

Расчет социального пожарного риска применительно к газотранспортным объектам

А.И. Быков, ведущий инженер

ООО «Газпром Трансгаз Ухта»

e-mail: abykov@sgp.gazprom.ru

Ключевые слова:

риск аварий,
риск пожаров,
социальный риск,
нормативные документы,
газотранспортные объекты.

Анализируются подходы к определению показателей социального риска в действующих нормативных документах применительно к газотранспортным объектам. Показано, что оценка этих показателей должна выполняться в рамках пожарных рисков и рисков аварий, так как объекты оперируют перемещением горючего природного газа под избыточным давлением. Указывается, что существующие методики не содержат понятия социального пожарного риска. Остальные действующие нормативные документы не распространяются при оценке значений социального риска на газотранспортные объекты.

1. Анализ существующих методик расчета

Оценку социального риска применительно к газотранспортным объектам необходимо осуществлять в рамках анализа *пожарных рисков и рисков аварий*, поскольку эти объекты оперируют со сжатым природным горючим газом (п.п. 4.2 [1]) под избыточным давлением более 0,07 МПа (ст. 2.2 [2]). Под социальным пожарным риском в соответствии с ГОСТ 12.03.047-98 [1] понимается зависимость вероятности (частоты) возникновения событий, состоящих в поражении определенного (не менее десяти) числа лю-

дей, подвергшихся поражающему воздействию пожара и взрыва, от числа этих людей.

Количественная оценка социального пожарного риска технологических процессов в ГОСТ 12.03.047-98 [1] выполняется на основе построения логической схемы (рис. 1), в которой учитываются различные иницирующие события и возможные варианты их развития. При этом значение социального риска $S^{об}$ применительно к наружным технологическим установкам при возникновении таких поражающих факторов, как избыточное давление и интенсивность

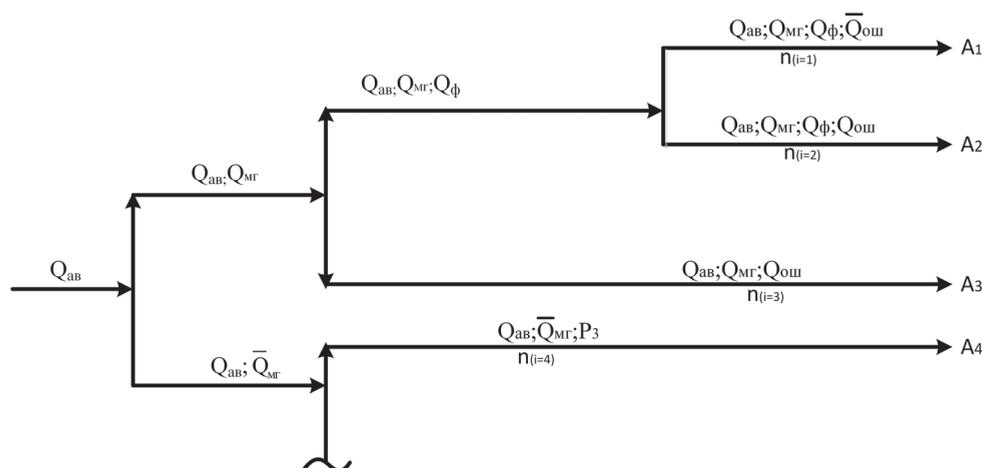


Рис. 1. Пример построения усеченной (только для возгорания) логической схемы развития аварии для наружной технологической установки (резервуара, трубопровода)

теплового излучения при сгорании газопаровоздушной смеси, рассчитывают по формуле:

$$S^{об} = \sum_{i=1}^I Q(A_i) \quad (1)$$

где $Q(A_i)$ — вероятность реализации i -й ветви логической схемы развития аварии A ; I — число ветвей логической схемы ($i = 1 \dots I$), для которых $N_i \geq N_0$, причем N_0 — ожидаемое число погибших, для которых оценивается социальный риск (принимается $N_0 = 10$), а N_i — ожидаемое число погибших при реализации i -й ветви логической схемы, равное

$$N_i = \sum_{j=1}^R Q_{nj} n_j \quad (2)$$

где Q_{nj} — вероятность поражения человека в j -й зоне опасности; n_j — число людей, постоянно находящихся в этой зоне; R — число рассматриваемых зон.

