

УДК 622.691.48, 614.8.067, 614.8.086, 614.87, 613.64

Оценка опасности производственной деятельности персонала газотранспортных предприятий

И.Н. Алексеев^{1*}, А.Л. Терехов¹

¹ ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Российская Федерация, 142717, Московская обл., Ленинский р-н, пос. Развилка, Проектируемый пр-д № 5537, вл. 15, стр. 1

* E-mail: I_Alexeev@vniigaz.gazprom.ru

Ключевые слова: профессиональный риск, техногенный риск, оценка риска, производственная безопасность, методы количественной оценки рисков, компрессорные станции магистральных газопроводов, охрана труда.

Тезисы. В статье представлены основные положения разработанной методики оценки опасности производственной деятельности персонала на компрессорных станциях магистральных газопроводов. Методика позволяет количественно определить ущерб здоровью как вследствие штатной работы, так и в случае возникновения чрезвычайной ситуации. Определен негативный сценарий нанесения ущерба здоровью. Итогом работы являются рекомендации в отношении страхования профессионального риска и изменения конструктивных особенностей технологического оборудования.

Транспортировка природного газа занимает одно из ключевых положений в технологической цепочке компании ПАО «Газпром», в которой задействовано большое количество обслуживающего оборудование персонала. Прогнозирование травм, смертей персонала, инцидентов, аварий, а также финансовых затрат в случае возникновения данных событий и разработка необходимых мер для их недопущения в настоящее время являются одними из наиболее востребованных и интенсивно развивающихся составных частей риск-ориентированного подхода. В связи с тем что компрессорные станции магистральных газопроводов (КС МГ) расположены в различных климатических зонах, учет специфики всех предприятий и разработка универсальных рекомендаций в отношении создания наиболее безопасных условий труда с допустимым уровнем риска для работников всех производственных объектов – это актуальные задачи.

Практика эксплуатации КС МГ показывает, что экономический ущерб от аварий может быть колоссальным, а устранение их последствий – весьма трудозатратным. В связи с ростом объемов добычи и транспортировки природного газа востребованной становится оценка опасности производственной деятельности персонала газотранспортных предприятий с учетом изменяющихся со временем требований к уровню безопасности при развитии научных знаний о влиянии тех или иных вредных и опасных производственных факторов на организм человека. Это, в свою очередь, определяет необходимость оценивать и анализировать опасности при помощи методических подходов, удовлетворяющих поставленным условиям.

В настоящее время в российских нормативных документах отсутствуют методики оценки профессиональных рисков на КС МГ и конкретные указания по этому вопросу. Согласно п. 37 приказа Минтруда России от 19.07.2016 № 438н «Об утверждении типового положения о системе управления охраной труда» метод оценки рисков выбирается работодателем самостоятельно «с учетом характера своей деятельности и сложности выполняемых операций».

В газовой отрасли в настоящее время применяют методы специальной оценки условий труда (СОУТ), отраженные в ряде нормативно-методических документов совместно с корпоративным стандартом СТО Газпром 18000.1-002-2014 «Идентификация опасностей и управление рисками». Однако результаты анализа по данным методикам не в полной мере выявляют все стороны опасностей. Так, не учитывается сочетанный риск, обусловленный как профессиональной, так и техногенной составляющей. Отдельно выполненная оценка профессионального и техногенного рисков не позволяет оценить реальную безопасность условий труда на рабочем месте [1]. Таким образом, возникает необходимость разработки специального

методического подхода к оценке опасности производственной деятельности персонала КС МГ, который позволит рационально распределить ограниченные средства на обеспечение безопасности, направив их в первую очередь на защиту наиболее опасных рабочих мест.

Исходя из опыта эксплуатации таких опасных производственных объектов (ОПО), как КС МГ, и результатов многолетних исследований [2, 3] основными причинами сокращения жизни работников являются полученные в ходе профессиональной деятельности профессиональные заболевания, травмы, в том числе смертельные вследствие воздействия поражающих факторов чрезвычайной ситуации. Медицинские исследования показали, что профессиональные заболевания и травмы, полученные при штатной работе, приводят к акселерации старения и снижению качества жизни человека, т.е. организм человека тратит свои жизненные силы на восстановление, описываемое с точки зрения медицины как поддержание явления клеточного гомеостаза [4, 5]. В результате этого происходит сокращение жизни человека.

