

DOI: 10.24000/0409-2961-2022-9-74-83
УДК 622.691.48:614.8.067:614.8.086:614.87:613.64
© И.Н. Алексеев, А.Л. Терехов, 2022

Результаты оценки опасности производственной деятельности персонала компрессорных станций магистральных газопроводов



И.Н. Алексеев,
инженер,
I_Alexeev@vniigaz.gazprom.ru



А.Л. Терехов,
д-р техн. наук, проф.,
гл. науч. сотрудник

ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Развилка, Россия

Анализ научно-технических источников показал, что до настоящего времени оценке опасности производственной деятельности персонала компрессорных станций магистральных газопроводов в условиях Крайнего Севера уделялось недостаточное внимание. Существующие методики количественной оценки требуют доработки для того, чтобы учесть специфику исследуемых регионов и непосредственное влияние техносферы на персонал в целях оценки ущерба здоровью.

Ключевые слова: профессиональный риск, техногенный риск, оценка опасности производственной деятельности, методы количественной оценки рисков, компрессорные станции магистральных газопроводов, охрана труда, промышленная безопасность, Крайний Север.

Для цитирования: Алексеев И.Н., Терехов А.Л. Результаты оценки опасности производственной деятельности персонала компрессорных станций магистральных газопроводов// Безопасность труда в промышленности. — 2022. — № 9. — С. 74–83. DOI: 10.24000/0409-2961-2022-9-74-83

Опасные и вредные факторы производственной деятельности персонала компрессорных станций магистральных газопроводов на Крайнем Севере

Анализ статистических данных смертельного травматизма ООО «Газпром газобезопасность» за 2005–2014 гг. [1] позволяет сделать вывод, что наибольшему риску подвержены работники компрессорных станций магистральных газопроводов (КС МГ) обслуживающего и ремонтного персонала: машинисты, слесари автоматизации и метрологического обеспечения (АиМО) и слесари по ремонту. Данные категории работников находятся непосредственно

на опасном производственном объекте (ОПО) и при возникновении техногенной чрезвычайной ситуации (ЧС) могут попасть под воздействие наиболее опасного фактора, способного привести к гибели (термическое воздействие огня).

Исходя из исследований, проведенных в Институте физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИФТПС СО РАН), основной причиной возникновения аварий в условиях Крайнего Севера на трубопроводах является разгерметизация с выбросом газа под высоким давлением в результате хрупкого разрушения металла за счет влияния низких температур. Выброс способен происходить с возгоранием и без возгорания опасного вещества и образованием осколков разрушившегося оборудования. Однако следует учитывать аномальные метеорологические условия Крайнего Севера [2], характеризующиеся мощными температурными инверсиями, возникающими при антициклоне за счет излучения вечномерзлого грунта при экстремально низких температурах окружающего воздуха, и условиями застоя воздуха. Мощные температурные инверсии в сочетании с условиями застоя воздуха влияют на процесс рассеивания газа в атмосфере, способствуя его замедлению и образованию взрывоопасных концентраций газа у поверхности земли, что приводит к возрастанию опасности от аварий на КС МГ в условиях Крайнего Севера. В результате подобной аварии будут поражены: персонал и люди, живущие вблизи данного объекта; объекты окружения (технологическое оборудование, здания и сооружения), экологическая составляющая (грунт, леса, почва, атмосфера). Это в свою очередь потребует значительных материальных ресурсов для локализации и ликвидации аварий и их последствий.

Таким образом, при оценке техногенной составляющей опасности производственной деятельности персонала на КС МГ в условиях Крайнего Севера следует учитывать вероятность появления опасных метеорологических условий, в частности наибольшую опасность представляют подобные температурные аномалии в зимнее время (ноябрь, декабрь, январь).

Известным фактом [3] является то, что наиболее опасными элементами КС МГ с точки зрения источника угрозы аварии являются трубопроводы и емкостное оборудование, в которых обращается

значительное количество опасного вещества. На основе соотношения удельных частот аварий на МГ из отчетов, корпоративных стандартов ПАО «Газпром» и полученных удельных частот аварий в ФГБУН ИФТПС СО РАН консервативно вычислен коэффициент влияния эксплуатации технологического оборудования в низкотемпературных условиях 1,8. В сущности полученного значения заключена одна из наиболее опасных вышеописанных причин разрушения металла — механизм хрупкого разрушения (табл. 1, вероятности разрушения и аварии на опасной составляющей производственного объекта (ОСПО) КС).

вия каждого фактора, позволяющая оценить полный ущерб здоровью и эффективность инвестиций в ОТ и ПБ. Однако разнотипные объекты исследовательской системы (шум и гибель от поражающих факторов (ПФ) ЧС) описываются показателями риска различной размерности (например, баллы и 1/год), что исключает непосредственное суммирование этих показателей и формирование общей шкалы ущерба.

