

Научное обеспечение основ государственной политики в области промышленной безопасности

А.Л. Рыбас, д-р экон. наук, статс-секретарь – зам. руководителя (Ростехнадзор, Москва, Россия), **Н.А. Махутов**, чл.-кор. РАН, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник, kei51@mail.ru, **М.М. Гаденин**, канд. техн. наук, вед. науч. сотрудник (ИМАШ РАН, Москва, Россия), **А.С. Печёркин**, д-р техн. наук, проф., первый зам. ген. директора (ЗАО НТЦ ПБ, Москва, Россия), **В.А. Надеин**, ген. директор (ООО «НГБ-Энергодиагностика», Москва, Россия)

Основами государственной политики Российской Федерации в области промышленной безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу предусмотрен комплекс мер правового, экономического, научно-технического, контрольно-надзорного характера по проектированию, строительству и эксплуатации опасных промышленных объектов. Важное место занимают проблемы научной поддержки и научного обеспечения формирования и реализации государственной политики. Развитая и широко применяемая в нашей стране и за рубежом официально принятая научно-методическая база основывается на обширном статистическом материале о возникновении эксплуатационных отказов, происшествий, инцидентов, аварий на опасных производственных объектах. Ее конечные цели — количественный анализ рисков и построение матриц рисков с их категорированием по уровню возможности (вероятности) возникновения опасных состояний и степени тяжести их последствий. Особую актуальность приобретает научное обоснование промышленной безопасности по взаимоувязанным кинетическим количественным критериям повреждений на всех стадиях жизненного цикла объектов, которые могут служить научной основой для оценки текущего состояния опасных производственных объектов, назначения методов, средств, периодичности контроля, надзора и мониторинга, а также проведения ремонтно-восстановительных работ и определения срока безопасной эксплуатации технических устройств. При таком подходе будут использованы не только уже реализованные в системе Ростехнадзора требования, но и результаты последних достижений в фундаментальных теориях катастроф, безопасности и рисков в академических, отраслевых и учебных институтах и научных центрах.

Ключевые слова: безопасность, государственная политика, риск аварии, опасный производственный объект, требования промышленной безопасности, научное обоснование, контроль, диагностика, мониторинг, надзор.

DOI: 10.24000/0409-2961-2018-11-7-14

Постановка целей и задач государственной политики

Указом Президента Российской Федерации В.В. Путина от 6 мая 2018 г. № 198 утверждены Основы государственной политики Российской Федерации в области промышленной безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу (далее — Основы) [1], разработанные с участием специалистов Ростехнадзора и Российской академии наук (РАН) [2]. Этим Указом Правительству Российской Федерации поручено обеспечить реализацию этих Основ, утвердить соответствующий план мероприятий и осуществлять контроль за реализацией с представлением ежегодного доклада Президенту Российской Федерации.

В структуру Основ, согласно пп. 1–4 [1], включены исходные основные элементы промышленной безопасности, являющейся (рис. 1) составной частью национальной безопасности.

При реализации государственной политики в области промышленной безопасности [1], в соответствии с Конституцией Российской Федерации [3], целями обеспечения национальной безопасности [4] и Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ

«О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (далее — Федеральный закон № 116-ФЗ) [5], необходимо анализировать, формировать и развивать механизмы научно-технического и методологического сопровождения государственного регулирования промышленной безопасности по критериям рисков. При этом в [1] предусмотрены внедрение риск-ориентированного подхода, развитие методов анализа рисков и информационных технологий, создание системы дистанционного мониторинга состояния промышленных объектов, развитие методов экспертизы, контроля и надзора за промышленной безопасностью, а также системы повышения квалификации и аттестации кадров.

На протяжении более двух десятилетий действия Федерального закона № 116-ФЗ [5] совместными усилиями Ростехнадзора, РАН, Торгово-промышленной палаты (ТПП) Российской Федерации, Российского союза промышленников и предпринимателей (РСПП) создана исходная научная и нормативная база по обоснованию, регулированию, надзору и обеспечению промышленной безопасности. Она была использована Правительством Российской Федерации в целой серии соответству-



▲ Рис. 1. Структура основ национальной безопасности
▲ Fig. 1. Structure of national security fundamentals

ющих постановлений и распоряжений по основополагающим вопросам повышения промышленной безопасности.

Результаты выполненных научно-технических и методических разработок по проблемам промышленной безопасности получили свое отражение в многотомной серии «Безопасность России», включая тома по промышленной, ядерной и радиационной безопасности, в систематических публикациях журнала «Безопасность труда в промышленности», в сборниках информационно-технических центров по промышленной, ядерной и радиационной безопасности [6–10].

Научная сторона поддержки принятия решений по обоснованию и обеспечению промышленной безопасности разрабатывалась ведущими академическими институтами (Институт государства и права РАН, Институт машиноведения РАН, Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Институт безопасного развития атомной энергетики РАН, Институт геоэкологии РАН, Институт проблем управления РАН, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН); отраслевыми научными институтами — ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России», а также научно-техническими структурами Ростехнадзора (НТЦ ПБ, НТЦ ЯРБ) и подразделениями РСПП и ТПП, экспертными союзами, экспертными и научными организациями (НПС «Риском», НГБ «Энергодиагностика», ЗАО НТЦ ПБ и др.).