Международная комиссия по радиологической защите в 1985 г. обосновала¹ единый индекс вреда здоровью, выражаемый в годах потерянной здоровой жизни. Данный индекс рассматривается в зависимости от трех видов вреда: 1) профессионального травматизма; 2) заболеваний, связанных с условиями труда; 3) воздействия ионизирующего излучения. Эти результаты получили отражение в исследованиях Международной организации труда, Всемирной организации здравоохранения и Всемирного банка, что позволило ввести в оборот показатель количества откорректированных на инвалидность лет жизни DALY (*англ.* disability lost year)[6]:

$$DALY = -\frac{DCxe^{-ba}}{(b+r)^2} (e^{-(b+r)L} (1 + (b+r)(L+a)) - (1 + (r+b)a)), \quad (1)$$

где L – количество лет жизни, которые осталось прожить человеку от возраста a , лет (возраст начала заболевания/получения травмы); D – весовой коэффициент инвалидизации (тяжести заболевания/травмы), изменяющийся в диапазоне от 1 (смерть) до 0 (здоровье в целом); Cxe^{-ba} – весовая функция для возраста x , лет ($C = 0,16243$, $b = 0,04$ и $e = 2,71$ – константы); $e^{-(b+r)L}$ – функция дисконтирования ($r = 0,03$ – ставка дисконтирования).

Выработанная идеология предполагает, что человек должен прожить свою жизнь целиком и без болезней, т.е. каждый не доживший до средней продолжительности жизни (СПЖ) теряет года жизни. В развитие вышеупомянутого для случая превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) вредных веществ и предельно допустимого уровня (ПДУ) излучений в рабочей зоне специалистами НИИ гигиены труда [5] сформированы следующие реперные точки ущерба здоровью: верхняя граница ущерба вычислена исходя из 25-летнего стажа работы в условиях труда на границе классов 3.4...4.0 по Р 2.2.1766-03² со временем сокращения продолжительности жизни на 10 лет и более, т.е. $365 \cdot 10/25 = 146$ сут ≈ 150 сут СПЖ; нижняя граница определена как $0,008 \cdot 365 = 2,92$ сут ≈ 3 сут СПЖ за год (т.е. средняя продолжительность жизни снижается на 3 сут) на основании сравнительного анализа наносимого пожизненного ущерба в результате действия некоторых химических веществ и ионизирующей радиации при предельно допустимых значениях гигиенических нормативов, где доля года, которая теряется в результате действия рассматриваемого источника риска в течение всего года, составляет 0,008 для профессиональных работников.

Таким образом, для оценки опасности производственной деятельности персонала газотранспортных предприятий в качестве самого опасного сценария, определяющего наибольший ущерб здоровью, следует принимать получение профессиональных заболеваний и смертельный травматизм, характеризующиеся соответственно продолжительным во времени негативным влиянием на состояние здоровья и внезапностью проявления. А в качестве единицы ущерба здоровью – сокращение СПЖ на количество суток, определенное согласно рассмотренному подходу.

В мировой практике риск-менеджмента выделяют четыре основных способа реагирования на риск:

1) уклонение от риска / исключение риска / избежание риска – отказ от деятельности, которая может привести к появлению негативных последствий значимого уровня, что подразумевает

¹ Рекомендации МКРЗ. Количественное обоснование единого индекса вреда. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 85 с.

² Р 2.2.1766-03. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников.

под собой полный отказ от действий или каких-либо устройств, заключающих в себе данный риск;

2) сокращение / снижение риска – проведение действий, направленных на уменьшение частоты возникновения или последствий реализации риска (например, совершенствование систем безопасности, мероприятия по технике безопасности, проектирование специальных защитных систем, обучение персонала, создание запаса комплектующих на случай аварии и т.д.);

3) разделение / передача / распределение риска – страхование, привлечение партнера, создание различных отраслевых ассоциаций, совместных предприятий, обмен долями в капиталах, привлечение нового акционера, реструктуризация бизнеса;

4) принятие / сохранение / удержание риска – самострахование, отсутствие действий, применяемых при сокращении/снижении риска [7, 8].

Отказаться от опасной деятельности при транспортировке газа не представляется возможным (см. способ 1), а принятие риска (см. способ 4) кощунственно. В связи с этим наиболее подходящими являются способы 2 и 3.

С учетом сказанного разработан методический подход (рис. 1) [9]. Данные на рис. 1 показывают, что расчеты требуют выполнения ниже перечисленных этапов, содержащих классические для анализа риска пункты: сбор исходных данных (1); идентификацию опасностей (2); оценку риска (3); разработку рекомендаций по уменьшению риска (4).