Вероятность: $Q_{ав}$ — аварийного выброса; $Q_{ме}$, $\bar{Q}_{ме}$ — мгновенного возгорания или невогорания горючего вещества; $Q_{ф}$ — факельного горения; $Q'_{ош}$ — горения огненным шаром; $Q_{ош}$, $\bar{Q}_{ош}$ — возникновения или невозникновения «огненного шара» при перегреве и разрушении соседнего резервуара; P_3 — успешного срабатывания средств защиты; A_1 , A_2 , A_3 — мгновенного воспламенения с факельным горением, с образованием «огненного шара» на соседнем резервуаре, с горением «огненного шара»; A_4 — выброс горючего вещества без воспламенения; n_i — число логических ветвей (i — номер ветви).

Пожарная безопасность технологических процессов в соответствии с ГОСТ 12.03.047-98 [1] считается безусловно выполненной, если социальный пожарный риск составляет менее 10^{-7} год $^{-1}$. Эксплуатация технологических процессов недопустима, если социальный пожарный риск превышает 10^{-5} год $^{-1}$. Таким образом, можно заключить, что область приемлемого социального пожарного риска в соответствии с ГОСТ 12.03.047-98 [1] применительно к технологическим процессам находится в диапазоне $10^{-7} \dots 10^{-5}$ год $^{-1}$.

Социальный пожарный риск в соответствии с этим документом характеризует масштаб пожаровзрывобезопасности *технологических процессов* (часть цикла, связанная с изменением свойств или состоянием веществ), к которым не относятся все виды транспортных операций. Следовательно, эта характеристика формально не распространяется на газотранспортные объекты. В «Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности» [3] социальный пожарный риск формулируется как степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара.

Этот документ распространяется на промышленные объекты (ст. 1, п. 1), газотранспортные объекты, которые подпадают под действие документа в части обеспечения требований пожарной безопасности, в том числе в отношении допустимого уровня социального пожарного риска, величина которого регламентируется для селитебной зоны рассматриваемого объекта и не превышает $S \leq 10^{-7}$ год $^{-1}$.

При этом определение расчетных величин пожарных рисков, включая социальный, рекомендовано выполнять по методикам, утвержденным МЧС России (п. 5 постановления правительства РФ № 272 от 31.03.2009 г. [4]). Так, определение расчетных величин пожарных рисков для *производственных объектов* изложено в методике МЧС России, утвержденной приказом № 404 от 10.07.2009 г. [5], и в Приложении к нему, введенному приказом № 649 от 14.12.2010 [6]. В этой методике оценка социального пожарного риска S^{nac} выполняется в отношении *населения*, находящегося в *селитебной* зоне вблизи объекта, по формуле

$$S^{nac} = \sum_{j=1}^J Q_j \quad (3)$$

где Q_j — частота реализации j -го сценария; J — число сценариев, для которых выполняется условие $N_i \geq 10$, где N_i — среднее число погибших людей в селитебной зоне при реализации j -го сценария и воздействия опасных факторов пожара.

Величина N_i определяется по формуле:

$$N_i = \sum_{i=1}^I Q_{dij} \cdot n_i \quad (4)$$

где I — количество областей, на которые разделена территория, прилегающая к объекту (i — номер области); Q_{dij} — условная вероятность поражения человека, находящегося в i -й области при реализации j -го сценария; n_i — число людей, находящихся в i -й области.

Приложением [6] методика расчета показателей социального риска с помощью выражений (3) и (4) распространяется на *магистральные трубопроводы* и, следовательно, на газотранспортные объекты. При этом устанавливается (п. 47), что для людей, находящихся в *селитебной* зоне вблизи *линейной части магистрального трубопровода*, социальный пожарный риск S_{MF}^{nac} определяется по формуле:

$$S_{MF}^{nac} = \max\{S_1, S_2, \dots, S_p, \dots, S_Q\} \quad (5)$$

где S_1, S_2, S_p, S_Q — величина социального риска для различных опасных участков линейной части

магистрального трубопровода (год⁻¹), определяемая в соответствии с выражениями (3) и (4); Q — количество потенциально опасных участков линейной части магистрального трубопровода.