Наиболее значимыми научные, методические, научно-технические и экспертные разработки Рос-

технадзора и РАН были при реализации в России крупнейших инфраструктурных проектов («Сахалин-1», «Сахалин-2», «Каспийский трубопроводный консорциум», «Голубой поток», трубопроводная система «Восточная Сибирь — Тихий океан», морская ледостойкая стационарная платформа «Приразломная», восстановление Саяно-Шушенской ГЭС).

Состояние научной поддержки безопасного функционирования промышленных объектов

В действующей в настоящее время правовой, нормативно-технической и надзорной системе по промышленной безопасности ключевыми являются следующие основные научные принципы, методы и критерии (рис. 2).

Сложившаяся во второй половине XX в. научная основа нормативно-технической базы промышленной безопасности исходила из необходимости соблюдения детерминированных требований и правил техники безопасности по допустимым расстояниям между объектами, по созданию защитных систем, по плановому выполнению контрольных и ремонтно-восстановительных работ, назначенных сроков службы $[\tau_c]$, по выводу объектов из эксплуатации после выработки назначенных сроков службы, по установлению и соблюдению норм предельно допустимых концентраций:

проектирование опасных производственных объектов (ОПО) на основе детерминированных расчетов на прочность, жесткость и устойчивость несущих элементов по допускаемым напряжениям $[\sigma]$ и запасам прочности n_σ ($n_\sigma \geq 1$) с применением методов сопротивления материалов, строительной механики, теорий стержней, пластин и оболочек;

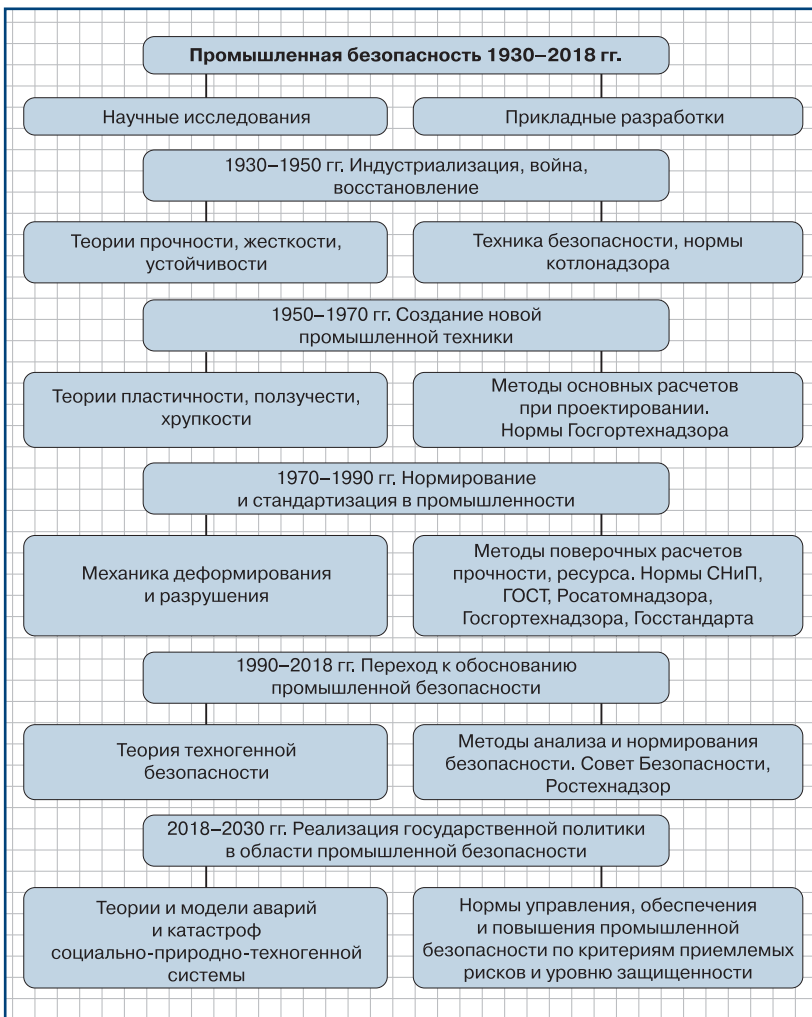
изготовление, строительство и эксплуатацию ОПО осуществляли с соблюдением норм и правил технологических процессов, исключающих возникновение дефектов ℓ в несущих элементах сверх допустимых по нормам $[\ell]$.

Основными расчетными выражениями тогда были

$$\sigma_{\max} = F_\sigma \{Q_{\max}, F_0\} \leq [\sigma] = \sigma_{on} / n_\sigma, \quad (1)$$

где σ_{\max} , Q_{\max} — максимальные напряжения и нагрузки при эксплуатации; F_0 — параметры опасного сечения рассчитываемого элемента (площадь, момент сопротивления); σ_{on} — опасное напряжение для используемого конструкционного материала.