Основными исходными данными для расчетов являются: 1) состав работников КС МГ; 2) статистическая информация об авариях на КС МГ (размеры зон распространения поражающих факторов, количества выброшенного газа в атмосферу, размер ущерба); 3) количество пострадавших в результате аварии; 4) результаты периодических медицинских осмотров; 5) выявленные профессиональные заболевания; 6) результаты СОУТ; 7) конструктивно-технологические параметры КС МГ (описание технологического оборудования – количество газоперекачивающих агрегатов, аппаратов воздушного охлаждения, пылеуловителей, виды трубопроводов и т.д.); 8) описание природно-климатических зон расположения КС МГ (метеоданные в регионе); 9) план КС МГ; 10) общие сведения эксплуатирующей организации;

11) уровни ПДК и ПДУ на рабочих местах; 12) уровень фактора; 13) время действия; 14) стаж работы; 15) тропность действия фактора; 16) органы-мишени; 17) синергизм или антагонизм действующих факторов; 18) оценка класса условий труда; 19) срочность и объем мер профилактики.

Для п. 2 «Идентификация опасностей» (см. рис. 1) одним из наиболее подходящих оказался методический подход, описанный в корпоративном стандарте СТО Газпром 18000.1-002-2014 «Идентификация опасностей и управление рисками».

П. 3 «Оценка профессионального риска» (см. рис. 1), по существу, состоит из комбинации детерминированного и вероятностно-статистического методов. В основу детерминированного метода (см. пп. 3.1) лег методический подход, разработанный учеными НИИ медицины труда РАМН [10]. Предложенная методика расчета интегрального показателя уровня профессионального риска в организации и индивидуального профессионального риска в зависимости от условий труда и состояния здоровья работника позволяет учесть выделенные авторами основные блоки опасностей производственной деятельности. Данный методический подход, доработанный под условия сформулированной ранее научной задачи, количественно отражает индивидуальный интегральный показатель профессионального риска работника, подразумевает оценку вредности и опасности условий труда на рабочем месте несколькими методами, учитывает имеющиеся риски травмирования и степень защищенности работников СИЗ на основе трех показателей:

1) ПВ, характеризующего суммарную вредность условий труда на рабочем месте (см. рис. 1, пп. 3.1.1);

2) РТ, характеризующего опасность условий труда на основе риска травмирования на рабочем месте (см. рис. 1, пп. 3.1);

3) ОЗ (см. рис. 1, пп. 3.1.3).

Показатель ПВ формируется исходя из оценки влияния вредных факторов, ущерба от избыточной дозы ПДК химического вещества в воздухе рабочей зоны или ПДУ опасного фактора на развитие профессиональных заболеваний по вычисляемым критериям величин относительного риска RR и EF (см. рис. 1, пп. 3.1.1.1–3.1.1.4). Способы оценки представлены в ряде нормативно-методических

