жизнедеятельности» инструментов управления рисками безопасности производства», линейный подчиненный организатора управления рисками. Исполнители этой роли могут состоять как в штате предприятия, так и привлекаться к работе по другим механизмам, поскольку их производственная цель — обеспечить готовность инструментов управления рисками, не является производственной целью цеха.

Состав команды мастеров инструмента существенно зависит от инструментария. Для второго поколения систем управления рисками это квалифицированные

ведущие и секретари риск-сессий, в настоящее время опыт привлечения специализированных подрядчиков для проведения модерируемых междисциплинарных сессий скорее негативный, а получаемые результаты необъективны, поскольку существенно зависят от ведущего, что нередко приводит к манипуляциям. С учетом этих обстоятельств штатная должность «ведущий риск-сессий» является более понятным решением для отсекаемого возможного недобросовестного поведения.

Для третьего поколения систем управления рисками это системные администраторы, обеспечивающие бесперебойную деятельность ПО «Цифровой двойник рисков», устойчивое функционирование ПО; надежное хранение данных и обучение/переобучение участников процесса управления рисками безопасности производств работе с ПО; поддержка пользователей. Роли и исполнители процесса управления рисками, выведенные с использованием вышеприведенного алгоритма для типовой организационной структуры и универсального процесса управления рисками безопасности производств, сведены на рис. 7.

На практике процессы управления необходимо измерять (для контроля со стороны руководства и для мотивации исполнителей), для чего разрабатываются и используются ключевые показатели эффективности или KPI (key performance indicators). На практике используется два вида показателей — контрольные и целевые (по своему физическому смыслу соответствуют необходимым и достаточным условиям достижения производственных целей).

Целевые (lagging) KPI — это метрики для измерения достижения поставленных производственных целей. Как правило, используются для оценки деятельности по итогам работы за определенный период организации (цеха, предприятия, дивизиона) в целом и персонально первых руководителей.

Контрольные (leading) KPI — это метрики для измерения правильности хода конкретных процессов управления производством. Как правило, используются для оценки деятельности конкретных исполнителей ролей процесса.

Важным достоинством контрольных KPI является возможность их применения для предупреждения отклонений и своевременного принятия мер по возвращению в штатное (запланированное) состояние.

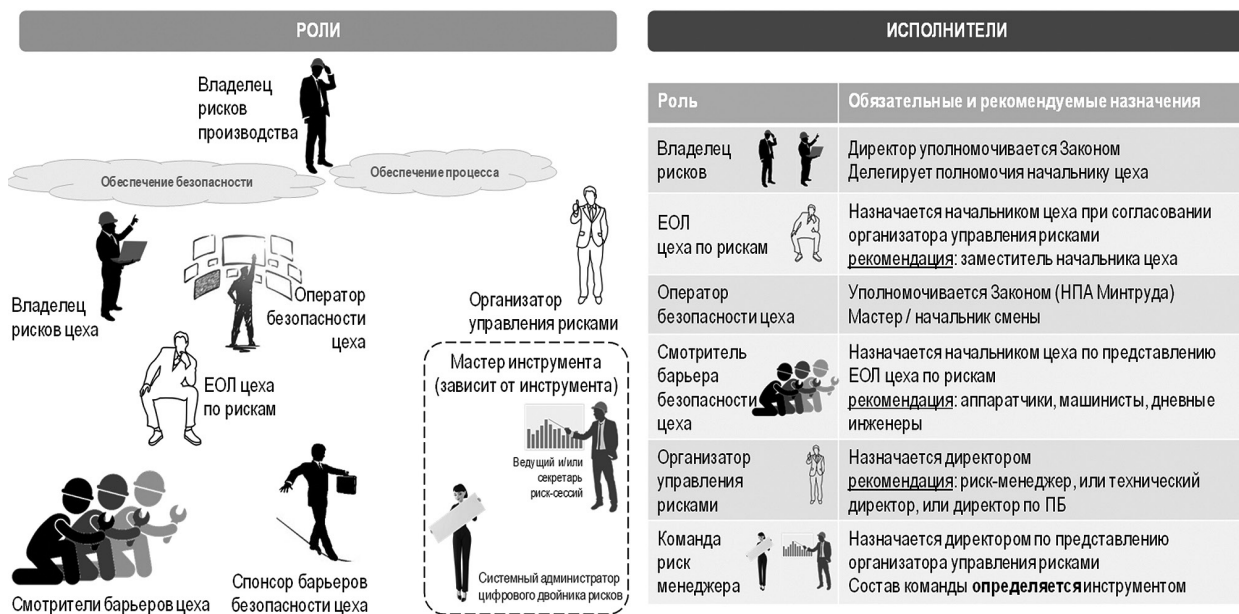


Рис. 7. Роли и исполнители процесса управления — менеджмента рисков безопасности производства
Figure 7. Roles and performers of the process safety risks management

3. Практика управления рисками

Излагаемый в этом разделе материал является по сути описанием математической модели [13, 14] системы управления рисками безопасности производства (для автоматизации / цифровизации — это модуль цифрового двойника рисков). Объем статьи не позволяет ввести необходимые обозначения и представить расчетно-вычислительные алгоритмы этой математической модели надлежащим образом. Вместо этого дается их краткое описание.