На рубеже XX–XXI вв. с введением в действие Федерального закона № 116-ФЗ [5] в дополнение и развитие указанной выше ранее сложившейся науч-



▲ Рис. 2. Основные этапы научных исследований и практических разработок по промышленной безопасности

▲ Fig. 2. Main stages of the scientific researches and practical developments on industrial safety

ной и нормативной базы были усовершенствованы следующие направления расчетно-экспериментального обоснования безопасности ОПО:

к основным проектным расчетам добавлены поверочные расчеты на циклическую долговечность $N_3 \leq [N]$ и временной ресурс $\tau_3 \leq [\tau_c]$, на развитие дефектов типа трещин $\ell_3 \leq [\ell]$, на допустимые экстремальные (максимальные и минимальные) температуры эксплуатации $t_3 \leq [t]$, на допустимые в эксплуатации радиационные потоки $\Phi_3 \leq [\Phi]$.

В дополнение к (1) основными расчетными выражениями стали

$$\{N_3, \tau_3, t_3, \ell_3, \Phi_3\} \leq \left\{ \frac{N_{on}}{n_N}, \frac{\tau_{on}}{n_\tau}, \frac{t_{on}}{n_t}, \frac{\ell_{on}}{n_\ell}, \frac{\Phi_{on}}{n_\Phi} \right\}, \quad (2)$$

где индекс «э» означает величину соответствующего параметра в эксплуатации; «on» — опасное значение параметра; n — запас по соответствующему параметру.

Кроме того, стали развиваться научные методы вероятностного обоснования безопасности. Это в первую очередь коснулось нормирования проч-

ности [11], а также теоретических расчетов, экспериментальных исследований [12] ресурса и безопасности атомных электростанций. В этом случае в качестве базового научного принципа обеспечения безопасности выдвигалось требование заданного уровня вероятности

$$P_3 \leq [P] \quad (3)$$

самой тяжелой катастрофы с выходом радиоактивности за пределы реакторной установки. Такое требование заставляло уточнить и существенно регламентировать в (1) и (2) уровень запасов n прочности, ресурса, трещиностойкости и живучести объектов. Такой подход был расширен на объекты космической и авиационной техники. В поверочные расчеты включены новые результаты научных исследований в области теорий пластичности, ползучести, термоциклической прочности, механики разрушения, математической статистики.

Применительно к ОПО нефтегазохимии, строительства, энергетики, гидротехники, горнодобывающей промышленности, в соответствии с Федеральным законом № 116-ФЗ [5], все в большей степени стали развиваться и использоваться теория и методология анализа рисков промышленных аварий. Отечественный и зарубежный опыт двух последних

десятилетий дал возможность перехода на риск-ориентированные подходы в области обоснования промышленной безопасности, особенно в тех случаях, когда функционирующие ОПО перестают отвечать современным требованиям безопасности.

Современной научной базой таких подходов в нашей стране и за рубежом [6–10, 12–14] являются статистические и вероятностные методы с построением трех расчетных схем: деревья событий, деревья отказов, матрицы рисков. Первые две позволяют вычислять вероятности P_i опасных (неблагоприятных) i -х событий и их последовательностей, ведущих к возникновению и развитию аварийных ситуаций в эксплуатации. Тогда с учетом (3) для данного ОПО на заданной временной стадии эксплуатации τ_3

$$P_3 = F\{P_{3i}\} \leq [P] = P_{on}/n_p, \quad (4)$$

где P_{3i} оценивается по данным о техническом состоянии объекта и по статистической информации о частоте P_{on} опасных отказов и разрушений на данном этапе эксплуатации объектов; n_p — запас

по вероятности P (частоте) отказов и разрушений. Функционалы F в выражениях (1) и (4) могут иметь форму различной степени сложности: сумм, произведений, степенных и экспоненциальных зависимостей.

В зависимости от параметров и последствий (ущербов) U реализации опасных ситуаций на ОПО проводится расчетный анализ зон поражения персонала и населения, объектов техносферы и природной среды.

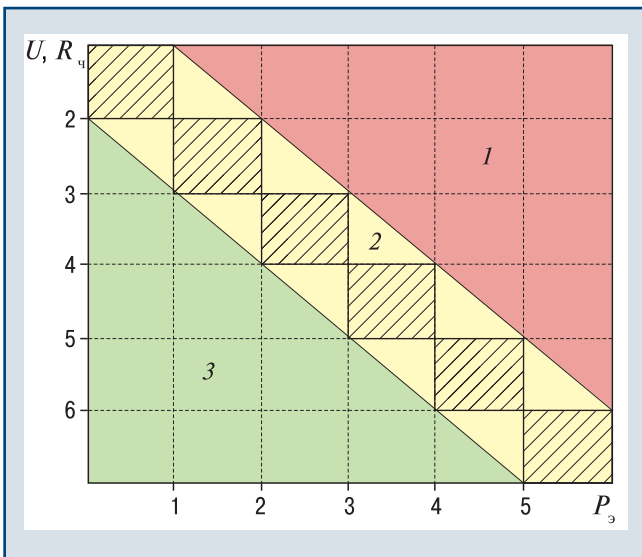
Современные аналитические зависимости и программные комплексы позволяют количественно рассматривать последние, наиболее тяжелые ситуации: выбросы опасных веществ W , образование опасных газоздушных смесей, пожары, дефлорацию, детонацию с поражениями от ударных и тепловых полей.