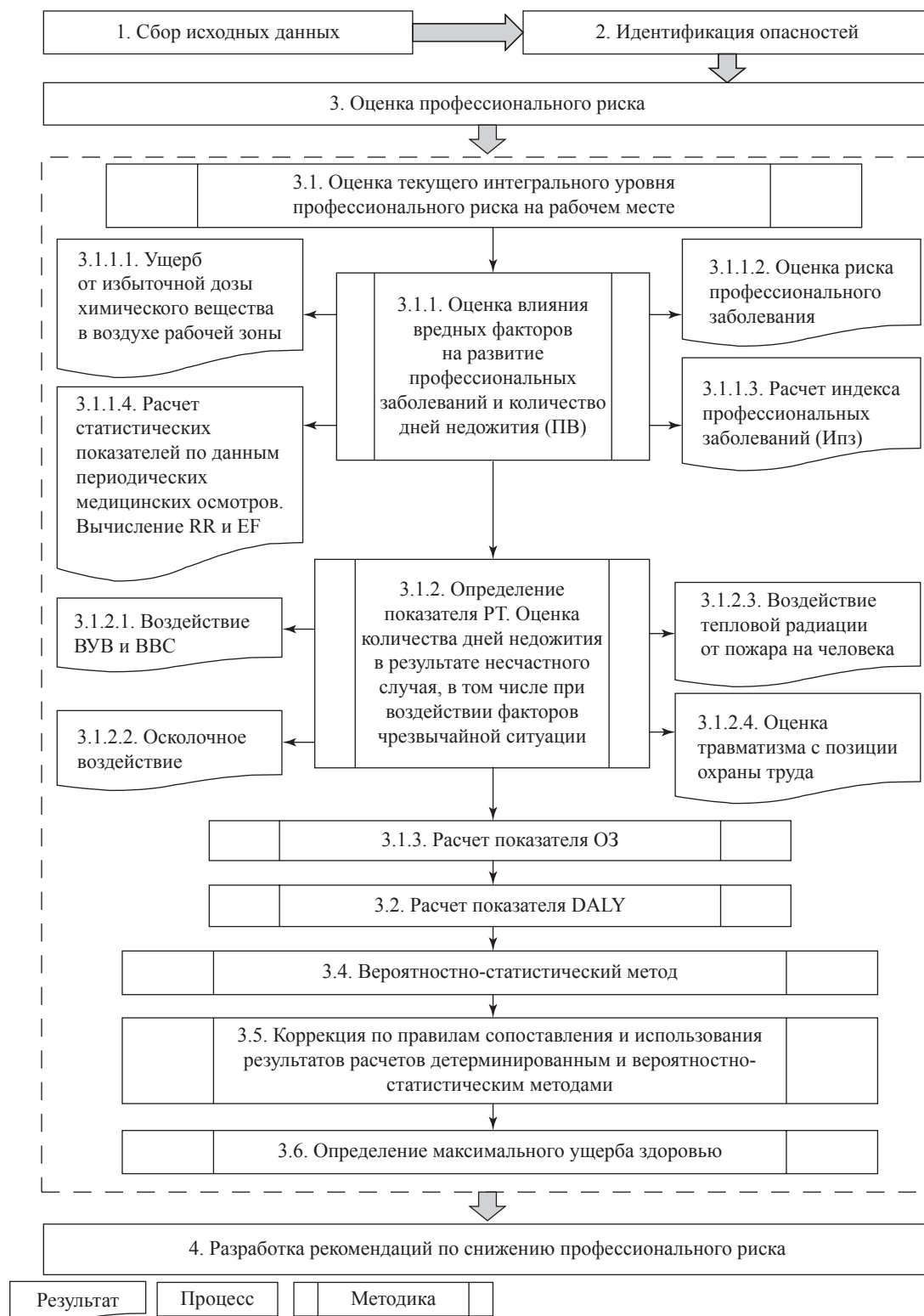


Рис. 1. Алгоритм оценки опасности производственной деятельности работника КС МГ:
 ПВ – показатель вредности условий труда на рабочем месте; RR – относительный риск;
 EF – этиологическая доля; ВУВ – воздушная ударная волна; ВВС – воздушная волна сжатия;
 ОЗ – показатель защищенности работника средствами индивидуальной защиты (СИЗ); РТ –
 показатель риска травмирования работника на рабочем месте

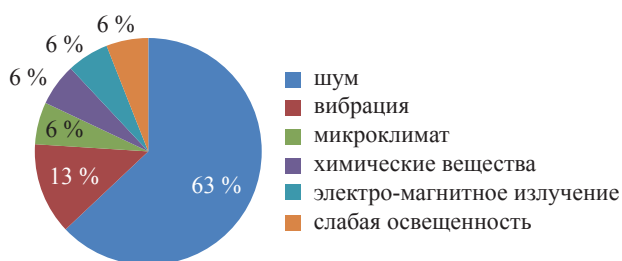


Рис. 2. Вредные факторы, воздействующие на работников газовой отрасли

документов³. Таким образом производится оценка влияния профессиональных заболеваний на количество дней недожития [5].

Поскольку показатель РТ помимо травматизма, возникающего при штатной работе (падение с высоты, травма при работе с ручным инструментом и пр.), содержит в себе смертельный травматизм от воздействия поражающих факторов аварии, то для определения вероятностей таких событий необходимо обратиться к методам анализа техногенного риска, в которых изложены методические подходы к оценке барического, термического воздействия, осколочного и токсического поражения⁴. Далее по определяемому показателю ОЗ вычисляется интегральный показатель условий труда (ИОУТ):

$$\text{ИОУТ} = 100 - \frac{(\text{ПВ} - 1) - 6 + \text{Р}}{2334}, \quad (2)$$

³ ГОСТ 12.0.230-2007 ССБТ. Системы управления охраной труда. Общие требования; Об определении степени тяжести повреждения здоровья при несчастных случаях на производстве: приказ Минздравсоцразвития РФ от 24.02.2005 № 160; Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда; 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 РФ 24.06.2003.

⁴ Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС РФ от 10.07.2009 № 404; Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» / утв. приказом Ростехнадзора России от 11.04.2016 № 144; СТО Газпром 2-2.3-351-2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром»; Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта газа» / утв. приказом Ростехнадзора России от 26.12.2028 № 647.

где Р – ранг, определенный в соответствии со значениями РТ и ОЗ для данного рабочего места; 100 – коэффициент пропорциональности; 2334 – теоретически возможное число всех уникальных комбинаций значений ПВ > 1, РТ и ОЗ.

Результаты исследований [2, 3] показали, что основным фактором развития профессиональных заболеваний у работников ПАО «Газпром» является воздействие шума (рис. 2).