Международная комиссия по радиологической защите в своем докладе в 1985 г. обосновала единый индекс вреда здоровью, выражаемый в годах потерянной здоровой жизни. Данный индекс рассматривается в зависимости от трех видов вреда: от

Таблица 1

ОСПО	Частота разгерметизации (1/год для оборудования и 1/(год·м) для трубопроводов) по данным [3] (авария, пересчитанная с коэффициентом 1,8)
Входной газопровод-шлейф, подземный	0,00000036
Выходной газопровод-шлейф, подземный	0,00000072
Всасывающие коллектор и трубопроводы газоперекачивающего агрегата (ГПА), коллектор и трубопроводы пускового контура, подземные	0,00000108
Нагнетательные коллектор и трубопроводы ГПА, подземные	0,00000162
Всасывающие трубопроводы ГПА, надземные (в том числе внутри укрытий ГПА)	0,00000216
Трубопроводы пускового контура, надземные	
Нагнетательные трубопроводы ГПА, надземные (в том числе внутри укрытий ГПА)	0,0000027
Трубопроводы диаметром менее 219 мм	0,00000216
ГПА	0,00018
Пылеуловители	0,000045
Аппараты воздушного охлаждения газа	0,000045
Крановые узлы, тройники	0,000027
Блок подготовки топливного и пускового газа	0,000045

Медицинские исследования [4–6], посвященные изучению разновидностей, причин и развития профессиональных заболеваний работников КС МГ, указывают на их происхождение из-за длительного воздействия шума и вибрации [7], излучаемого технологическим оборудованием. Помимо этого при штатной работе персонал подвергается длительному воздействию микроклимата и другим неблагоприятным факторам рабочей среды [1].

В связи с тем, что промышленная безопасность (ПБ) и охрана труда (ОТ) существенно взаимосвязаны между собой с точки зрения техногенного риска, наибольший интерес представляют отказы оборудования, приводящие к авариям (локальным техногенным ЧС), которые влекут за собой опасность гибели для сотрудников, а с точки зрения ОТ — длительное воздействие вредных факторов, например шума, приводящее к развитию профессиональных заболеваний [8]. Все вышеперечисленные факторы наносят ущерб здоровью работников, но рассчитываются, как правило, по-разному. Таким образом, необходима совокупная количественная оценка риска воздейст-

профессионального травматизма; от заболеваний, связанных с условиями труда; от воздействия ионизирующего излучения. В выработанной идеологии предполагается, что человек должен прожить свою жизнь целиком и без болезней, т.е. человек, не доживший до средней продолжительности жизни (СПЖ), теряет года жизни. В развитие вышеупомянутого в случае превышения предельно допустимой концентрации и предельно допустимого уровня вредных веществ и излучений в рабочей зоне на основании проведенных исследований специалистами НИИ гигиены труда были сформированы следующие реперные точки ущерба здоровью (ущерб, наносимый здоровью при работе во вредных условиях труда) [8].

Класс условий труда.....	3.1	3.2
Ущерб, суток недожития		
до СПЖ/год.....	3,0–24,0	24,1–50,0
Класс условий труда.....	3.3	3.4
Ущерб, суток недожития		
до СПЖ/год.....	50,1–75,0	75,1–150,0

Классы условий (КУ) труда 1, 2 и 4 в данной работе не рассматриваются, так как КУ 1 и 2 в выбранных

профессиях присутствуют в незначительной мере, а КУ 4 является недопустимым, иначе КС МГ не могло быть введено в эксплуатацию. В связи с поставленными границами исследования будет рассматриваться консервативно ущерб здоровью по правому пределу указанных диапазонов выбранной единицы измерения ущерба здоровью персонала.

Таким образом, для оценки опасности производственной деятельности персонала газотранспортных предприятий в качестве самого опасного сценария, определяющего наибольший ущерб здоровью, следует принимать получение накопленного ущерба здоровью из-за профессиональных заболеваний за период трудового стажа и смертельный травматизм, характеризующиеся продолжительным во времени негативным влиянием на состояние здоровья и внезапностью проявления соответственно. Следовательно, в случае с получением профессионального заболевания организму наносится скрытый ущерб в результате систематического воздействия вредных факторов, качество жизни человека падает, так как организм расходует силы для восстановления, а это в свою очередь приводит к акселерации старения и росту количества дней недожития (ДН). А в случае смерти количество ДН обозначается отчетливо. Значит, для достижения целей данной работы следует выбрать в качестве единого критерия оценки рисков — ущерб в виде количества ДН до определенного возраста как абсолютный показатель и количества ДН в год как относительный показатель, что заставляет пересмотреть подход к оценке опасности производственной деятельности, которую можно formalизовать в следующем виде [1]:

$$R = R_{c.t} + R_{п.д.н} + R_3 + R_{в.х.в} + R_{ср}, \quad (1)$$

где $R_{c.t}$ — риск смертельного травматизма (воздействия воздушно-ударной волны, попадания осколков, воздействия термической радиации); $R_{п.д.н}$ — риск потери дней нетрудоспособности из-за травм легкой, средней степени тяжести (данный показатель необходимо оценивать по вероятности возникновения травм, исходя из статистики); R_3 — риск профессиональных заболеваний, в том числе проявляющихся после завершения трудовой деятельности. Данный показатель необходимо оценивать с помощью следующих расчетов: статистических показателей по данным периодических медицинских осмотров, индекса профессиональных заболеваний, дозоэффективной зависимости, индекса профессионально обусловленных заболеваний, показателя вредности, количество лет, потерянных в результате нездоровья; $R_{в.х.в}$ — риск длительного воздействия химических веществ, проявляющихся при воспроизводстве потомства. Исходя из анализа статистических данных и литературных источников, данная составляющая $R_{в.х.в}$ не представляет высокой опасности, так как в практике не было замечено случаев проявившихся

заболеваний после завершения трудовой деятельности работников КС МГ по сравнению с угольной промышленностью, поэтому данный показатель рассматриваться не будет; $R_{ср}$ — риск воздействия гигиенических факторов условий труда (микроклимат, обусловленный экстремальными условиями окружающей среды; интенсивный шум; вибрация ручного инструмента в условиях низких температур воздуха; загазованность помещений; химические факторы; аэрозоли, преимущественно фиброгенного действия; биологические факторы; освещение и нарушение видимости оборудования; аэризация воздушной среды; неионизирующее излучение; ионизирующее излучение). На начальных этапах оценки данные показатели необходимо оценивать в соответствии с отраслевым стандартом СТО Газпром 18000.002 [9].