Базовым расчетным критерием анализа и нормирования промышленной безопасности принимается риск R_q потери человеческих жизней — индивидуальный или коллективный

$$\{U_{э}, R_{э,ч}\} \leq \{[U], [R_q]\} = \left\{ \frac{U_{он}}{n_u}, \frac{R_{ч он}}{n_R} \right\}, \quad (5)$$

где $U_{э}, R_{э,ч}$ — расчетные ущербы и риски на данной стадии эксплуатации объекта; $[U], [R_q], U_{он}, R_{ч он}$ — допустимые и опасные (неприемлемые) ущербы и риски; n_u, n_R — запасы по ущербам и рискам ($n_u \geq 1; n_R \geq 1$).

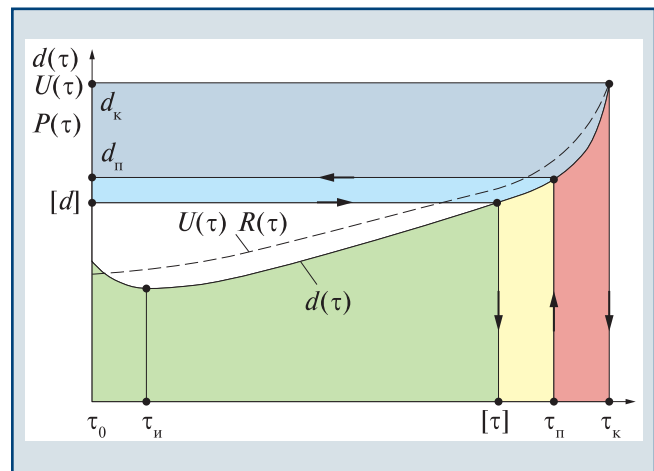
По величинам U и R_q формируются условия промышленной безопасности. На этой основе строятся матрицы рисков (рис. 3) по принятым 4–6 категориям (классам) с выделением основных областей: недопустимой — 1, анализируемой с компенсирующими мероприятиями — 2, приемлемой — 3.



▲ Рис. 3. Матрицы рисков и области анализа безопасности и принятия решений
▲ Fig. 3. Risk matrices and areas of safety analysis and decision making

Перспективные направления научной поддержки

При дальнейшем развитии в период до 2025–2030 гг. научных основ правовой и нормативной баз обеспечения и повышения промышленной безопасности, в соответствии с [1], следует исходить из того, что созданные ранее и существующие в настоящее время подходы [6–9, 11, 12] обладают как указанными выше преимуществами, так и недостатками и ограничениями (см. рис. 2, 3). В первую очередь это касается (рис. 4) практически сложившегося переноса центра внимания к безопасности на конечную, предельную стадию жизненного цикла $\tau_э = \tau_к$ — стадию эксплуатации при достижении предельно опасных состояний (аварий и катастроф) при $\tau_э = \tau_к$. Учитывая, что на этой стадии самые опасные процессы их развития протекают в очень ограниченное время $\tau_к - \tau_п$ (измеряемое минутами и секундами), принятие упреждающих решений на основе предварительного анализа полноценной и дистанционной динамики и мониторинга таких ситуаций становится невозможным.



▲ Рис. 4. Анализ и управление промышленной безопасностью ОПО по критериям повреждений и параметрам рисков
▲ Fig. 4. Analysis and control of HPF industrial safety based on damage criteria and risk parameters

В этом случае основная научная проблема обеспечения промышленной безопасности сводится к выполнению условия

$$\tau_к / [\tau_с] \geq 1 \quad (6)$$

и к построению систем автоматизированной защиты от катастроф. Опыт разработки подобных систем накапливается в атомной, ракетно-космической и авиационной технике.

Если учитывать, что тяжелые промышленные аварии и катастрофы с большими ущербами при реальных проектных условиях эксплуатации являются следствием сравнительно длительного накопления эксплуатационных повреждений $d_э$ (от начальных

технологических d_0 до критических d_k), то необходимо использовать научно обоснованные детерминированные теории накопления повреждений с их детерминированной оценкой [11, 12, 15–17]:

$$d_3 = F_d \{ \tau_3, \sigma_3, N_3, t_3, \Phi_3, \ell_3 \} \leq [d] = \frac{d_k}{n_k}, \quad (7)$$

где n_k — запас по повреждениям ($n_k \geq 1$).

Повреждения d_3 с учетом (1)–(6) входят в проектные расчеты [11, 12]. По d_3 можно судить о ранних стадиях повреждений (деградация материалов, образование и начальное развитие трещин при $\tau_3 \leq \tau_c$). Для контроля и диагностики повреждений на ОПО по каждому из параметров выражения (7) или группе параметров на стадии проектирования, изготовления и начала эксплуатации следует использовать специальные системы и процедуры технической диагностики и ремонтно-восстановительных работ.