Полученные значения вероятностей возникновения профессиональных заболеваний позволили определить количество дней недожития до СПЖ и вероятность данной характеристики. Исходя из значений вероятностей индивидуального риска осколочного, барического, термического воздействий произведена оценка количества дней недожития до СПЖ. Полученные значения вероятностей событий по специально разработанному авторами правилу необходимо применять в совокупности с положениями асимптотической теории вероятностей экстремальных величин [7] для нахождения уравнений регрессии, определяемой первоначально по статистическим данным [4]. Полученные уравнения регрессии позволяют разработать рекомендации для страхования искомого показателя риска, или так называемого распределения риска. Второй способ реагирования на риск (см. выше) в ходе проводимого анализа риска позволяет определить недостатки в конструктивном исполнении технологического оборудования и выработать рекомендации, позволяющие снизить уровень риска.

Алгоритм борьбы с шумом [3] предусматривает:

- рациональное взаимное расположение цехов с разными уровнями шума;
- оптимизацию по этим условиям объемно-планировочных решений помещений;
- расстановку оборудования и организацию профмаршрута обслуживания с учетом шумовых характеристик оборудования;
- обеспечение надлежащей звукоизоляции ограждений;
- облицовку стен и потолков звукопоглощающими конструкциями и использование штучных звукопоглотителей, установку звукоизолирующих кабин, акустических экранов и выгородок.

Наиболее подходящим методом признаю применение специальных покрытий для

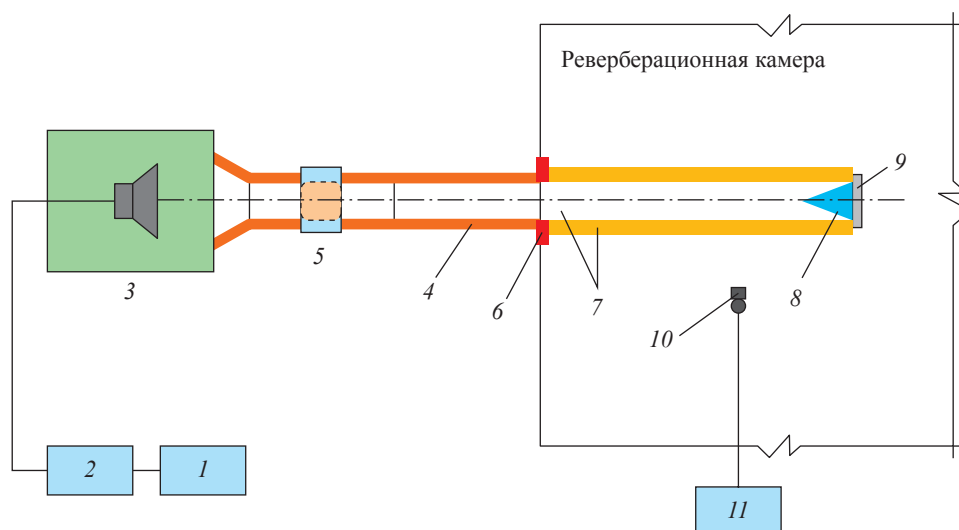


Рис. 3. Схема экспериментальной установки:

1 – генератор «белого» шума; 2 – усилитель мощности; 3 – источник звука; 4 – соединительный воздуховод со звукоизолирующим покрытием; 5 – гибкая вставка, уменьшающая передачу вибрации; 6 – упругий сальник; 7 – испытательная труба (с испытываемым покрытием и без него); 8 – звукопоглощающий клин; 9 – звукоизолирующая заглушка; 10 – микрофон; 11 – шумомер-анализатор спектра «Октава 110А»