3.1. Оперативный уровень

Приемщиком решений на оперативном уровне в цехе (unit) является оператор безопасности. Эту роль на всех химических производствах в мире исполняет начальник смены (shift supervisor). Автору статьи не известны примеры, когда управление рисками безопасности на оперативном уровне ведется для группы цехов или производства в целом.

Начальник смены осуществляет оперативное управление цехом для достижения поставленных производственных целей. Производственная цель в области безопасности на оперативном уровне — обеспечить допустимость рисков безопасности производства в течение смены.

Сегодня, если судить по квалифицированному справочнику¹⁹, вышеуказанное требование не закреплено нормативно и поэтому в третьем поколении систем управления безопасностью должностные обязанности начальника смены должны включать действия по обеспечению безопасности. На языке математики начальник смены решает задачу оптимизации с ограничениями, детали зависят от специфики бизнеса. Например, максимизируемым показателем для него может быть установлен план «объем выпуск продукции (output)», при ограничении сверху — на «энергоэффективность (power efficiency)» (затраты электрической энергии, пара и так далее) и при ограничении снизу — на «качество продукции (product quality)». Важно, что предметом этой статьи не является рассмотрение ни производственных целей, помимо целей в области безопасности, ни соответствующих ключевых показателей безопасности.

Как отмечалось выше, рациональным результатом каскадирования целей в области безопасности на уровень начальника смены является производственная

¹⁹ Квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих (утв. постановлением Минтруда России от 21.08.1998 № 37) (ред. от 27.03.2018)

цель — «поддержание допустимости рисков безопасности производства в ходе нормальной эксплуатации/проведения технического обслуживания и ремонта». Важно понимать, что имеющиеся в непосредственном распоряжении начальника смены актуаторы это только регуляторы производственного процесса (задвиги, двигатели и т.п.) и часть оперативного персонала (аппаратчики и машинисты).

Наиболее сложный и ответственный момент при оперативном управлении безопасностью это принятие решения при достижении недопустимо высокого уровня риска. В этот момент возникает альтернатива «разгрузить/остановить цех (возможная потеря бонуса/премии)» или «продолжать производство (возможная авария/правонарушение)». Физический смысл этой альтернативы — потеря контроля над эскалацией. Поэтому для возможности эффективной работы начальника смены исполнитель этой роли, скорее всего обычный человек, а не гений, способный интуитивно предвидеть потерю контроля над эскалацией, должен заранее быть снабжен предварительно рассчитанными и обоснованными критическими значениями параметров состояния производства, которые позволят ему быстро и безошибочно принять решение об альтернативе.

Этот процесс допускает цифровизацию, поэтому расчет с контролируемой неопределенностью булевой величины «контроль эскалации» (со значениями «имеется» и «утерян») — это и есть одно из важнейших требований к инструментам управления рисками.

В интервале ситуаций производства от «штатная ситуация» до «потеря контроля над эскалацией» начальник смены «борется за плавучесть» производства, то есть стремится вернуть производство в штатную ситуацию [1], поддерживает допустимый риск.

Функции (действия) мастера / начальника смены, которые необходимо исполнять для достижения производственной цели в области безопасности, раскрываются и обоснованы ниже. По своему существу описываемые ниже действия являются стандартной операционной процедурой и на практике рекомендуется строить ее как принудительное прохождение обязательных действий, причем дисциплина направляется роботом. Робот подсказывает следующий шаг, чтобы не отклоняться от предписываемой последовательности, и контролирует правильность и полноту прохождения шага текущего.

Стандартную операционную процедуру СОП «Управление рисками безопасности производства начальником смены», используемую для поддержания допустимого риска при выходе из штатной ситуации, составляют действия:

Своевременное оповещение начальника смены о появлении предвестников [1]: выход за пределы норм технологического регламента; отказ оборудования; опасные действия и опасные условия, совершенные персоналом, а также по нарастающей при переходе к предаварийной ситуации (отказ барьера безопасности) или происшествию (потеря контроля над удержанием).

Апробированный формат оповещения о необходимости начала работы по управлению рисками — активация приборной панели по безопасности (дашборда текущих рисков), показывающей текущие значения уровня рисков (принцип «черный экран» для штатных ситуаций), и подача специальных сигналов оповещения (Предвестник! Предаварийная ситуация! Происшествие!) на мобильный коммуникатор начальника смены.

Ознакомление с причиной повышения риска, для чего начальник смены должен увидеть, где и какие события в области безопасности (предвестники, предаварийные ситуации или происшествия) появились, как они привязываются к технологической схеме, куда попадают на генплане цеха.

Физические основы, на которых строится система третьего поколения, исчерпывающе перечисляют возможные причины и тем самым однозначно определяют необходимую для принятия решения начальником смены информацию о причинах повышения риска. Возможный формат дашборда по причинам — графическая визуализация места и характера событий в области безопасности (предвестников, предаварийных ситуаций и/или происшествий).

Ознакомление с последствиями повышения риска, например с увеличением зон поражения, при реализации отдельных индивидуальных рисков или изменения паттерна карты потенциального риска.

Сегодня нет однозначного формата, естественно проистекающего из физических основ, представления данных о последствиях (в отличие от причин — смотри буллит выше). Поэтому сейчас идет поиск ожидаемой и удобной эксплуатационщиками визуализации последствий повышения риска, идет поиск

рационального формата дашборда по последствиям повышения рисков.