Для научно обоснованной реализации (7) в перспективных нормативных разработках Ростехнадзора, в соответствии с [1], важными представляются фундаментальные и прикладные исследования [12, 15–17] нелинейной механики деформирования и разрушения в температурно-временной постановке.

Так как все параметры выражения (7) d_{3i} для i -го повреждения являются статистическими и вероятностными, то по ним на базе характеристик их рассеяния (коэффициентов вариации) можно количественно определить вероятности повреждений [12–17]:

$$\begin{aligned} P_{3di} &= F_{pi} \{ d_{3i} \}; \\ P_{3d} &= F_p \{ P_{3di} \}. \end{aligned} \quad (8)$$

Если поставить в соответствии с характеристиками d_3 по (7) и вероятностями P_{3di} и P_{3d} ущерб U_{id} (в том числе затраты на их контроль, снижение и устранение), то появляется возможность определения эксплуатационных рисков $P_{3di}(\tau_{3i})$ и $P_{3d}(\tau_{3i})$ на данной стадии эксплуатации τ_{3i} :

$$\begin{aligned} U_{id} &= F_u \{ P_{id} \}; \\ R_{3di}(\tau_{3i}) &= F_R \{ U_{id}(\tau_{3i}), P_{id}(\tau_{3i}) \}; \end{aligned} \quad (9)$$

$$R_{3d}(\tau_{3i}) = F_R \{ R_{3di}(\tau_{3i}) \} \leq [R_{3d}] = R_{don} / n_R \quad (10)$$

Приемлемые риски $[R_{3d}]$ в выражении (10) в новой методологии имеют тот же смысл, что и риски $[R_q]$ в выражении (5) при используемой в настоящее время оценке промышленной безопасности. Эти риски станут новой основой категорирования потенциальной опасности ОПО.

Система выражений (8)–(10) становится (см. рис. 4) новой научной основой анализа i -го

состояния несущих элементов (d_i, P_i, U_i, R_i) на каждой из анализируемых стадий эксплуатации для принятия решений (контрольных, надзорных, технологических, эксплуатационных) о возможности безопасного пуска ОПО в эксплуатацию после испытаний при $\tau_0 < \tau_u < \tau_3$, ведения эксплуатации при $\tau_u \leq \tau_3 \leq [\tau_c]$ или вывода его из эксплуатации при $\tau_3 \leq \tau_n \leq \tau_k$ по критериям сформировавшихся $R_{3d}(\tau_{3i})$ и приемлемых рисков $[R_{3d}]$.

Однако в выражении (10) трактовка рисков приобретает новый смысл [17–21]. Она распространяется на анализ повреждений d_3 , обусловленных влиянием на промышленную безопасность ОПО всех повреждающих и поражающих факторов сложной социально-природно-техногенной системы (С-П-Т-система). В этом случае необходимо оценивать не только повреждения ОПО, но и влияние на них человеческого и природного факторов. По мере усложнения новых ОПО или продления эксплуатации функционирующих ОПО в пределах или за пределами назначенных ранее сроков службы $[\tau_c]$ роль человеческого фактора возрастает. Его влияние будет распространяться не только на операторов, персонал и экспертов ОПО, но и на лиц, принимающих решения на всех стадиях жизненного цикла ОПО. При этом в анализе промышленной безопасности подлежат рассмотрению ее основные компоненты [21]:

технологическая безопасность, когда при создании новых ОПО используются современные технологии проектирования, по критериям приемлемых рисков и закладываются основы промышленной безопасности на весь жизненный цикл;

технологическая и техногенная безопасность, когда на стадии строительства, контроля и испытаний проверяется безопасность проектных решений и обеспечивается безопасный пуск в эксплуатацию ОПО;

техногенная и техносферная безопасность, когда при эксплуатации функционирующих или новых ОПО поддерживается заданный уровень промышленной безопасности и используются решения по снижению рисков аварий и катастроф до приемлемых на заданной стадии эксплуатации;

комплексное обеспечение промышленной безопасности становится все более актуальным по мере повышения классов опасности ОПО, установленных законом (IV → I классы);

в ближайшей и отдаленной перспективе из наиболее опасных ОПО будет необходимо выделить дополнительную группу объектов — критически и стратегически важных для национальной безопасности [21–23].

Указанные выше вопросы научной поддержки Основ [1, 2] будут решаться при выполнении разработанного Ростехнадзором и утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации плана мероприятий по реализации Основ [24].

Заклучение

При формировании научных основ и научном обеспечении реализации Основ [1] принципиальное значение приобретают:

углубление академических знаний по фундаментальным закономерностям развития человека, общества, государства, природы и техносферы;

проведение стратегического планирования взаимосвязанных научных исследований по теории безопасности и рисков и практических научно-методических разработок в области нормирования, контроля, диагностики и мониторинга опасных поврежденных состояний ОПО с обеспечением их создания и функционирования в зоне приемлемых рисков.