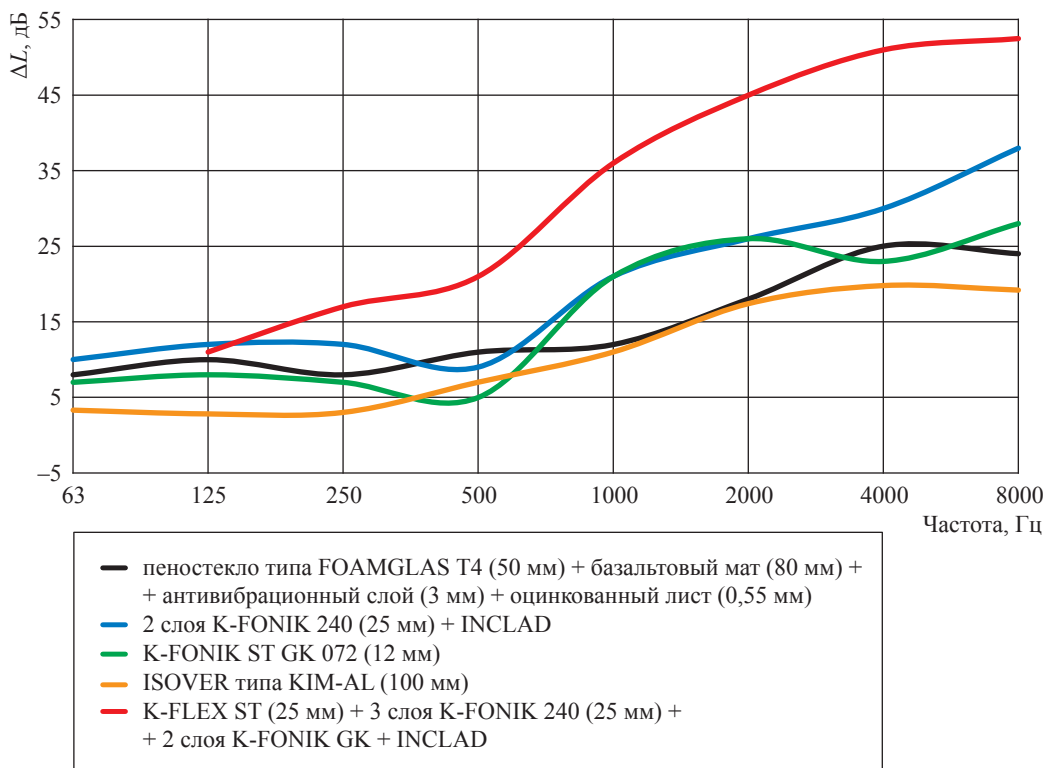


Рис. 4. Эффективность различных по составу покрытий на основе пеностекла, волокнистых материалов и эластомеров

трубопроводной обвязки. Испытания звукопоглощающих свойств [11] различных шумоглушающих покрытий проводились авторами на испытательных стендах (рис. 3) в Научно-исследовательском институте строительной

физики. Звуковая энергия от источника 3 попадает в трубу, которая моделирует открытый участок трубопровода. Труба расположена в реверберационной камере, что позволяет осуществлять сертификационные испытания

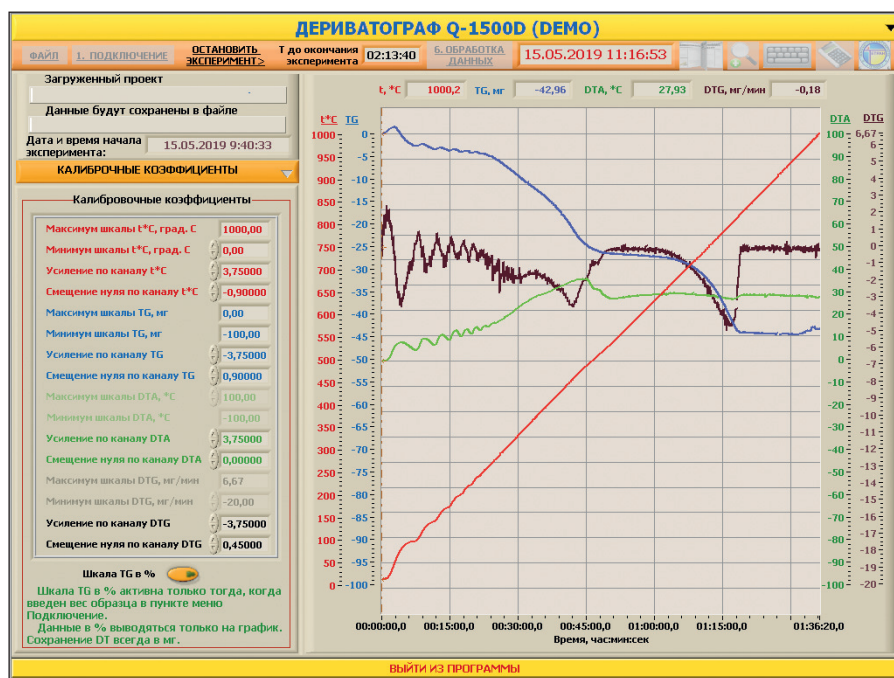


Рис. 5. Результаты испытаний звукопоглощающих покрытий на огнестойкость

покрытий трубопроводов. Эффект звукоизолирующего покрытия определяется как разность звуковой мощности в камере без покрытия и звуковой мощности в камере с покрытием. Выявленная акустическая эффективность (ΔL) разных звукоизолирующих покрытий представлена на рис. 4.