Ознакомление с прогнозом развития повышенного риска при продолжении эксплуатации по предусмотренным производственным планом смены СОП (повышение риска при переходе к другим режимам эксплуатации может повысить уровень рисков и даже сделать риски недопустимыми).

Формат соответствующего дашборда с прогнозом рисков отличается от дашборда текущих рисков (сами показатели безопасности не меняются) лишь тем, что дашборд с прогнозом показывает динамику, предсказывает уровень безопасности для случая продолжения эксплуатации в соответствии с производственным планом смены.

Принятие решения о действиях начальника смены в сложившейся ситуации. Это процесс до сих пор не нашел своего алгоритмического решения и поэтому здесь следует думать только о вариантах поддержки приемщика решений (см. разд. 2.4), а он может пойти по следующим направлениям:

- ничего не предпринимать, наблюдать и быть готовым к интервенции в будущем по мере развития предвестника. В любом случае идентифицированный предвестник должен быть зарегистрирован для дальнейшего осмысления;
- начать активно компенсировать повышение риска за счет реализации временных барьеров безопасности.

Выбор временных барьеров безопасности для компенсации эффекта возникших предвестников и снижения повысившегося риска потребует предоставить начальнику смены солидную поддержку. Ему потребуется видеть список возможных барьеров (с указанием их результативности в данном конкретном случае) и одновременно видеть прогноз результата реализации того набора временных барьеров безопасности, которые представляются начальнику смены наиболее рациональными (пока алгоритма формирования такого набора нет).

Для быстрого принятия решения начальником смены должны быть «подтащены» заранее продуманные и апробированные в прошлом временные решения, а также лучшие практики отрасли, для контроля угроз, наиболее подходящих, соответствующих возникшей нештатной ситуации, это есть дашборд по барьерам. Естественно, что необходимо обеспечить возможность видеонаблюдения в режиме реального времени тех участков цеха, к которым привязаны события в области безопасности, для этого целесообразно предусмотреть дашборд видеонаблюдения.

Возможный формат дашборда «Оперативное управление безопасностью цеха» представлен на рис. 8

Представляется целесообразным использовать для мотивации мастера/начальника смены два ключевых показателя эффективности достижения



Рис. 8. Дашборд «Оперативное управление безопасностью цеха» с 6 плитками (перспективный вариант)

Figure 8. Dashboard panel "Unit safety operative control" with 6 tiles (promising option)

производственной цели в области безопасности для текущей смены:

- плавный, как общее количество риска, превышающее плановые значения за смену. Не исключено, что его удобно измерять интуитивно понятными и наглядными показателями: возможное избыточное причинение вреда людям и возможные потери дохода производства из-за превышения плановых значений риска. Этот показатель хорош для поощрения и соревнования разных смен (даже в разных цехах, то есть в масштабе всего производства);

- резкий, как доля времени от продолжительности смены, при котором осуществлялась эксплуатация за пределами допустимости рисков. Этот показатель больше отвечает идее наказания, прямо указывая мастеру/начальнику смены, что такой уровень безопасности недопустим и что управление риском осуществлялось плохо (важно, чтобы такое наказание в случае остановки производства не накладывалось).

3.2. *Тактический уровень*

Приемщиком решений на тактическом уровне в цехе является владелец рисков цеха. Эту роль, как было обосновано выше, может принимать при делегировании полномочий директором производства только начальник цеха и никто другой.

Начальник цеха осуществляет тактическое управление цехом для достижения поставленных производственных целей. Производственная цель в области безопасности на тактическом уровне — обеспечить достижение плановых значений показателей безопасности производства цеха на периоде планирования. На практике основную массу управляющих воздействий по достижению производственных целей цеха, включая цели цеха в области безопасности, начальник цеха генерирует, производит в недельном цикле, в отличие от начальника смены, который принимает решение онлайн, т.е. мгновенно.

Физические основы такого темпа принятия решения таковы. Начальник цеха накапливает статистику событий в области безопасности — предвестников, предаварийных ситуаций и происшествий, — и анализирует эту статистику для выявления трендов. Результаты анализа статистики позволяют начальнику цеха рационально и обоснованно выстраивать предупреждение в несколько линий: предупреждать предвестники; укреплять барьеры безопасности; принимать

дополнительные меры для контроля событий «потеря удержания» (происшествие), чтобы избежать недопустимых рисков при нештатных ситуациях.

Вышеперечисленные действия не подсвечены в общих формулировках, описывающих обязанности начальника цеха как работу по совершенствованию организации производства, его технологии, механизации и автоматизации производственных процессов²⁰. Поэтому в третьем поколении систем управления безопасностью должностные обязанности начальника смены должны включать действия по предупреждению событий в области безопасности для достижения производственной цели цеха в области безопасности (плана по рискам).

Функции (действия) начальника цеха, которые необходимо исполнять для достижения его производственной цели в области безопасности, раскрываются и обоснованы ниже. По своему существу описываемые ниже действия являются стандартной операционной процедурой и на практике рекомендуется строить ее как принудительное прохождение обязательных действий без «перепрыгивания» и «срезания углов», причем дисциплина направляется роботом. Робот подсказывает, что и как надо сделать на следующем шаге и контролирует полноту его исполнения, и только получение достоверных подтверждений правильности пройденного шага разрешает дальнейшие действия и указывает, что конкретно необходимо делать (если нужно — голосом; если нет — дисциплиной ознакомления с дашбордом и принятием обязательных решений).