Таким образом, была разработана методика оценки опасности производственной деятельности работников КС МГ с учетом условий Крайнего Севера (рис. 1).

Первый и второй этапы — стандартные для классического анализа риска.

Третий этап является оценкой ущерба здоровью персонала КС МГ суммой количества лет недожития от профессиональных заболеваний до вероятного возраста гибели, определяемого на основе скорректированного математического ожидания ущерба.

Четвертый этап — разработка рекомендаций по распределению и снижению оцениваемых рисков.

Правила сопоставления результатов оценки гибели персонала детерминированным и вероятностно-статистическим методами

Для оценки ущерба здоровью персонала в результате гибели от ПФ ЧС необходимо сопоставить результаты расчетов, полученных детерминированным и вероятностно-статистическим методами, и выбрать варианты последующих расчетов с использованием нижеуказанных правил.

Как правило, в рассчитываемой величине индивидуального риска, как и в вероятности гибели работника, совершенно не учитывается возрастная составляющая погибшего, измеряемая в годах. В работах, посвященных данной тематике, смерть рассматривается как случайное событие, время наступления смерти также является случайной величиной, но мало упоминается о возрасте погибших. В контексте настоящей работы исключается смерть в результате естественных причин или преждевременная смерть.

Таким образом, получаем рассчитываемые в вышеописанных этапах разработанной методики величины:

вероятность гибели (1/год), определяемая детерминированным методом (п. 3.1.3 на рис. 1);

математическое ожидание количества лет недожития до возраста 65 лет (возраст, после которого трудовая деятельность, как правило, заканчивается)



▲ Рис. 1. Структура методики оценки ключевых параметров опасности производственной деятельности работника на КС МГ

▲ Fig. 1. Structure of the methodology for assessing the key parameters of the hazard of the employee industrial activity at compressor stations of main gas pipelines

в результате гибели от ПФ ЧС, определяемое вероятностно-статистическим методом.

Примем допущение о том, что рассчитываемая величина вероятности гибели работника соответ-

ствует каждому случайному событию на линиях получаемых функций распределения по заданным параметрам (п. 3.3 положений разработанной методики, см. рис. 1) — вероятному количеству ДН до пенсионного возраста в результате гибели от воздействия ПФ техногенной ЧС. Следует отметить, что по завершении трудовой деятельности жизнь работников после 65 лет не заканчивается и имеет продолжение. То есть часто период трудовой деятельности продолжается, в котором также действуют положения трудового законодательства (такие как предоставление безопасных условий труда, страхование от несчастных случаев на производстве и т.д.). Иначе говоря, ущерб здоровью возможен намного больше, чем установленное ограничение в 65 лет. Необходимо учитывать данный момент и определить скорректированную величину возраста погибшего с заданной вероятностью, или другими словами — необходимо определить математическое ожидание искомой величины из функции распределения, описывающей учитываемые заданные выше характеристики (вероятность гибели и математическое ожидание количества лет недожития до 65 лет от ПФ техногенной ЧС). Величину максимального возраста человека, который он способен прожить, спрогнозировать невозможно, т.е. данная величина также является случайной. В связи с отсутствием статистических данных о возрастном распределении на исследуемом ОПО для определения его параметров наиболее подходящим будет использование треугольного распределения. В качестве минимального значения примем средний возраст поступления на работу 23 года.

При моделировании треугольного распределения полученное математическое ожидание возраста может принимать значение меньше, чем разность 65 лет и смоделированного значения количества лет (дней) недожития от воздействия ПФ техногенной ЧС. При получении таких значений логично предположить, что гибель работника

наступила в результате заданных причин за пределами установленной границы максимального возраста, и ущерб здоровью будет больше, чем пенсионный возраст. Таким образом, предположение о том, что в

случае отсутствия смертельного травматизма от ПФ техногенной ЧС возможно достижение работником возраста за пределами 65 лет, является обоснованным и логичным.

В связи с тем, что возникает необходимость моделирования процесса, на который влияют случайные факторы (количество ДН до 65 лет и возраст работника с учетом вероятности гибели), необходимо определить композицию произведения двух законов распределения с константой. То есть для получения математического ожидания количества лет недожития до 65 лет с учетом заданных условий необходимо определить конечную функцию распределения, основанную на определяемой из статистических данных функции распределения гибели работника от ПФ аварии и треугольного распределения возраста погибшего:

$$Y = X_1 X_2 K, \quad (2)$$

где Y — конечная функция распределения, год; X_1 — случайная величина количества лет недожития до пенсионного возраста при воздействии ПФ ЧС (определяется из статистических данных), год; X_2 — случайная величина возраста погибшего (треугольное распределение), год; K — вероятность гибели от ПФ ЧС, 1/год.

Закон распределения получается интегрированием совместной плотности распределения $f(x_1, x_2)$ по области $D(y) = \{x_1, x_2: x_2 < y/(x_1 K)\}$, которую нужно согласовать с областью возможных случайных аргументов:

$$G(y) = \int \int_{x_1 x_2 K} f(x_1, x_2) dx_1 dx_2; \quad (3)$$

$$g(y) = G'(y) = \int_{-\infty}^{\infty} f\left(x_1, \frac{y}{x_1}\right) dx_1. \quad (4)$$

В качестве тестовых законов распределений выступают нормальный и логнормальный законы распределения (в соответствии с центральной предельной теоремой), а также законы распределения экстремального типа — Вейбулла, Гумбеля, Парето и экспоненциальное распределение — в соответствии с результатами классической асимптотической теории вероятности экстремальных величин.