В результате испытаний материалов на определение интумесцентных свойств, которые проводились авторами в ЦНИИСК им. Кучеренко, выбрано покрытие с наибольшей огнестойкостью (рис. 5).

На основании проведенных исследований впервые выработан методический подход к оценке опасности производственной деятельности работников газотранспортных предприятий, позволяющий сформулировать рекомендации для страхования риска согласно Федеральному закону «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24.07.1998 № 125-ФЗ и распределения ресурсов. Полученная методология также позволяет разработать

рекомендации по обоснованию доплат за вредные условия труда. Результаты исследований применялись при составлении методических рекомендаций для студентов Инженерной академии РУДН, на что получен акт практического внедрения.

На основании описанных в статье испытаний определены оптимальные конструкции облицовки акустически активных трубопроводов, что позволило снизить опасность их эксплуатации.

Проработаны два способа реагирования на риск, а именно сокращения/снижения риска и разделения/передачи/распределения риска для снижения уровня опасности производственной деятельности работников газотранспортных предприятий.

С целью автоматизации расчетов по разработанной методологии создано и зарегистрировано (№ 2020611132) в Федеральном институте промышленной собственности (ФИПС) специальное программное обеспечение под названием «Методика оценки профессионального риска на компрессорных станциях магистральных газопроводов».

Список литературы

1. Алексеев И.Н. Методический подход к оценке интегрального показателя профессионального риска на компрессорных станциях в условиях Арктики / И.Н. Алексеев // Тезисы докладов VIII Молодежной международной научно-практической конференции «Новые технологии в газовой отрасли: опыт и преемственность», 26–29 ноября 2019 г. – 2019. – С. 62.
2. Шакирова Э.Т. Оценка условий труда и состояния здоровья работающих на современных газотранспортных предприятиях: дис. ... канд. мед. наук / Э.Т. Шакирова. – СПб., 1996.
3. Терехов А.Л. Современные методы снижения шума ГПА / А.Л. Терехов, М.Н. Дробаха. – М.: Недра, 2008. – 366 с.
4. Алексеев И.Н. Повышение безопасности труда на газотранспортном предприятии в арктической климатической зоне / И.Н. Алексеев, А.Л. Терехов // Безопасность труда в промышленности. – 2017. – № 8. – С. 67–75.
5. Хрупачев А.Г. Профессиональный риск. Теория и практика расчета / А.Г. Хрупачев, А.А. Хадарцев. – Тула: ТулГУ, 2011.
6. Anand S. Disability adjusted life year: a critical review / Anand Sudhir, Kara Hanson. – Boston, Harvard: Harvard Center for Population and Development Studies, 1995. – (Working paper series (95.06)).
7. Быков А.А. Статистический анализ урегулирования убытков по программам имущественного страхования: рекомендации для страхователей и риск-менеджеров крупных компаний / А.А. Быков. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2014. – 242 с.
8. Ямников С.А. Разработка методики определения ключевых параметров страхования экологических рисков техногенных чрезвычайных ситуаций на магистральных газопроводах в условиях ограниченности статистической информации: дис. ... канд. тех. наук / С.А. Ямников. – М., 2018.
9. Алексеев И.Н. Методика расчета интегрального показателя индивидуального риска / И.Н. Алексеев, А.Л. Терехов // Территория Нефтегаз. – 2019. – № 3. – С. 20–26.
10. Измеров Н.Ф. Разработка «Методики расчета индивидуального профессионального риска в зависимости от условий труда и состояния здоровья работника» и «Методики расчета интегрального показателя уровня профессионального риска в организации» / Н.Ф. Измеров, Л.В. Прокопенко, Н.И. Симонова и др.; Клинский институт охраны и условий труда. – <http://www.kiout.ru/info/publish/216>
11. Терехов А.Л. Повышение безопасности эксплуатации технологических трубопроводов методами звукоизоляции / А.Л. Терехов, А.В. Сидорина // Газовая промышленность. – 2018. – № 5. – С. 90–95.

Assessment of occupational hazards for gas transmission providers

I.N. Alekseyev^{1*}, A.L. Terekhov¹

¹ Gazprom VNIIGAZ LLC, Bld. 1, Estate 15, Proyektiruemyy proezd no. 5537, Razvilka village, Leninskiy district, Moscow Region, 142717, Russian Federation

* E-mail: I_Alexeev@vniigaz.gazprom.ru

Abstract. This article presents the fundamental issues of a procedure aimed at assessing occupational hazards of employees at the compressor plants of the trunk gas pipelines. The named procedure enables quantitative assessment of health detriment either on account of routine activities, or after occurred emergency. A negative scenario of health damage is determined. Finally, the authors suggest few recommendations on insurance of professional risks and changing of constructive features of the process equipment.