Стандартную операционную процедуру СОП «Управление рисками безопасности производства начальника цеха», используемую для достижения плановых значений показателей безопасности производства цеха на периоде планирования, составляют действия:

- Накопление данных по динамике показателей состояния производства цеха за неделю (план/факт для выпуска продукции и количества работающих штатных сотрудников и подрядчиком), включая мониторинг исполнения решений по реализации временных барьеров безопасности (план/факт). Данные по потребляемым людским ресурсам требуются для расчета показателей безопасности, которые все являются удельными величинами.

²⁰ Квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих (утв. постановлением Минтруда России от 21.08.1998 № 37) (ред. от 27.03.2018).

Требования к инструменту поддержки исполнения СОП — автоматизированная (а лучше цифровая). База данных по входным и выходным потокам, включая человеческие ресурсы и исполнению решений по временным барьерам безопасности производства цеха и дашборд производство план/факт.

- Накопление данных по фактам возникновения и длительности событий в области безопасности (СВОБ) от момента появления до окончания восстановления: предвестников (выход на нормы технологического режима, отказ оборудования, опасные действия и опасные условия); предаварийных ситуаций (отказ барьеров безопасности); происшествий (случаев потери контроля над удержанием) [1].

Требования к инструменту поддержки исполнения СОП — автоматизированная (а лучше — цифровая). База данных по СВОБ производства цеха и дашборд СВОБ план/факт.

- Поиск решений по временным барьерам безопасности для изменения трендов, показывающих рост СВОБ на основе анализа накопленных сведений из базы данных по входным и выходным потокам, включая человеческие ресурсы, и исполнения решений по временным барьерам безопасности производства цеха, а также базы данных по СВОБ производства цеха с учетом лучшей практики отрасли по контролю угроз производства.

Требования к инструменту поддержки исполнения СОП — калькулятор (только цифровой) для прогноза зависимости трендов СВОБ и показателей безопасности от возможных временных барьеров безопасности, включающий дашборд по временным барьерам и дашборд результативности (временных барьеров).

Последнее действие СОП — это представление предложений (в пределах лимита ответственности начальника цеха) по временным барьерам безопасности с обоснованием (прогнозом) их результативности. Представленные материалы должны дать ответ — удастся ли переломить негативные тренды или нет?

Возможный формат дашбордов «Тактическое управление безопасностью цеха» представлен на рис. 9.

3.3. Стратегический уровень

Управление рисками на стратегическом уровне изначально, начиная с первых работ по анализу опасностей и работоспособности [6], являлось первоочередным

предметом исследований, и сегодняшнее состояние вопроса прекрасно представлено в работе [23]. Тем не менее, представляется правильным включить в текст статьи следующее замечание.

На стратегическом уровне за обеспечение безопасности производства во всех цехах уполномочен директор предприятия. Как показывает практика, во главе многих предприятий находятся эффективные менеджеры, прекрасно знающие технику управления по целям и профессионально эту технику реализующие, но не всегда хорошо знакомые с производством и практически не готовые управлять рисками безопасности производств на своих предприятиях. В связи с этим главным затруднением для перехода на систему управления рисками безопасности производств третьего поколения станет не отсутствие необходимых компетенций у менеджеров высшего звена, а отсутствие ясной постановки цели бизнеса в области безопасности с уровня Совета директоров (акционеров). На практике измеримые производственные цели в области безопасности либо не ставятся вообще, либо ставятся на уровне лозунга, где упоминается только одно значение (например, ноль), а сама метрика достижения цели не устанавливается и управляющие воздействия не обсуждаются и не раскрываются. В таких условиях каскадирование целей не имеет смысла.

Разумно предположить, что никаким администрированием вышеупомянутого главного затруднения снять невозможно. Однако следует верить рыночным механизмам. Практикам хорошо известно, что безопасность и эффективность коррелируют очень сильно. Чем ниже уровень рисков производственной безопасности, тем лучше показатели экономической эффективности. Одним из рациональных объяснений этого закона природы является то, что сам принцип использования для управления безопасностью математических моделей переносится на эффективность и позволяет управлять операционными рисками значительно результативнее, чем это возможно сделать, например, в бережливом производстве, где само понятие риска вообще исключено из рассмотрения.

По этой причине требования по уровню подготовки и потребных компетенций директоров для обеспечения безопасности производства на стратегическом уровне в этой статье не обсуждаются.