В соответствии с этим категорирование потенциальной опасности ОПО будет осуществляться преимущественно по критериям рисков $R_{\alpha_d}(\tau)$ и $[R_{\alpha_d}]$ глобального, национального, регионального, местного, объектового, локального уровней с выделением стратегически и критически важных объектов из ОПО I–IV классов опасности.

Список литературы

1. *Об Основах государственной политики Российской Федерации в области промышленной безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу*: Указ Президента Рос. Федерации от 6 мая 2018 г. № 198. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71836636/> (дата обращения: 29.10.2018).
2. *О проекте Основ государственной политики в области промышленной безопасности*/ А.Л. Рыбас, О.М. Пенкин, В.И. Сидоров и др.// *Безопасность труда в промышленности*. — 2015. — № 9. — С. 12–15.
3. *Конституция Российской Федерации*. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/ (дата обращения: 29.10.2018).
4. *О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации*: Указ Президента Рос. Федерации от 31 дек. 2015 г. № 683. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_191669/ (дата обращения: 29.10.2018).
5. *О промышленной безопасности опасных производственных объектов*: федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2017. — 52 с.
6. *Безопасность России*. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность промышленного комплекса. — М.: МГФ «Знание», ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2002. — 464 с.
7. *Безопасность России*. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Регулирование ядерной и радиационной безопасности. — М.: МГОФ «Знание», НТЦ ЯРБ, 2003. — 400 с.
8. *Перспективы исследований в области анализа риска для совершенствования государственного регулирования и повышения безопасности объектов нефтегазового комплекса*/ С.Г. Радионова, С.А. Жулина, Н.А. Махутов и др.// *Безопасность труда в промышленности*. — 2017. — № 9. — С. 5–13.

9. *Взаимосвязанные научные проблемы оценки, нормирования и экспертизы рисков промышленной безопасности*/ Н.А. Махутов, Е.В. Кловач, А.С. Печёркин, В.И. Сидоров// *Безопасность труда в промышленности*. — 2018. — № 5. — С. 7–15.

10. *Журнал «Ядерная и радиационная безопасность»*. URL: <https://nrs-journal.ru/sections/articles/> (дата обращения: 29.10.2018).

11. *ПНАЭ Г-7-002—86*. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 525 с.

12. *Проблемы прочности и безопасности водо-водяных энергетических реакторов*/ под ред. Н.А. Махутова, М.М. Гаденина. — М.: Наука, 2008. — 446 с.

13. *Rausand M. Risk Assessment. Theory, Methods, and Applications*. — New York: John Wiley & Sons, 2018. — 665 p.

14. *Труды I–III форумов-диалогов «Промышленная безопасность — ответственность государства, бизнеса и общества»*. — М., 2015–2017.

15. *Локальные критерии прочности, ресурса и живучести авиационных конструкций*/ Н.А. Махутов, М.М. Гаденин, Ю.Г. Матвиенко и др. — Новосибирск: Наука, 2017. — 600 с.

16. *Напряженно-деформированные состояния ЖРД*/ под ред. Н.А. Махутова, В.С. Рачука. — М.: Наука, 2013. — 646 с.

17. *Махутов Н.А.* Прочность и безопасность: фундаментальные и прикладные исследования. — Новосибирск: Наука, 2008. — 528 с.

18. *Махутов Н.А.* Научные основы анализа стратегических приоритетов и рисков развития России. Информационно-аналитическая справка по проблемам стратегического прогнозирования, планирования и программирования в целях устойчивого социально-экономического развития и обеспечения национальной безопасности// *Безопасность России*. Вып. 6. — М.: МГОФ «Знание», 2018. — 96 с.

19. *Махутов Н.А., Гаденин М.М.* Техническая диагностика остаточного ресурса и безопасности. — М.: ИД «Спектр», 2011. — 187 с.

20. *Махутов Н.А.* Безопасность и риски: системные исследования и разработки. — Новосибирск: Наука, 2017. — 724 с.

21. *Безопасность России*. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Техногенная, технологическая и техносферная безопасность/ под ред. Н.А. Махутова. — М.: МГОФ «Знание», 2018. — 1016 с.

22. *Безопасность России*. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Национальная безопасность. Ч. 1// под ред. Н.А. Махутова. — М.: МГОФ «Знание», 2012. — 896 с.

23. *Безопасность России*. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность и защищенность критически важных объектов. Ч. 2// под ред. Н.А. Махутова. — М.: МГОФ «Знание», 2012. — 588 с.

24. *План мероприятий по реализации Основ государственной политики Российской Федерации в области промышленной безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу*: распоряжение Правительства Рос.

Федерации от 17 сент. 2018 г. № 1952-р. URL: <http://docs.cntd.ru/document/551182973> (дата обращения: 29.10.2018).

kei51@mail.ru

Материал поступил в редакцию 1 ноября 2018 г.