Для объекта социальный пожарный риск $S^{об}$ рекомендуется принимать равным частоте возникновения событий, ведущих к гибели $N_i = 10$ и более человек (п. 43), но расчетная формула для вычисления численного значения этого показателя в [5 и 6] не приводится. Допустимое или приемлемое значение социального пожарного риска в [5 и 6] также не обсуждается.

Таким образом, на газотранспортные объекты действие федеральных нормативов по оценке социального пожарного риска в принципе не распространяется, кроме установленной Федеральным законом №123-ФЗ [3] для всех производственных объектов нормы допустимой величины социального пожарного риска для населения селитебной зоны, не превышающей значения $S \leq 10^{-7}$ год⁻¹, при этом методика определения его расчетных значений регламентируется приказами МЧС РФ [5, 6].

В рамках анализа рисков аварий оценка уровня опасности газотранспортных объектов регламентируется другими действующими нормативными документами. Так, [7] представляют собой методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов, к которым относятся газотранспортные объекты [2]. Социальный риск в соответствии с [7] характеризует тяжесть последствий (катастрофичность) реализации опасности и формулируется как зависимость частоты возникновения событий F , в которых пострадало на определенном уровне не менее N человек (F/N -кривая). В [7] не регламентируются методика расчета социального риска и границы его допустимости.

В Декларации Российского научного общества анализа риска (РНО АР) под риском понимается количественная мера реализации случайных событий с нежелательными (негативными) последствиями [8]. При этом социальный риск формулируется как соотношение между частотой возникновения ущерба более определенной величины и размером ущерба, например, общей численности погибших или пострадавших людей (так называемые F/N -диаграммы или кривые Фармера). Расчет величины социального риска в Декларации не приводится, но декларируется предельно допустимый уровень (ПДУ) социального риска гибели людей при числе жертв $N = 10$, равный $S_{ПДУ} \leq 10^{-4} \dots 10^{-6}$ год⁻¹, при этом показатель не более 10^{-6} год⁻¹ предлагается считать для социального риска величиной пренебрежимого уровня.

Применительно к объектам газотранспортной системы расчет социального риска выполняется в соот-

ветствии с методикой СТО Газпром 2-2.3-351-2009 [9]. Формулировка социального риска в этом документе аналогична формулировке, принятой в [7], и характеризуется как зависимость частоты F возникновения событий, в которых пострадает с определенной степенью тяжести не менее N человек. Иными словами, уровень опасности газотранспортных объектов в [9] оценивается с точки зрения анализа рисков аварий (п. 3.1.2). При этом поясняется, что при аварии без воспламенения газа в качестве негативного воздействия рассматриваются физические факторы поражения, а при воспламенении — опасные факторы пожара.

При этом социальный риск рассчитывается для каждого выделенного потенциально опасного участка (ПОУ) в виде зависимости частоты F событий, от числа N пострадавших (погибших) людей, графически представленной F/N -диаграммой или F/N -кривой. Этот расчет выполняется путем суммирования частот $f_{ijm}^{(Nijm)}$ возникновения событий C , при которых могут погибнуть N_{ijm} человек и каждое из которых есть сочетание двух событий: реализации сценария C_{ij} аварии в одной из точек $E(x, y)$ n -го ПОУ и пребывания людей в этой точке:

$$F(N) = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J [f_{(D)ijm}^{(Nijm)} \cdot z(N_{ijm} > N) + f_{(H)ijm}^{(Nijm)} \cdot z(N_{ijm} > N)], \quad (6)$$

где N_{ijm} — ожидаемое число погибших при реализации события $C^{(Nijm)}$; z — функция «единица-ноль», принимающая значение 1 при $N_{ijm} > N$ и 0 при $N_{ijm} < N$; $f_{(D)ijm}^{(Nijm)}$, $f_{(H)ijm}^{(Nijm)}$ — частота реализации событий $C^{(Nijm)}$ в дневное (Д) и ночное (Н) время, вычисляемые по формулам:

$$\left. \begin{aligned} f_{(D)ijm}^{(Nijm)} &= f_{\Delta L} \cdot P(C_{ij} / A) \bar{\tau}_{np}^{(D)} \\ f_{(H)ijm}^{(Nijm)} &= f_{\Delta L} \cdot P(C_{ij} / A) \bar{\tau}_{np}^{(H)} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Последовательно задавая ожидаемое число погибших N , рассчитывают соответствующие им значения F и строят F/N -кривую в прямоугольной системе координат (F — ордината, N — абсцисса) с линейной или логарифмической шкалой. Количественную оценку социального риска в целом по магистральным газопроводам в пределах рассматриваемого линейно-производственного управления (ЛПУМГ) определяют как сумму F/N -кривых, рассчитанных для каждого потенциально опасного участка, входящих в состав рассматриваемого ЛПУМГ.