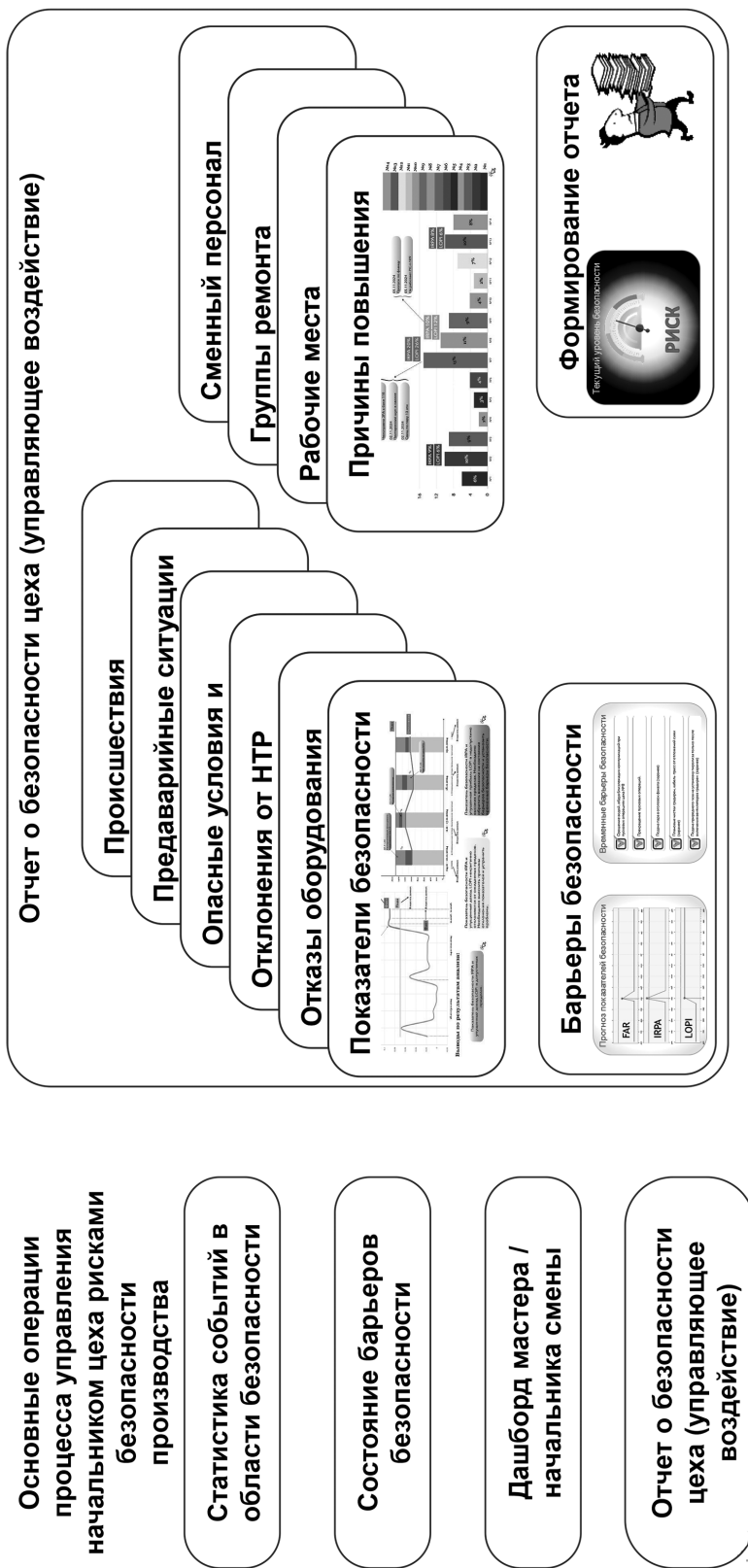


Рис. 9. Дашборды «Тактическое управление безопасностью цеха» (перспективный вариант)
 Figure 9. Dashboards "Unit safety tactical management" (promising option)

4. Образ результата

Этот раздел предназначен для руководителя-практика, которому необходимо одним взглядом (at one glance) оценить как ожидаемые преимущества, так и необходимые усилия для перехода на третье поколение систем управления безопасностью производства.

Ожидаемые выгоды. Только третье поколение систем управления рисками способно реализовать практическое достижение цели НОЛЬ в области безопасности, которое раскрывается формулой [1] (и дается лозунгом) «нулевой травматизм, нулевая аварийность, нулевые внеплановые потери». Третье поколение систем управления рисками безопасности производств можно охарактеризовать как современный деловой подход к обеспечению безопасности производств:

- подход, основанный на синтезе передовых разработок в области управления (контроля и менеджмента) процессами;
- подход, предлагающий инструменты, соответствующие сложности процессов управления рисками безопасности производства. Ранее такие инструменты отсутствовали из-за несовершенства компьютерных технологий;
- подход, интегрированный в управление бизнесом через производственные цели в области безопасности. Его парадигмой является неуклонное и рациональное движение производства к цели НОЛЬ в области безопасности через измерение целевых показателей безопасности и непрерывного совершенствования барьеров безопасности на основе лучших практик отрасли и внедрения инновационных технологий и новой техники.

Появление новой парадигмы было бы невозможно без появления понимания физической природы безопасности (что позволило бы достоверно оценить потоки информации по управлению рисками) и новых, ранее не доступных, возможностей цифровых технологий быстро работать с огромным объемом информации. Технически в новой парадигме провозглашается возможность рационального распределения ресурсов между усилиями по обеспечению надежности оборудования, наблюдаемости материальных потоков и правильности выполнения СОП людьми. Последнее направление в связи с успехами внедрения роботоподсказчиков позволяет говорить и о возможности снижения рисков от опасных действий и опасных условий до пренебрежимо малого уровня при весьма бюджетных затратах.