«Bezopasnost Truda v Promyshlennosti»/ «Occupational Safety in Industry», 2018, № 11, pp. 7–14.
DOI: 10.24000/0409-2961-2018-11-7-14

Scientific Support of the State Policy Fundamentals in the Field of Industrial Safety

A.L. Rybas, Dr. Sci. (Econ.), State Secretary, Deputy of Rostekhnadzor Head

Rostekhnadzor, Moscow, Russia

N.A. Makhutov, RAS Corresponding Member, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Chief Research Associate, kei51@mail.ru

M.M. Gadenin, Cand. Sci. (Eng.), Lead Researcher
IMASH RAN, Moscow, Russia

A.S. Pecherkin, Dr. Sci. (Eng.), Prof., First Dep. General Dir.

STC «Industrial Safety» CJSC, Moscow, Russia

V.A. Nadein, General Dir.

OOO «NGB-Energo diagnostika», Moscow, Russia

Abstract

Complex of measures of the legal, economic, scientific, technical, regulatory and supervisory nature for design, construction and operation of hazardous production facilities is envisaged by the fundamentals of the state policy of the Russian Federation in the field of industrial safety for the period up to 2025 and further perspective. An important role among them plays the problems of the scientific support and scientific assurance for the formation and implementation of the state policy. Step-by-step analysis of the development of methods and systems for ensuring industrial safety shows that the improvement of industrial safety requirements is currently insufficient for eliminating industrial accidents and disasters. Officially adopted scientific and procedural framework, developed and widely used in our country and abroad, is based on extensive statistical material about the occurrence of operational failures, events, incidents, accidents at hazardous production facilities. Its ultimate goals are the quantitative risk analysis and building of risk matrices with their categorization on the level of possibility (probability) of hazardous conditions occurrence and the severity level of their consequences. Scientific substantiation of industrial safety on the interrelated kinetic quantitative damage criteria at all the stages of the life cycle of a hazardous production facility is very topical at the present time. These damages related to the design, technological and operational factors can serve as a scientific basis for the assessing the current state of hazardous production facilities, assigning the methods, means, frequency of control, supervision and monitoring, as well as carrying out repair-and-renewal operations and determining the period of safe operation of technical devices used at hazardous production facilities. With this approach, not only the requirements already implemented in Rostekhnadzor system will be used, but also the results of recent achievements in the fundamental theories of disasters, safety and risks in academic, industry and educational institutes and scientific centers.

Key words: safety, state policy, accident risk, hazardous production facility, industrial safety requirements, scientific substantiation, control, diagnostics, monitoring, supervision.

References

1. On the Fundamentals of the State Policy of the Russian Federation in the Field of Industrial Safety for the period up to 2025 and further perspective: Decree of the President of Russian Federation of May 6, 2018 № 198. Available at: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71836636/> (accessed: October 29, 2018). (In Russ.).
2. Rybas A.L., Penkin O.M., Sidorov V.I., Pecherkin A.S., Klovach E.V., Shalaev V.K. On the draft of the Fundamentals of the State Policy in the Field of Industrial Safety. *Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2015. № 9. pp. 12–15. (In Russ.).
3. The Constitution of the Russian Federation. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/ (accessed: October 29, 2018). (In Russ.).
4. On the Strategy of National Security of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation of December 31, 2015 № 683. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_191669/ (accessed: October 29, 2018). (In Russ.).
5. On industrial safety of hazardous production facilities: Federal Law of July 21, 1997 № 116-FZ. Moscow: ZAO NTTs PB, 2017. 52 p. (In Russ.).
6. Security of Russia. Legal, socio-economic and scientific and technical aspects. Security of Industrial Complex. Moscow: MGF «Znanie», GUP «NTTs «Promyshlennaya bezopasnost», 2002. 464 p. (In Russ.).
7. Security of Russia. Legal, socio-economic and scientific and technical aspects. Regulation of nuclear and radiation safety. Moscow: MGOE «Znanie», NTTs YaRB, 2003. 400 p. (In Russ.).
8. Radionova S.G., Zhulina S.A., Makhutov N.A., Gadenin M.M., Lisin Yu.V., Neganov D.A., Nadein V.A., Pecherkin A.S. Research prospects in the field of risk analysis for improvement of government regulation and safety increase of the oil and gas chemical complex objects. *Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2017. № 9. pp. 5–13. (In Russ.).
9. Makhutov N.A., Klovach E.V., Pecherkin A.S., Sidorov V.I. Interconnected scientific problems of assessment, standardization and expertise of industrial safety risks. *Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2018. № 5. pp. 7–15. (In Russ.).
10. Nuclear and Radiation Safety Journal. Available at: <https://nrs-journal.ru/sections/articles/> (accessed: October 29, 2018). (In Russ.).
11. PNAE G-7-002—86. Norms for strength calculation of equipment and pipelines for nuclear power plants. Moscow: Energoatomizdat, 1989. 525 p. (In Russ.).
12. Makhutov N.A., Gadenin M.M. Problems of strength and safety of water-cooled power reactors. Moscow: Nauka, 2008. 446 p. (In Russ.).
13. Rausand M. Risk Assessment. Theory, Methods, and Applications. New York: John Wiley & Sons, 2018. 665 p.
14. Dialogue Forum «Industrial Safety — the Responsibility of the State, Business and Society». Moscow, 2015–2017. (In Russ.).