Результаты количественной оценки опасности производственной деятельности персонала компрессорных станций магистральных газопроводов в условиях Крайнего Севера

Для оценки вероятности гибели персонала КС МГ от термического воздействия за основу взяты корпоративные [3, 9] и государственный [10] стандарты. В группах сценариев аварий для ОСПО КС МГ, характеризующихся рассеиванием газа, учтена специфика условий Крайнего Севера и добавле-

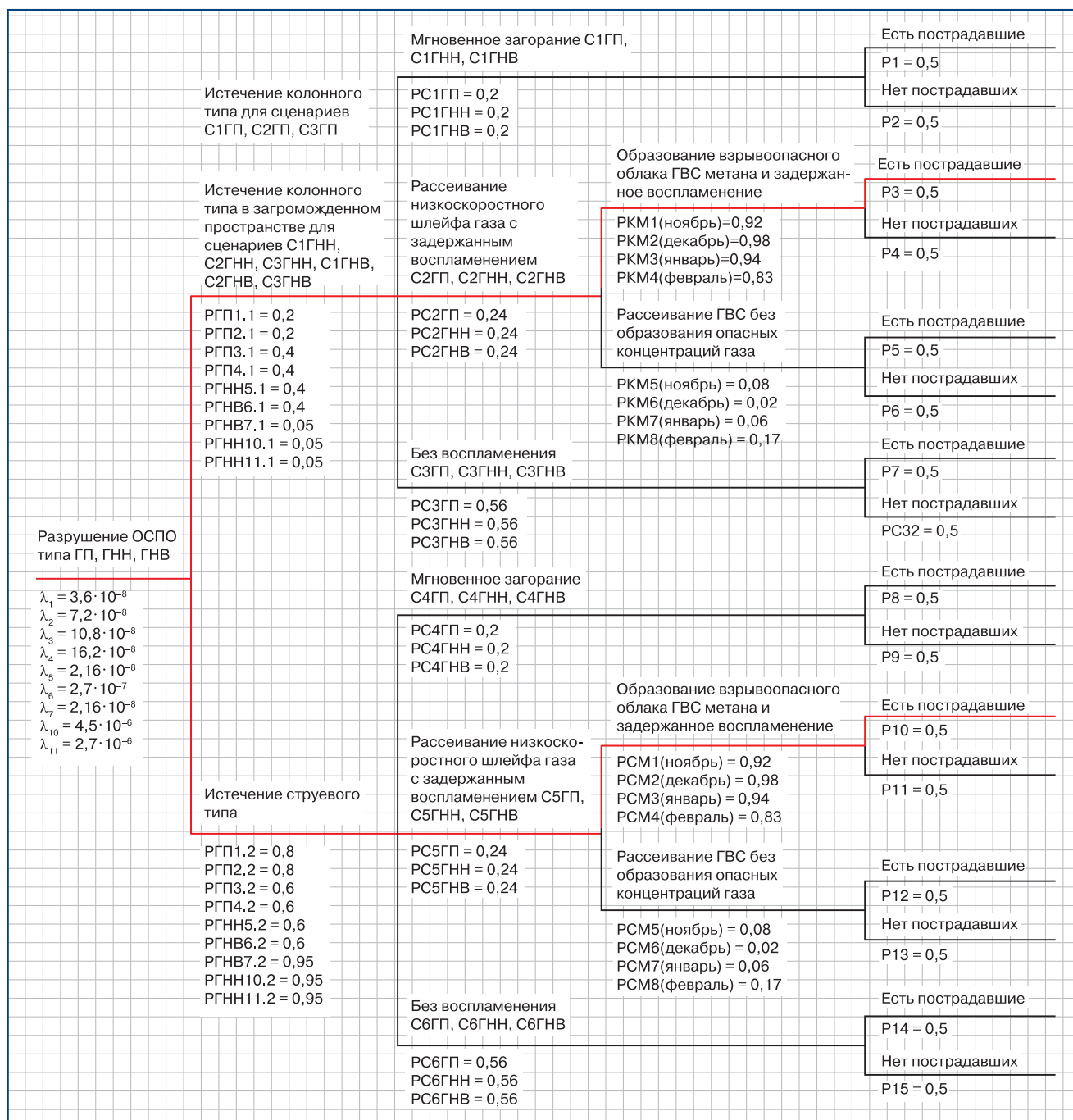
на последовательность событий: «...→ дисперсия в атмосфере и перенос на значительное расстояние взрывопожароопасного парового облака топливно-воздушных смесей как по территории объекта, так и за его пределы вблизи поверхности земли → образование взрывоопасных концентраций у поверхности земли → «задержанное» воспламенение парового облака от источника зажигания → сгорание облака паров в дефлаграционном режиме →...». Далее построены унифицированные деревья событий (рис. 2).

Для оценки конечных событий групп сценариев с мгновенным и задержанным воспламенением необходимо пользоваться значениями условных вероятностей мгновенного воспламенения и воспламенения с задержкой из [11]. Для достоверности принятия решения по ограниченной выборке на конечных вероятностях событий, характеризующих гибель персонала от ПФ ЧС, в деревьях событий используется двухальтернативная модель с уровнем допустимой вероятности 0,5.