Экономически инвестиции в оборудование рациональны, но и там риски событий потери удержания также могут быть сделаны незначительными, что позволяет говорить о достижении цели НОЛЬ как о практической задаче. Конечно, с академической точки зрения цель НОЛЬ недостижима в принципе, но практики не видят особой разницы между нулем и пренебрежимо малой величиной.

Процессы управления безопасностью в системах третьего поколения: становятся более зрелыми по сравнению с процессами второго поколения; укрепляются в цикле управления производством на всех уровнях управления (начальник смены, начальник цеха, директор производства); но окончательно исключают действия по обеспечению надлежащего соблюдения применимых требований безопасности государственного регулирования страны пребывания (см. разд. 1).

Сами процессы управления кратко можно охарактеризовать следующим образом (развернутое описание теоретических и практических основ контроля и менеджмента рисками дано выше, в разд. 2 и 3). Планируются базовые барьеры безопасности, обеспечивающие достижение целевых показателей безопасности и сбалансированные в бюджете производства. В ходе эксплуатации вводятся временные барьеры безопасности для удержания рисков в допустимых пределах. Объективно оцениваются как промежуточные результаты (контрольные показатели), так и результаты достижения поставленных производственных целей в области безопасности (целевые ключевые показатели эффективности), в том числе для адресной индивидуальной мотивации каждого исполнителя роли в зависимости от полученного всей командой результата и личных усилий каждого конкретного работника.

Ролевая модель также становится более зрелой. Управление рисками безопасности делегируется с необходимыми полномочиями каждому работнику предприятия (в разд. 2 и 3 представлен инженерный алгоритм создания ролевой модели, наглядно демонстрирующий возрастание зрелости системы управления в части «матриц ответственности» типа RACI Chart). Делегирование не требует увеличения штатной численности персонала или обслуживающих подрядных организаций, поскольку достижение целей в области безопасности каскадируется каждому работнику и ее достижение включается в его должностные обязанности. Каскадирование производственных

целей и делегирование полномочий создает прочную инженерную основу для справедливой мотивации участников производства.

Основным инструментом является количественный анализ рисков (построение математических моделей возникновения и развития проявлений риска на конкретном производстве), используемый для получения достоверных значений показателей безопасности и оценки результативности существующих или планируемых барьеров безопасности. Достоинства подхода к обеспечению безопасности третьего поколения очевидны:

- практическая возможность неуклонно и разумно двигаться к цели НОЛЬ в рамках стандартного цикла управления бизнесом (PDCA);
- цели в области безопасности ставятся самим бизнесом, без ущерба для операционной эффективности (для смягчения риска, соответствующего текущим финансовым возможностям), при этом гарантированно обеспечивается выполнение государственных требований в области безопасности страны пребывания.

Автор считает целесообразным более подробно изложить основные рекомендации по практическому применению этого подхода в следующих статьях, поскольку обсуждение рекомендаций без учета современных инструментов управления рисками безопасности производств может оказаться неэффективным.

Заключение

Рассмотрение текущей практики управления безопасностью химических производств в рамках теории управления сложными системами позволяет отчетливо различить принципиально разные:

- процессы управления: управление — контроль (control) и управление — менеджмент (management), которые одновременно ведутся на практике;
- уровни управления: оперативный (начальник смены, оператор безопасности), тактический (начальник цеха, владелец рисков) и стратегический (владелец бизнеса), на каждом из которых безопасностью и рисками управляют по-своему, в зависимости от специфики уровня.

В рамках возможного в представленной статье раскрыты особенности и специфика целей, процессной и ролевой модели, ключевых целевых и контрольных показателей эффективности контроля и линейного менеджмента безопасностью и рисками.

Делается важное для практики заключение, что только третье поколение систем управления рисками способно реализовать практическое достижение цели НОЛЬ в области безопасности, которое раскрывается формулой [1] (и дается лозунгом) «нулевой травматизм, нулевая аварийность, нулевые внеплановые потери».

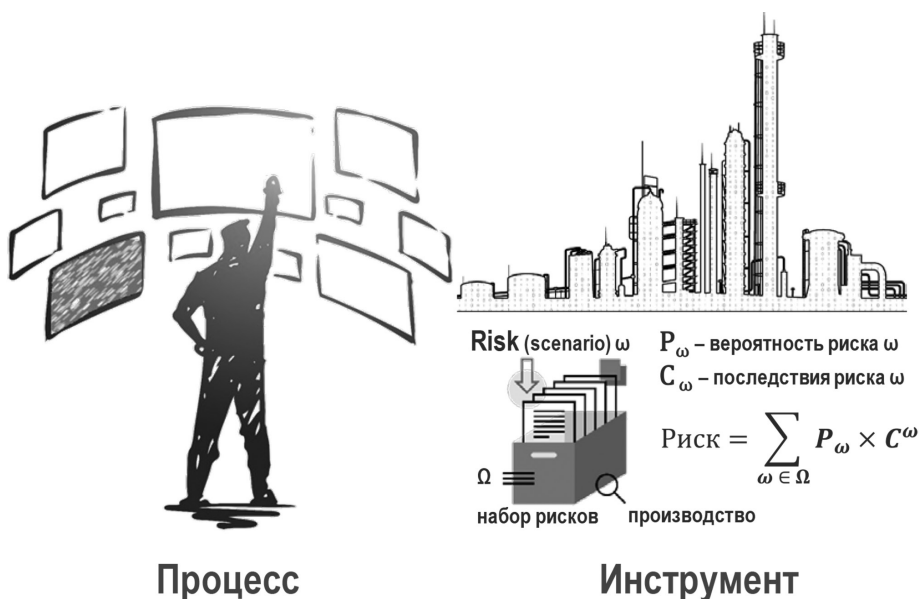


Рис. 10. Третье поколение систем управления рисками безопасности химических производств