При этом для каждого ПОУ (или МГ в целом) СТО Газпром 2-2.3-351-2009 [9] регламентирует уровни предельно допустимых значений социального риска как в отношении населения, так и в отношении персонала опасного производственного объекта (ОПО).

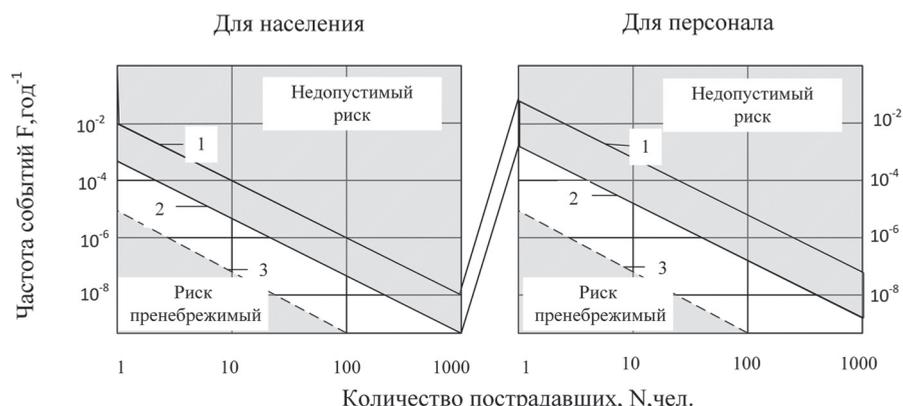


Рис. 2. F/N -кривые предельно допустимого социального риска применительно к газотранспортным объектам: 1 – действующие ОПО; 2 – проектируемые ОПО; 3 – граница пренебрежимого уровня социального пожарного риска по ст. 93 п. 5 ФЗ № 123

Эти значения в отношении населения приняты со ссылкой на Декларацию РНО [8] и составляют:

- для действующих ОПО

$$F = 10^{-2} \cdot N^{-2}, \text{ год}^{-1}, \quad (8)$$

- для проектируемых ОПО

$$F = 10^{-3} \cdot N^{-2}, \text{ год}^{-1}. \quad (9)$$

В отношении персонала ОПО рассчитанные F/N -кривые рекомендовано сравнивать с менее жесткими предельно допустимыми значениями, уровень которых предложено определять из следующих функций:

- для действующих ОПО

$$F = 5 \cdot 10^{-2} \cdot N^{-2}, \text{ год}^{-1}, \quad (10)$$

- для проектируемых ОПО

$$F = 5 \cdot 10^{-3} \cdot N^{-2}, \text{ год}^{-1}. \quad (11)$$

Предельно допустимые значения F/N -кривых для характеристики социального риска в отношении населения и персонала действующих и проектируемых ОПО в сравнении с границей пренебрежимого пожарного риска, установленного Федеральным законом №123-ФЗ [2] (ст. 93, п. 5), показаны на рис. 2.

Если рассчитанные F/N -кривые при совместном построении располагаются выше предельно допустимых F/N -кривых, то делают вывод о недопустимо высоком уровне опасности на рассматриваемом ОПО. Это предопределяет необходимость прекратить производственную деятельность и принять соответствующие меры для снижения уровня опасности до предельно допустимых значений. Для удобства анализа нормативные и общественные рекомендации по количественной оценке социального риска приведены в таблице 1.