15. Makhutov N.A., Gadenin M.M., Matvienko Yu.G., Razumovskiy I.A., Romanov A.N., Salin A.N., Moskvichev V.V., Larionov V.V., Nesterenko G.I., Novozenova O.G., Reznikov D.O., Chernyshev S.A. Local criteria for strength, service life and survivability of the aircraft structures. Novosibirsk: Nauka, 2017. 600 p. (In Russ.).

16. Makhutov N.A., Rachuk V.S. Stress-deformed states of the liquid-propellant engine. Moscow: Nauka, 2013. 646 p. (In Russ.).

17. Makhutov N.A. Strength and safety: fundamental and applied research. Novosibirsk: Nauka, 2008. 528 p. (In Russ.).

18. Makhutov N.A. Scientific basis for the analysis of strategic priorities and risk development in Russia. Background report on the problems of strategic forecast, planning and programming for the objective of sustainable socio-economic development and ensuring national security. *Bezopasnost Rossii. Vyp. 6 = Security of Russia. Edition 6*. Moscow: MGOF «Znanie», 2018. 96 p. (In Russ.).

19. Makhutov N.A., Gadenin M.M. Technical diagnostics of residual life and safety. Moscow: ID «Spektr», 2011. 187 p. (In Russ.).

20. Makhutov N.A. Safety and risks: system research and developments. Novosibirsk: Nauka, 2017. 724 p. (In Russ.).

21. Makhutov N.A. Security of Russia. Legal, socio-economic and scientific and technical aspects. Technogenic, technological and technosphere safety. Moscow: MGOF «Znanie», 2018. 1016 p. (In Russ.).

22. Makhutov N.A. Security of Russia. Legal, socio-economic and scientific and technical aspects. National security. Part 1. Moscow: MGOF «Znanie», 2012. 896 p. (In Russ.).

23. Makhutov N.A. Security of Russia. Legal, socio-economic and scientific and technical aspects. Safety and security of critical objects. Part 2. Moscow: MGOF «Znanie», 2012. 588 p. (In Russ.).

24. Plan of activities on the implementation of the Fundamentals of the state policy of the Russian Federation in the field of industrial safety for the period up to 2025 and further perspective: Decree of the Government of the Russian Federation dated September 17, 2018, № 1952-p. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/551182973> (accessed: October 29, 2018). (In Russ.).

Received November 1, 2018

Пожарная безопасность (научно-технический журнал)

Полетаев Н.Л. Критерии взрывоопасности аэровзвеси. — 2018. — № 3. — С. 49–60.

Изложена история возникновения современных методов исследования взрывоопасности пылевоздушных смесей в двадцати- и тысячилитровых герметичных камерах. При создании данных методов вынужденно допустили уточнение понятия «взрывоопасная пыль», при котором способность неограниченного распространения пламени в стационарных условиях заменили на опасность разрушения оболочки замкнутого объема возрастающим давлением продуктов горения аэровзвеси. Следствием уточнения явились трудности с выбором критерия взрыва пыли в единичном опыте и с классификацией по взрывоопасности «проблемных» пылей, для которых экспериментальные исследования выявляли низкий уровень опасности. Основным признаком так называемой проблемной пыли является близость ее значения LOC (минимально взрывоопасное содержание кислорода) к нормальному содержанию кислорода в воздухе. При классификации «проблемной» пыли появляется вероятность качественной ошибки, при которой невзрывоопасную пыль отнесут к взрывоопасной (результаты, полученные в двадцатилитровой камере). Это обусловлено особенностями методики тестирования, при которых исследование проводится при повышенной начальной температуре аэровзвеси, что приводит к завышению оценки взрывоопасности пыли. Рекомендовано

дополнять результаты исследования в двадцатилитровой камере экспериментальными или расчетными сведениями о реальном значении начальной температуры исследованной аэровзвеси. Выполнен обзор мнений об экспериментальном критерии взрыва аэровзвеси. Современный нормативный подход, в соответствии с которым принято считать, что взрыв исследуемой аэровзвеси произошел, если возникающее в камере давление превысило пороговое значение, противоречив и неприемлем для «проблемных» пылей. Предложено использовать критерий взрыва аэровзвеси, основанный на том обстоятельстве, что переход от сценария локального горения пыли в окрестности источника зажигания к сценарию горения пыли во всем объеме камеры сопровождается существенным увеличением количества выгоревшей пыли и, следовательно, характеризуется значительным увеличением скачка давления в камере. Показано, что предложенный выбор критерия взрыва аэровзвеси следует считать предварительным до объяснения физической природы следующей закономерности турбулентного горения аэровзвеси: LOC для «проблемных» пылей линейно снижается с ростом энергии источника зажигания (в логарифмическом масштабе). Ввиду сложности такого объяснения, целесообразно использовать поэтапное решение задачи. Удалось установить связь упомянутой зависимости с другой эмпирической закономерностью турбулентного горения аэровзвесей. Установлена принадлежность «проблемных» пылей к дисперсным материалам, для которых индекс взрывоопасности линейно увеличивается с ростом энергии источника зажигания (в логарифмическом масштабе).