Figure 10 Third-generation systems for controlling and managing chemical processes safety risks

Рассмотрев имеющие физический смысл управляющие воздействия и обусловленные ими алгоритмы регулирования и менеджмента рисками, стало возможным сформулировать минимально необходимые для практики требования к инструментам управления для их естественного встраивания в бизнес-процессы предприятий. Прежде всего инструменты управления рисками для обеспечения управляемости химическими производствами [1], должны:

- предоставлять структурированные данные по угрозам производства, а именно сведения о частях основной системы удержания и материальных потоках, контролируемой достоверности, полноте и актуальности. Такой инструмент (база данных) обеспечивает автоматическую без участия человека и проведения всевозможных риск-сессий или «охот на риски» идентификацию рисков;

- предоставлять структурированные данные по барьерам безопасности контролируемой достоверности, полноты и актуальности;

- достоверно прогнозировать (предсказывать) вероятность и последствия рисков, а также их агрегатов (показателей безопасности);

«Далеко не каждый инструмент, заявленный как инструмент управления рисками, удовлетворяет вышеперечисленным минимальным требованиям. На практике использование негодных инструментов дает недостоверные прогнозы и оценки, что неизбежно влечет недостижение целей в области безопасности и эффективности (нерациональное, подчас разорительное потребление ресурсов).

Список источников [References]

1. Черноплеков А. Н. Безопасность и риски химических производств // Проблемы анализа риска. 2024. Т. 21. № 5. С. 10–35 [Chernoplekov A. N. Safety and risks of chemical processes // Issues of Risk Analysis. 2024;21(5):10–35. (In Russ.)]
2. CCPS Guidelines for Risk Based Process Safety NY; AIChE, 2007 John Wiley & Sons pp. 857.
<https://doi.org/10.1002/9780470925119>
3. Маршалл В. К. Основные опасности химических производств // перевод с англ.: Г. Барсамян, А. Двойнишников, М. Макстенек. М.: Мир, 1989. 671 с. ISBN 5-03-000990-6 [Marshall V. K. The main dangers of chemical production // translation from English: G. Barsamyanyan, A. Dvoinishnikov, M. Makstenek. M.: Mir, 1989. 671 p. ISBN 5-03-000990-6]
4. Бесчастнов М. В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение // М. Химия, 1991. 432 с. [Beschastnov M. V. Industrial explosions. Assessment and warning // M. Chemistry, 1991. 432 p. (In Russ.)]
5. Радионова С. Г., Махутов Н. А., Черноплеков А. Н., Караев А. Э. Совершенствование нормативного регулирования промышленной безопасности с учетом необходимости стимулирования инновационной деятельности предприятий // Федеральный Справочник, № 26, август 2012, С. 291–306 [Radionova S. G., Makhutov N. A., Chernoplekov A. N., Karaev A. E. Improvement of regulatory regulation of industrial safety, taking into account the need to stimulate innovative activities of enterprises // Federal Directory, No. 26, August 2012, pp. 291-306 (in Russ.)]
6. Lawley H. G. Operability Studies and Hazard Analysis // Chemical Engineering Progress, 1974, April, Vol. 70, No 4, pp. 45–56
7. Rasmussen, Professor Norman C.; et al. (October 1975). “Reactor safety study. An assessment of accident risks in U. S. commercial nuclear power plants. Executive Summary”. Wash-1400 (Nureg-75/014). Rockville, MD, USA: Federal Government of the United States, U. S. Nuclear Regulatory Commission.
8. The Public Inquiry into the Piper Alpha Disaster. The Hon Lord Cullen. Volume One. // London: HMSO, 1990-1-254 pp.
9. The Public Inquiry into the Piper Alpha Disaster. The Hon Lord Cullen. Volume Two. // London: HMSO, 1990-255-488 pp.
10. Lord Cullen of Whitekirk. Piper Alpha Perspectives. // The Chemical Engineer, 2018 July /August 2018 (Issue 925/926)
11. Дроняев О. И., Мартынюк В. Ф. О применении метода «Анализ опасности и работоспособности» при анализе риска аварий на производственных объектах // Безопасность жизнедеятельности. 2023. № 11. С. 41–47 [Dronyaev O. I., Martynyuk V. Ph. On the application of the method “Hazard and operability studies” in the analysis of the risk of accidents at production facilities // Bezopasnost' Zhiznedeyatel'nosti. 2023;(11):41–47 (In Russ.)]
12. Дроняев О. И., Мартынюк В. Ф. Подготовка и проведение собраний в методе «Анализ опасности и работоспособности» при анализе риска аварий на производственных объектах // Безопасность жизнедеятельности. 2024. № 10. С. 48–56 [Dronyaev O. I., Martynyuk V. Ph. Preparation and organization of the sessions preparation and organization of meetings when using the method “Hazard and operability studies” for the analysis