Таблица 1

Расчетные формулы и рекомендации по количественной оценке социального риска

№ п/п	Документ	Расчетные формулы		Предельно допустимые значения
		В селитебной зоне (для населения)	В зоне объекта (для персонала)	
1	ГОСТ Р 12.3.047-98 [1]	–	$S^{об} = \sum_{i=1}^I Q(A_i), \text{ год}^{-1}, \text{ (ф. 1)}$ при условии $N_i = \sum_{j=1}^R Q_{ij} n_j \geq N_0 = 10, \text{ (ф. 2)}$ N_0 – ожидаемое число погибших ($N_0 = 10$); N_i – число погибших при реализации i -го сценария схемы развития пожара	Безопасно при $S \leq 10^{-7} \text{ год}^{-1}$ Недопустимо при $S > 10^{-7} \text{ год}^{-1}$
2	Технический регламент пожарной безопасности (ФЗ № 123) [3]	–	–	В селитебной зоне $S \leq 10^{-7} \text{ год}^{-1}$

№ п/п	Документ	Расчетные формулы		Предельно допустимые значения
		В селитебной зоне (для населения)	В зоне объекта (для персонала)	
3	Приказ МЧС РФ № 404 от 01.07.2009 [5]	$S^{noc} = \sum_{j=1}^J Q_j, \quad (\text{ф. 3})$ $N_i = \sum_{i=1}^I Q_{dij} \cdot n_i \geq 10, \quad (\text{ф. 4})$ <p>N_i – число погибших; n_i – число людей в i-ой зоне</p>	–	–
4	Приказ МЧС № 649 от 14.12.2010 Приложение к приказу № 404 [6]	Для магистральных трубопроводов	–	–
5	РД 03-418-01 [7]	–	–	–
6	Декларация РНО АР [8]	–	–	<p>При максимальном числе жертв $N = 10$</p> <p>а) действующий объект: $10^{-4} \dots 10^{-6}$ год$^{-1}$;</p> <p>б) проектируемый объект: $10^{-5} \dots 10^{-7}$ год$^{-1}$</p> <p>* Пренебрежимый уровень риска.</p>
7	СТО Газпром 2-2/3-351-2009 [9]	$F(N) = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left[f_{(D)ijm}^{(Nijm)} \cdot z(N_{ijm} > N) + f_{(H)ijm}^{(Nijm)} \cdot z(N_{ijm} > N) \right], \quad (\text{ф. 6})$ $\left. \begin{aligned} f_{(D)ijm}^{(Nijm)} &= f_{\Delta L} \cdot P(C_{ij} / A) \bar{c}_{np}^{(D)} \\ f_{(H)ijm}^{(Nijm)} &= f_{\Delta L} \cdot P(C_{ij} / A) \bar{c}_{np}^{(H)} \end{aligned} \right\}, \quad (\text{ф. 7})$ <p>N_{ijm} – число погибших (пострадавших) при реализации события; $C(N_{ijm})$ – соответственно для населения или персонала</p>	–	<p>Для населения</p> <p>а) действующее ОПО $F = 10^{-2} \cdot N^{-2}$ год$^{-1}$, (ф. 8);</p> <p>б) проектируемое ОПО $F = 10^{-3} \cdot N^{-2}$ год$^{-1}$, (ф. 9).</p> <p>Для персонала</p> <p>а) действующее ОПО $F = 5 \cdot 10^{-2} \cdot N^{-2}$ год$^{-1}$, (ф. 10);</p> <p>б) проектируемое ОПО $F = 5 \cdot 10^{-3} \cdot N^{-2}$ год$^{-1}$, (ф. 11).</p>

2. Выводы

Социальный риск применительно к газотранспортным объектам (ГТО) определяется действующими нормативными документами в рамках анализа *пожарных рисков* и *рисков аварий*. При анализе пожарных рисков уровень социальной опасности ГТО оценивается *социальным пожарным риском* (СПР), предельно допустимое значение которого регламентировано Федеральным законом №123-ФЗ для селитебной зоны и составляет $S \leq 10^{-7}$ год $^{-1}$. При этом оценка численных значений СПР не подпадает под действие ГОСТ Р 12.3.047-98 [1], распространяющегося только на технологические процессы, и выполняется в соответствии с постановлением правительства РФ №272 [4] по методике, утвержденной приказами МЧС РФ №404 (2009) [5] и №649 (2010) [6].