Из проведенного анализа следует, что наиболее вероятным сценарием аварии на технологическом оборудовании с образованием газозвушной смеси (ГВС) метана и пострадавшими при заданных условиях в декабре является авария на аппаратах воздушного охлаждения (АВО) (табл. 2, значения вероятности гибели персонала при реализации определенных сценариев разрушения ОСПО с учетом температурной инверсии, 1/год).

Построим плотность распределения композиции произведения двух независимых реализаций случайных чисел в рамках задаваемых законов распределения. При оценке воздействия вредных и опасных факторов рабочей среды на работников КС МГ в условиях Крайнего Севера вероятностно-статистическим методом было определено, что случайная величина «ущерб здоровью (количество ДН) в результате получения смертельной травмы от ПФ аварии» описывается законом Вейбулла (рис. 3, а).

В результате проделанных действий определены математическое ожидание μ и дисперсия σ^2 ущерба здоровью соответственно 9447,5 дней (26 лет) и 17155908,6 дней². К сожалению, для определения закона распределения случайной величины «ущерб здоровью (количество ДН) в результате получения смертельной травмы от ПФ аварии» в условиях Крайнего Севера соответствующие статистические данные отсутствуют. В этом случае используем сделанное в методике [11] допущение, что закон распределения случайной величины совпадает по типам и отличается только по параметрам, в силу общих поражающих факторов. Параметры скорректированной функции распределения случайной величины можно определить по вышеописанным правилам сопоставления. Таким образом, получим скорректированные графики квантилей функции распределения случайной величины «ущерб здоровью (количество ДН) в результате получения смертельной травмы от ПФ



▲ Рис. 2. Унифицированное дерево событий для группы сценариев аварий на ОСПО типа ГП (подземные технологические газопроводы), ГНН (надземные наружные технологические газопроводы), ГНВ (надземные внутренние технологические газопроводы) для оценки ожидаемой частоты смертельного поражения персонала в результате воздействия поражающих факторов аварии (вероятность гибели)

▲ Fig. 2. Unified event tree for a group of scenarios of accidents at hazardous component of the production facility such as underground technological gas pipelines, aboveground external technological gas pipelines, aboveground internal technological gas pipelines to assess the expected frequency of fatal injury to personnel as a result of the impact of the damaging factors of the accident (probability of death)

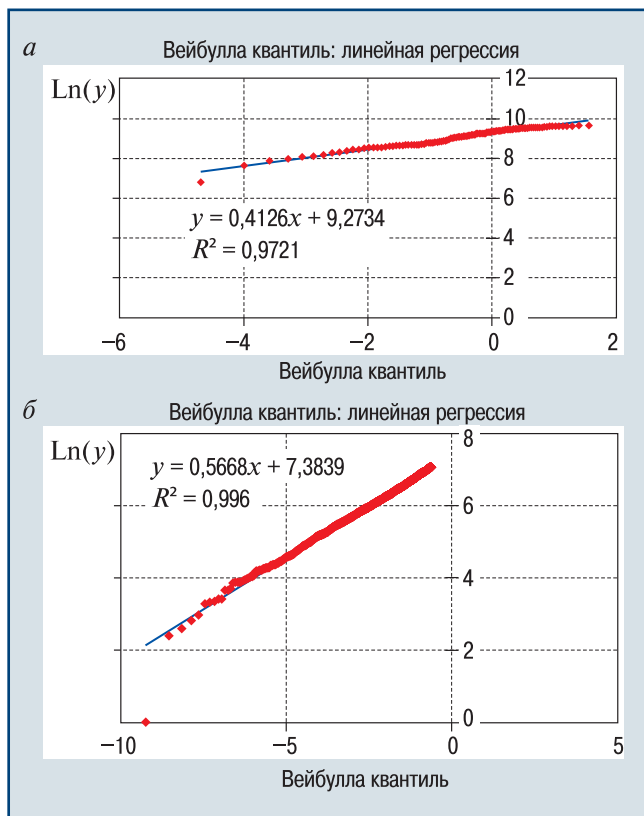
техногенной ЧС» (рис. 3, б). В результате проделанных действий определены математическое ожидание μ и дисперсия σ^2 ущерба здоровью соответственно 1433,0937 дней (4 года) и 703743,1074 дней².

Далее из анализа медицинских исследований (табл. 3, процент перенесших болезнь от общего ко-

личества людей на КС МГ, заболевших в выбранных группах после длительного воздействия шума технологического оборудования) [4] и методических подходов, описанных в нормативно-методической документации по ОТ [12, 13], на основе категории риска (K_p), категории тяжести (K_t) и индекса про-

Таблица 2

Сценарий	Технологическое оборудование	Вероятность гибели, 1/год
ГП	Всасывающий и нагнетательный трубопроводы обвязки ГПА, подземные	0,000000114
ГНН	АВО газа	0,000005027
ГНВ	Трубопроводы диаметром менее 219 мм	0,000000241



▲ Рис. 3. Графики квантилей функции распределения случайной величины «ущерб здоровью (количество ДН) в результате получения смертельной травмы от ПФ аварии» (а) и «скорректированное значение ущерба здоровью (количество ДН) в результате получения смертельной травмы от ПФ аварии в условиях Крайнего Севера» (б)

▲ Fig. 3. Graphs of quantiles of the distribution function of the random variable «damage to health (number of days of under-living) as a result of receiving a fatal injury from an accident damaging factors» (a) and «adjusted value of damage to health (number of days of under-life) as a result of receiving a fatal injury from an accident damaging factors in the Far North» (b)

фессиональных заболеваний ($I_{п.з.}$) определим оценки влияния профессиональных заболеваний на количество ДН до 65 лет по профессиям (табл. 4, результаты оценки влияния профессиональных заболеваний на количество ДН до 65 лет по профессиям).