- of the risk of accidents at production facilities // *Bezopasnost' Zhiznedeyatel'nosti*. 2024;(10):48–56. (In Russ.)
13. Краснощеков П. С. Принципы построения моделей / П. С. Краснощеков, А. А. Петров. М.: Изд-во МГУ, 1983. 264 с. [Krasnoshchekov P. S. Modeling Principles / P. S. Krasnoshchekov, A. A. Petrov. M.: Publishing House of Moscow State University, 1983–264 p. (In Russ.)]
 14. Самарский А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. / А. А. Самарский, А. П. Михайлов — М.: Наука. Физматлит, 1997. — 320 с. [Samarsky A. A. Mathematical modeling: Ideas. Methods. Examples / A. A. Samarsky, A. P. Mikhailov M.: Science. Fizmatlit, 1997. 320 p. (In Russ.)]
 15. Свод знаний по управлению бизнес-процессами BPM СВОК 3.0: перевод с английского / [научные редакторы Белайчук А. А., Елиферов В. Г.] М.: АПУБП, 2015. 432 с. ISBN 978-5-9906716-0-7 [Body of knowledge on business process management BPM СВОК 3.0: transl. from Engl. / [scientific editors Belaychuk A. A., Eliferov V. G.] M.: APUBP, 2015. 432 p. ISBN 978-5-9906716-0-7 (In Russ.)]
 16. Звено управления организацией: что это и какие виды существуют // Генеральный директор. 2019. № 5 URL: <https://www.gd.ru/articles/10288-zveno-upravleniya-eto> [Organization management link: what these are and what types exist // Director General. 2019. № 5. URL: <https://www.gd.ru/articles/10288-zveno-upravleniya-eto> (In Russ.)]
 17. Sklet, Snorre. (2006). Safety barriers: Definition, classification, and performance. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 19. 494–506. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2005.12.004>
 18. Жуков И. С. Барьеры безопасности: понятие, классификация, концепции // *Безопасность труда в промышленности*. 2017. № 5. С. 49–56. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2017-5-49-56> [Zhukov I. S. Safety Barriers: Notion, Classification, Concepts // *Occupational Safety in Industry*. 2017;(5):49–56. (In Russ.) <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2017-5-49-56>]
 19. Гастев А. К. Как надо работать: практическое введение в науку организации труда / А. К. Гастев; под общ. ред. Н. М. Бахраха [и др.]. Изд. 3-е. М.: Либроком, 2011. 477 с. ISBN 978-5-397-01984-2 [Gastev A. K. How to work: a practical introduction to the science of labor organization / A. K. Gastev; under the general. ed. N. M. Bahrakh [et al.]. Ed. 3rd. M.: Librocom, 2011. 477 p. ISBN 978-5-397-01984-2. (In Russ.)]
 20. Коннов Д. В. Я пытаюсь отучить сотрудников от слова agile / *Harvard Business Review — Россия*, 2019, Октябрь 1 (интервью) / URL: <https://plastinfo.ru/information/articles/700/> [Konnov D. V. I am trying to wean employees from the word agile / *Harvard Business Review — Russia*, “2019, October 1 (interview) / URL: <https://plastinfo.ru/information/articles/700/> (In Russ.)]
 21. Галилей Г. Избранные труды в двух томах. Т. 1. / Составитель У. И. Франкфурт. М.: Наука. 1964. С. 242 [Galileo G. Selected works in two volumes. T.1 / Compiled by U.I. Frankfurt. M.: Science / 1964. P. 242]
 22. Brennan Kevin (2009). A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge (BABOK Guide) / *International Institute of Business Analysis*. 271 p. ISBN 978-0-9811292-1-1
 23. Быков А. А. Методологические и прикладные основы управления рисками предприятия и безопасностью населения и окружающей среды: моногр. / А. А. Быков, В. Э. Зайковский; под общ. ред. чл.кор. РАН Н. А. Махутова. Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2022. 617 с. ISBN 978-5-86889-954-6 [Bykov A. A. Methodological and applied foundations of enterprise risk management and public and environmental safety: monogr. / A. A. Bykov, V. E. Zaikovsky; under general. ed. Corr. Member of RAS N. A. Makhutov. Publishing House Tomsk. State University of Control Systems and Electronics, 2022. 617 p. ISBN 978-5-86889-954-6. (In Russ.)]

Сведения об авторе

Черноплёков Алексей Николаевич: кандидат физико-математических наук, член Общества Ассоциация риск-менеджмента «Русское общество управления рисками» (РусРиск)
 Количество публикаций: более 210
 Область научных интересов: управление рисками безопасности производств и персонала
Контактная информация:
 Адрес: 119602, г. Москва, ул. Никулинская, 27–129
alexei.chernoplekov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию: 31.10.2024
 Одобрена после рецензирования: 11.11.2024
 Принята к публикации: 12.11.2024
 Дата публикации: 27.12.2024

The article was submitted: 31.10.2024
Approved after reviewing: 11.11.2024
Accepted for publication: 12.11.2024
Date of publication: 27.12.2024