В рамках анализа *рисков аварий* уровень социальной опасности ГТО в соответствии с РД 03-418-01 [7] оценивается *социальным риском аварии* (СРА), но документ не устанавливает предельно допустимые значения этого риска и не содержит методики его расчета. Такая методика и границы применительно к ГТО предельно допустимых значений разработаны в СТО Газпром 2-2.3-351-2009 [9]. Документ включает оценку

рисков аварий с *воспламенением газа* (при рассмотрении сценариев C_1 — «пожар колонного типа» и C_2 — «струевые пламена») и *без воспламенения газа* (то же C_3 — «рассеивание низкоскоростного шлейфа газа» и C_4 — «рассеивание двух струй газа»), но не содержит методики расчета *социального пожарного риска*, регламентированного приказами МЧС РФ №404 и 649. При этом выражение для расчета социального риска аварии с воспламенением газа нельзя считать конгруэнтным выражению для расчета *социального пожарного риска*, регламентированного методикой МЧС РФ. В то же время оценку социальной опасности ГТО рисками аварий с *воспламенением* и *без воспламенения газа* нельзя считать полной, так как методика не содержит оценки риска аварии как события, связанного с разрушением (разгерметизацией) ГТО независимо от последующего поведения газа после его высвобождения. Все это означает, что необходима адаптация действующих нормативных документов для оценки *социального пожарного риска* применительно к *газотранспортным объектам*. Применительно к газотранспортным объектам расчетный показатель риска аварии (разрушения) всегда будет больше такого же показателя пожарного риска в одинаковых условиях эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. — М.: Госстандарт РФ, 1998. — 59 с.
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21.07.1997 №116-ФЗ. — Система КонсультантПлюс: Верс. Проф.
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности //ФЗ № 123 от 22.07.2008. — СПб., 2009. — 172 с.
4. О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска: Постановление Правительства РФ от 31.03.2009 г. № 272.
5. Приказ МЧС РФ № 404 от 10.07.2009 «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» // НТЖ «Пожарная безопасность. 2009. — № 3. — С. 36–63.
6. Приказ МЧС РФ № 649 от 14.12.2010 / Приложение к Приказу МЧС России № 404 от 10.07.2009 «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах». — Система КонсультантПлюс: Версия Проф.
7. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. — М.: Госгортехнадзор РФ, 2001. — 25 с.
8. Декларация Российского научного общества анализа риска об установлении предельно-допустимого уровня риска // Научный журнал: Проблемы анализа риска. 2006. Том 3, №2. — С. 162–168.
9. СТО Газпром 2-2.3-351-2009. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром». — М.: ОАО «Газпром», 2009. — 377 с.

Social Fire Risk Calculation in Respect to Gas Transportation Facilities

A.I. Bykov, Leading Engineer, LLC “Gazprom Transgaz Ukhta”

Approaches to definition of social risk indicators in current regulations applicable to gas transportation facilities are analyzed. It has been shown that these indicators' evaluation should be undertaken within a framework of fire and accident risks, i.e. objects operate on combustible gas moving under overpressure. It is specified that existing techniques doesn't contain a concept of social fire risk in general. The remaining existing regulations are not applied to social risk value assessment at gas transmission facilities.

Keywords: accident risks, fire risks, social risks, regulations, gas transmission facilities.

Новый руководитель Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 января 2014 г. № 11-р руководителем Ростехнадзора назначен Алёшин Алексей Владиславович.

Алешин А.В. родился 24 мая 1959 года в г. Ашхабад Туркменской ССР. Образование высшее. В 1981 году окончил юридический факультет Кемеровского государственного университета по специальности «юриспруденция».

Алешин А.В в 2002 году окончил факультет переподготовки и повышения квалификации Военной академии Генерального штаба Вооруженных сил Российской Федерации. Кандидат юридических наук.

После учебы работал следователем Прокуратуры Ставрополя, Севастопольского района Москвы, затем юристом в различных коммерческих, учебных, финансовых организациях.

1996–1999 — заместитель генерального директора ГУП «Госзагрансобственность».

1999–2000 — заместитель генерального директора ФГУП «Промэкспорт».

2000–2007 — заместитель генерального директора ФГУП «Рособоронэкспорт».

2007 — до назначения руководителем Ростехнадзора — первый заместитель генерального директора Государственной корпорации «Ростехнологии», член Военно-промышленной комиссии Правительства РФ, входил в советы директоров ряда крупнейших предприятий и холдингов.

**Редакция журнала желает Алексею Владиславовичу успехов в работе на новом посту
по обеспечению промышленной безопасности в России!**