Определяя относительный риск (RR) и этиологическую долю (EF), вычислим математическое ожидание ущерба и дисперсию от профессиональных

Таблица 3

Болезнь (симптоматика)	Машинист, %	Слесарь по ремонту, %	Слесарь АиМО, %
Шум в ушах	34,8	39,0	10,8
Боли в области сердца	35,0	28,5	15,8
Профессиональные потери слуха	36,0	38,5	5,7
Хронические суб- и атрофические фарингиты	49,5	35,3	—
Гипертоническая болезнь	30,5	25,0	—
Нарушения биоэлектрической активности миокарда	16,5	21,5	9,7
Симпатикотоническое реагирование по клиностатической и глазосердечной пробе	92,4	90,5	—
Синдром вегетосудистой дистонии, преимущественно симпатoadреналового характера	39,4	—	16,5
Конъюнктивы глаза	79,6	—	—
Ангиопатии сетчатки гипертонического типа	84,2	83,3	50,4
Циркуляторные расстройства и нормальный уровень артериального давления	47,8	34,5	16,9
Изменения ретинальных сосудов до установления клинического диагноза вегетосудистой дистонии	45,3	—	—
Офтальмологические нарушения сочетаются с изменениями в мозговой гемодинамике	89,3	92,7	—
Дискинезии желчевыводящих путей	9,3	—	3,3
Умеренная гипербилирубинемия и повышение активности трансаминаз	14,5	—	13,2
Увеличение числа лимфоцитов	22,0	26,0	—
Угнетение фагоцитарной активности лейкоцитов сопровождалось повышением активности лизоцима	48,3	50,2	—

заболеваний, а также вероятность его возникновения. Таким образом, будут получены значения ущерба здоровью в виде количества ДН в год, из которых легко определить ущерб от профессиональных заболеваний за период начала трудовой деятельности до гипотетического возраста гибели от воздействия ПФ техногенной ЧС и провести суммирование значений

Таблица 4

Параметр	Машинист			Слесарь по ремонту			Слесарь АиМО		
	И _{п.з}	Класс условий труда	Количество ДН до 65 лет в год	И _{п.з}	Класс условий труда	Количество ДН до 65 лет в год	И _{п.з}	Класс условий труда	Количество ДН до 65 лет в год
Среднее значение	0,440	—	102,941	0,318	—	76,47	0,172	—	50,00
На основании среднего И _{п.з}		3.3	75		3.3	75		3.2	50

вероятных ущербов от профессиональных заболеваний ($R_{\text{проф.заб}}$) и смертельного травматизма ($R_{\text{см.тр}}$) для получения полного ущерба здоровью персонала в результате производственной деятельности (табл. 5, ущерб здоровью от профессиональных заболеваний (ДН до 65 лет) в выбранных профессиях).

брано количество дней недожития до пенсионного возраста. Самым неблагоприятным сценарием с максимальным ущербом оказались влияние шума, способствующего возникновению и развитию ряда профессиональных заболеваний, и гибель в результате термического воздействия пожара при ЧС.

Таблица 5

Риск в определенный период	Ущерб здоровью от профессиональных заболеваний (ДН до 65 лет) в выбранных профессиях					
	Машинист		Слесарь по ремонту		Слесарь по АиМО	
	дней	лет	дней	лет	дней	лет
$R_{\text{проф.заб}}$, за год	103	—	77	—	50	—
$R_{\text{проф.заб}}$, 38 лет	3921,6	10,7	2931,7	8,0	1903,7	5,2
Полный ущерб здоровью от опасных и вредных факторов $R_{\text{проф.заб}} + R_{\text{см.травм}}$	5354,7	14,7	4364,8	11,9	3336,8	9,1

Математическое ожидание и дисперсия ущерба от профессиональных заболеваний составят: $\mu_{\text{проф.заб}} = 3750$ дней и $\sigma_{\text{проф.заб}}^2 = 4929553,125$ дней². Исходя из высчитываемой стоимости одних суток жизни работающего россиянина по средним экспертным оценкам «цены жизни» и СПЖ [14], показатели страховых выплат по профессиям распределяются следующим образом: машинисты (4529204,564 руб.), АиМО (3692485,564 руб.) и слесари по ремонту (2823825,564 руб.). В табл. 6 по предлагаемой методике в [14] представлен пример расчета размеров доплат за вредные и опасные условия труда по профессиям.

Таблица 6

Профессия	Число действующих факторов	Приведенный ущерб, сут/год	Размер доплаты, %
Машинист	20	80	16,8
Слесарь по АиМО	20	75	15,75
Слесарь по ремонту	20	77	16,17

Заключение

Разработана комплексная методика оценки опасности производственной деятельности персонала компрессорных станций магистральных газопроводов с учетом особенностей условий Крайнего Севера. Единицей измерения ущерба здоровью вы-

На основании полученных значений расчетов определено математическое ожидание ущерба здоровью персонала. Также разработаны рекомендации по внедрению разработанного методического подхода, в частности рекомендации по страховым выплатам и доплатам за вредные и опасные условия труда.