Keywords: professional risk, man-made risk, risk assessment, labor safety, methods of quantitative risk assessment, compressor station at trunk gas pipelines, labor protection.

References

1. ALEKSEYEV, I.N. Methodological approach to assessing an integral indicator of professional risk at compressor stations in Arctic conditions [Metodicheskiy podkhod k otsenke integralnogo pokazatelya professionalnogo riska na kompressornykh stantsiyakh v usloviyakh Arktiki]. In: *Proc. of the 8th Junior International Scientific Research conference “New technologies in gas industry: experience and tradition”* [Novyye tekhnologii v gazovoy otasli: opyt i preyemstvennost], 26–29 November 2019, p. 62. (Russ.).

2. SHAKIROVA, E.T. *Assessment of work environment and health of employees at modern gas transmitting enterprises* [Otsenka usloviy truda i zdorovya rabotayushchikh na sovremennykh gazotransportnykh predpriyatiyakh]. Candidate thesis (engineering). Saint-Petersburg Medical Academy of Postgraduate Studies. St. Petersburg, 1996. (Russ.).
3. TEREKHOV, A.L., M.N. DROBAKHA. *Modern methods for reduction of noise from gas-compressor units* [Sovremennyye metody snizheniya shuma GPA]. Moscow: Nedra, 2008. (Russ.).
4. ALEKSEYEV, I.N., A.L. TEREKHOV. Improving labor safety at a gas transmitting enterprise located in the Arctic climatic zone [Povysheniye bezopasnosti truda na gazotransportnom predpriyatii v arkticheskoy klimaticheskoy zone]. *Bezopasnost Truda v Promyshlennosti*, 2017, no. 8, pp. 67–75. ISSN 0409-2961. (Russ.).
5. KHRUPACHEV, A.G., A.A. KHADARTSEV. *Professional risk. Theory and practice of calculations* [Professionalnyy risk. Teoriya i praktika rascheta]. Tula: Tula State University, 2011.
6. ANAND, S., K. HANSON. Disability adjusted life year: a critical review. In: *Working paper series (95.06)*. Boston, Harvard: Harvard Center for Population and Development Studies, 1995.
7. BYKOV, A.A. *Statistical analysis of claims settlement under a schemes of property-casualty insurance – Recommendations for beneficiaries and risk-managers of big companies* [Statisticheskii analiz uregulirovaniya ubytkov po programmam imushchestvennogo strakhovaniya: rekomendatsii dlya strakhovateley i risk-menedzerov krupnykh kompaniy]. Moscow: Gazprom VNIIGAZ, 2014. (Russ.).
8. YAMNIKOV, S.A. *Development of a technics aimed at determination of key parameters for insuring environmental risk of man-made emergencies at trunk gas pipelines in conditions of limited statistical data* [Razrabotka metodiki opredeleniya klyuchevykh parametrov strakhovaniya ekologicheskikh riskov tekhnogennykh chrezvychaynykh situatsiy na magistralnykh gazoprovodakh v usloviyakh ogranichennosti statisticheskoy informatsii]. Candidate thesis (engineering). Moscow: Gazprom VNIIGAZ, 2018. (Russ.).
9. ALEKSEYEV, I.N., A.L. TEREKHOV. Technique for calculating an integral indicator of individual risk [Metodika rascheta integralnogo pokazatelya individualnogo riska]. *Territoriya Neftegaz*. 2019, no. 3, pp. 20–26. ISSN 2072-2745. (Russ.).
10. IZMEROV, N.F., L.V. PROKOPENKO, N.I. SIMONOVA, et al. Development of a Procedure for calculation of individual professional risk depending on working conditions and health grounds of an employee and a Procedure for calculation of an integral indicator of a professional risk level in a company [Razrabotka “Metodiki rascheta individualnogo professionalnogo riska v zavisimosti ot usloviy truda i sostoyaniya zdorovya rabotnika” i “Metodiki rascheta integralnogo pokazatelya urovnya professionalnogo riska v organizatsii”] [online]. Klin Institute of Protection and Working Conditions. Available from: <http://www.kiout.ru/info/publish/216>. (Russ.).
11. TEREKHOV, A.L., A.V. SIDORINA. Improving operational safety of process pipelines using sound-proofing methods [Povysheniye bezopasnosti ekspluatatsii tekhnologicheskikh truboprovodov metodami zvukoizolyatsii]. *Gazovaya Promyshlennost*. 2018, no. 5, pp. 90–95. ISSN 0016-5581. (Russ.).