Список литературы

1. Алексеев И.Н., Терехов А.Л. Повышение безопасности труда на газотранспортном предприятии в Арктической климатической зоне// Безопасность труда в промышленности. — 2017. — № 8. — С. 67–75. DOI: 10.24000/0409-2961-2017-8-67-75
2. Захарова М.И. Оценка риска аварийного истечения газа из газопровода при аномальных метеоусловиях Севера// Проблемы анализа риска. — 2018. — Т. 15. — № 2. — С. 78–85. DOI: 10.32686/1812-5220-2018-15-2-78-85
3. СТО Газпром 2-2.3-351—2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром». — М.: ОАО «Газпром», 2009.
4. Шакирова Э.Т. Оценка условий труда и состояния здоровья работающих на современных газотранспортных предприятиях: дис. ... канд. мед. наук. — СПб, 1996.
5. Biddle E. Разработка и применение системы классификации производственного травматизма и профзаболеваний: Энциклопедия по охране и безопасности труда. Четвертое издание. URL: <http://base.safework.ru/iloenc?find=&bsearch=Elyce+Biddle&whereSelect=-1&barod.x=0&barod.y=0> (дата обращения: 15.08.2022).
6. Zahm Sh.H. Измерение эффектов воздействия вредных факторов: Энциклопедия по охране и безопасности труда. Четвертое издание. URL: <http://base.safework.ru/iloenc?d&nd=857000228&prevDoc=857400265> (дата обращения: 15.08.2022).
7. Терехов А.Л., Дробаха М.Н. Современные методы снижения шума ГПА. — М.: Недра, 2008. — 366 с.
8. Алексеев И.Н., Терехов А.Л. Оценка опасности производственной деятельности персонала газотранспортных

предприятий// Вести газовой науки: науч.-техн. сб. — 2020. — № 1. — С. 164–172.

9. *СТО Газпром 18000.1-002—2020*. Идентификация опасностей и управление рисками в области производственной безопасности. — СПб: ПАО «Газпром», 2020.

10. *ГОСТ Р 58771—2019*. Менеджмент риска. Технологии оценки риска. — М.: Стандартинформ, 2020.

11. *Методика* определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. приказом от 10 июля 2009 г. № 404). URL: <https://docs.cntd.ru/document/902170886> (дата обращения: 14.06.2022).

12. *Р 2.2.1766—03*. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки (утв. Главным государственным санитарным врачом, Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации Г.Г. Онищенко 24 июня 2003 г.). URL: <https://docs.cntd.ru/document/901902053> (дата обращения: 14.06.2022).

13. *Р 2.2.2006—05*. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 29 июля 2005 г.). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200040973> (дата обращения: 14.06.2022).

14. *Профессиональный риск*. Теория и практика расчета/ под ред. А.Г. Хрупацева, А.А. Хадарцева. — Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. — 330 с.

I_Alexeev@vniigaz.gazprom.ru

Материал поступил в редакцию 15 июня 2022 г.
Доработанная версия — 16 августа 2022 г.

«Bezопасnost Truda v Promyshlennosti»/ «Occupational Safety in Industry», 2022, № 9, pp. 74–83.
DOI: 10.24000/0409-2961-2022-9-74-83

Results of Hazard Assessment of Industrial Activity of Personnel of the Compressor Stations of Main Gas Pipelines

I.N. Alekseev, Engineer, I_Alexeev@vniigaz.gazprom.ru
A.L. Terekhov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Chief Researcher
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Razvilka, Russia

Abstract

During gas transportation operations in extreme low-temperature natural and climatic conditions of the Far North, one of the urgent issues is the assessment of the probability of personnel death in the event of emergencies and occupational diseases during regular operation when operating the technological equipment of the compressor stations of main gas pipelines. The article discusses the results of an assessment based on the developed methodology for calculating integral indicators of the risk of damage to the life and health of employees of the compressor stations of main gas pipelines in the conditions of the Far North, aimed at ensuring the safety of personnel in the workplaces.

When creating the methodological approach, specific features affecting the level of safety of life and health of personnel were considered, such as: microclimate, the mechanism of brittle de-

struction of equipment metal, temperature inversion, prolonged exposure to aggregates noise, etc. To determine the influence of each of the listed factors, a single criterion for assessing damage to the health of personnel (days of under-living) located directly at the investigated hazardous production facility (compressor stations of main gas pipelines) was selected and justified: machinists, automation and metrological support fitters, repair fitters. Based on the statistical data, the damage of under-living to retirement age is determined, adjusted for the conditions of the Far North in the event of the death of an employee of each profession in the event of an emergency at a compressor station. Further, in the range from the beginning of employment to the estimated age of death calculated above, the damage from occupational diseases is determined.

These provisions of the methodological approach for assessing the cumulative damage to health allowed to develop recommendations for calculating insurance payments in the event of the death of an employee, calculating additional payments for harmful and hazardous working conditions and design changes in the form of the use of special coatings for pipelines for reducing the occupational risk of personnel of the compressor stations of main gas pipelines in given conditions.

Key words: occupational risk, technogenic risk, risk assessment, industrial safety, methods of quantitative risk assessment, compressor stations of main gas pipelines, Occupational Health & Safety, industrial safety, the far North.

References

1. Alekseev I.N., Terekhov A.L. Labor Safety Increase at the Gas Transmission Enterprise in the Arctic Climatic Zone. *Bezопасnost Truda v Promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2017. № 8. pp. 67–75. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2017-8-67-75
2. Zakharova M.I. Risk assessment of the emergency expiration of gas from the gas pipeline under abnormal meteorological conditions of the North. *Problemy analiza riska = Issues of Risk Analysis*. 2018. Vol. 15. № 2. pp. 78–85. (In Russ.) DOI: 10.32686/1812-5220-2018-15-2-78-85
3. *СТО Газпром 2-2.3-351-2009*. Guidelines for conducting risk analysis for hazardous production facilities of gas transmission enterprises of OAO Gazprom. Moscow: OAO «Gazprom», 2009. (In Russ.).
4. Shakirova E.T. Evaluation of working conditions and health status of the employees at modern gas transportation enterprises: thesis ... Candidate of Medical Sciences. Saint Petersburg, 1996. (In Russ.).
5. Biddle E. Development and application of a classification system for industrial injuries and occupational diseases. *Entsiklopediya po okhrane i bezopasnosti truda = Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. 4th ed. ILO. Available at: <http://base.safework.ru/iloenc?find=&bsearch=Elyce+Biddle&whereSelect=-1&barod.x=0&barod.y=0> (accessed: August 15, 2022). (In Russ.).
6. Zahm Sh.H. Measuring the effects of exposure to harmful factors. *Entsiklopediya po okhrane i bezopasnosti truda = Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. 4th ed. ILO. Available at: <http://base.safework.ru/iloenc?d&nd=857000228&prevDoc=857400265> (accessed: August 15, 2022). (In Russ.).

7. Terekhov A.L., Drobakha M.N. Modern methods of reducing the noise of turbo-compressor units. Moscow: Nedra, 2008. 366 p. (In Russ.).

8. Alekseev I.N., Terekhov A.L. Assessment of occupational hazards for gas transmission providers. *Vesti Gazovoy Nauki: nauch.-tekhn. sb.* (Gas Science Bulletin: scientific-technical collection book). 2020. № 1. pp. 164–172. (In Russ.).

9. STO Gazprom 18000.1-002—2020. Identification of hazards and risk management in the field of industrial safety. Saint Petersburg: PAO «Gazprom», 2020. (In Russ.).

10. GOST R 58771—2019. Risk management. Risk assessment technologies. Moscow: Standartinform, 2020. (In Russ.).

11. Methodology for determining the calculated values of fire risk at production facilities (approved by Order of Ju-ly 10, 2009, № 404). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902170886> (accessed: June 14, 2022). (In Russ.).

12. R 2.2.1766—03. Guidelines on occupational risk assessment for workers' health. Organizational and methodological aspects, principles and criteria (approved by the Chief State Sanitary Doctor, First Deputy Minister of Health of the Russian Federation G.G. Onishchenko on June 24, 2003). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/901902053> (accessed: June 14, 2022). (In Russ.).

13. R 2.2.2006—05. Guide on Hygienic Assessment of Factors of Working Environment and Work Load. Criteria and Classification of Working Conditions (approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation G.G. Onishchenko on July 29, 2005). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200040973> (accessed: June 14, 2022). (In Russ.).

14. Khrupachev A.G., Khadartsev A.A. Occupational risk. Theory and practice of calculation. Tula: Izd-vo TulGU, 2011. 330 p. (In Russ.).

Received June 15, 2022

In final form — August 16, 2022



МАЛЫШЕВ
Юрий Николаевич

Горная наука и горная промышленность понесли невосполнимую утрату: на 84-м году жизни скончался заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, академик Российской академии наук, президент Академии горных наук, президент Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН, член редакционного совета журнала «Безопасность труда в промышленности» Юрий Николаевич Малышев.

Юрий Николаевич — выдающийся ученый и авторитетный специалист в области горнодобывающей промышленности. Круг его научных интересов был огромен: научные основы создания интенсивной технологии подземной разработки мощных и средней мощности угольных пластов, методы обоснования рациональных технологических схем и параметров выемки пластов в различных горно-геологических условиях, совершенствование технологий подземной добычи угля с учетом особенностей развития научно-технического прогресса и многое другое.

Величайшим достижением Ю.Н. Малышева стала реструктуризация угольной промышленности, результаты которой оказали огромное влияние как на угольную отрасль, так и на экономику Российской Федерации.

Трудовую деятельность Юрий Николаевич начал в 1956 г., он прошел весь путь от подкатчика в шахте до генерального директора ГП «Росуголь», был Председателем Комитета угольной промышленности Министерства топлива и энергетики Российской Федерации, директором шахты «Зырянская» ПО «Южжубассуголь», директором ИГД им. А.А. Скочинского Мин-

углепрома СССР, членом коллегии Министерства топлива и энергетики Российской Федерации.

При его непосредственном участии разработана программа развития угольной промышленности Российской Федерации до 2030 г., обосновано создание новых кластеров добычи угля на севере и востоке страны.

Юрий Николаевич был одним из самых уважаемых членов Общественного совета Ростехнадзора. Его глубокие знания в области горного дела внесли огромный вклад в развитие промышленной безопасности в горнорудной и угольной отрасли.

Под руководством Ю.Н. Малышева Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН вошел в число ведущих музеев Москвы, став базой для подготовки молодых геологов и горняков, современным научным центром, объединяющим ученых и производственников горно-геологической отрасли.

Он автор более 180 научных работ, среди которых энциклопедический справочник по открытой добыче полезных ископаемых, ряда монографий, 50 патентов и изобретений.

Юрий Николаевич был лауреатом премий Совета Министров СССР, Ленинского комсомола, Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники, кавалером ордена «За заслуги перед Отечеством» III степени, ордена Почета, ордена Дружбы, почетным кавалером знака «Шахтерская слава» трех степеней, офицером ордена «За заслуги перед Польской республикой», кавалером ордена Святого Даниила Московского II и III степеней и других наград.

Добрая память о Юрии Николаевиче Малышеве навсегда сохранится у всех, кто его знал.