

УДК 62-6

Фаттахов Д.Р.

студент магистрант кафедры техносферной безопасности Тюменского
индустриального университета
(г. Тюмень, Россия)

Беккер Д.С.

студент магистрант кафедры техносферной безопасности Тюменского
индустриального университета
(г. Тюмень, Россия)

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОНАПОЛНИТЕЛЬНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ (АГНКС)

Аннотация: В статье рассмотрены основные опасности, связанные с эксплуатацией автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), использующих в качестве моторного топлива компримированный природный газ (метан). Выполнен анализ существующих требований к АГНКС, идентифицированы наиболее характерные сценарии аварий. Показано, что существующие меры безопасности, основанные на визуальном осмотре и плановом техническом обслуживании, недостаточны для предотвращения аварий с тяжелыми последствиями.

Ключевые слова: АГНКС, метан, промышленная безопасность, анализ риска, утечка газа, ультразвуковой контроль, пожар колонного типа.

Fattakhov D.R.

Master's student of the Department of Technosphere Safety of Tyumen Industrial
University (Tyumen, Russia)

Becker D.S.

Master's student of the Department of Technosphere Safety of Tyumen Industrial
University (Tyumen, Russia)

IMPROVING THE EFFICIENCY OF GAS LEAK DETECTION AT AUTOMOTIVE GAS FILLING COMPRESSOR STATIONS

Abstract: The article discusses the main hazards associated with the operation of automotive gas-filling compressor stations (CNG stations) using compressed natural gas (methane) as motor fuel. An analysis of the existing requirements for CNG stations has been performed, and the most typical accident scenarios have been identified. It is shown that the existing safety measures based on visual inspection and routine maintenance are insufficient to prevent accidents with serious consequences.

Keywords: CNG stations, methane, industrial safety, risk analysis, gas leak, ultrasonic monitoring, column type fire.

Введение

В результате постоянного технического совершенствования метан был представлен в виде альтернативного вида топлива, реализуемого на АГНКС – заправках с сжатым природным газом, как более безопасного и доступного при использовании [9]. Технологический процесс АГНКС включает в себя не только реализацию моторного топлива, но и является объектом, на котором природный газ, поступающий по газопроводу, подвергается комплексной обработке (сепарация, компримирование, осушка). В связи с этим появляются дополнительные риски, угрожающие основным фондам, работникам, а также третьим лицам; возникает потребность в дополнительных мероприятиях производственной безопасности [9].

Автомобильные газонаполнительные станции есть практически во всех крупных городах, количество потребителей метанового топлива увеличивается. Если раньше природный газ был широко распространен только на коммерческом транспорте, то сейчас не редко можно встретить его использование на автомобилях личного пользования. Отсутствие примесей тяжелых металлов, серы и прочих веществ делает двигатели более долговечными, исключая возможность заправки некачественным топливом, что является дополнительным преимуществом перед потребителями бензинового топлива. С увеличением популярности увеличивается и нагрузка на заправочные станции, возрастает риск аварий на объекте, что подтверждает актуальность и потребность в усовершенствовании существующих мероприятий безопасности.

Метановое топливо и требования к АГНКС

Основную долю природного газа составляет метан – более 90%. Он без цвета и запаха, легче воздуха. Метан можно использовать в сжатом (компримированном) и в сжиженном виде. Метановый газ является наиболее безопасным при использовании: нижний предел воспламенения метана составляет +650 °С, в то время как температура воспламенения бензина +250 °С, а дизельного топлива – около +200 °С [7]. Тем не менее, высокое рабочее давление на АГНКС (до 25 МПа) и большие объёмы хранимого газа создают значительный аварийный потенциал.

Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) установлены требования к АГНКС, направленные на обеспечение максимальной безопасности объектов [4]. Среди них: ограничение давления газа не более 25 МПа, обязательное обучение персонала, проведение инструктажей, регулярные тренировки по ликвидации аварий, наличие должностных инструкций, аттестация руководителей, соблюдение техники

безопасности. Правила эксплуатации предписывают ежемесячную диагностику оборудования, своевременное устранение неисправностей, запрет на самостоятельное внесение изменений в конструкцию, использование оборудования только по назначению, поддержание соответствующей температуры и давления газа.

Технологический процесс и потенциально опасные узлы

Технологический процесс АГНКС включает несколько стадий: сепарация (очистка газа от примесей и влаги), компримирование (сжатие до 25 МПа с помощью компрессорной установки), осушка (адсорбционная осушка с регенерацией адсорбента). Подготовленный газ поступает в блок аккумуляторов газа (БАГ), откуда подаётся на газораздаточные колонки для заправки транспортных средств.

Согласно [7], общая схема узлов АГНКС включает: входную группу учёта, фильтр, регулятор; установку осушки газа на низкой стороне; компрессорную станцию; блок аккумуляторов газа и панель приоритетов; раздаточную колонку; операторскую. Каждый из этих узлов является потенциальным источником аварии.

Отдельного внимания заслуживают передвижные автомобильные газонаполнительные станции (ПАГЗ), которые повышают рентабельность АГНКС благодаря увеличению объёмов поставки газа для доставки КПП сторонним потребителям. ПАГЗ разделяют на активные (с дожимным компрессором на борту) и пассивные (без компрессора). Наиболее частой неисправностью газового оборудования ПАГЗ являются отказы заправочных кранов, в которых происходит срыв резьбы штока вентиля, что приводит к утечке газа.

Идентификация опасностей и анализ аварийности

Одним из наиболее часто встречающихся отказов является нарушение герметичности соединяющих трубок и штуцеров ёмкостей с газом как на стационарных, так и на передвижных станциях. Анализ аварий показывает, что главной проблемой остаётся разгерметизация оборудования, происходящая чаще всего в следующих узлах: запорная арматура (клапаны, краны), предохранительные устройства, фланцевые соединения, резьбовые соединения штуцеров и подводящих трубок [13].

Рассмотрим типовой отказ – незакрытие запорного клапана на выходе из компрессора высокого давления при продолжающем работу компрессоре. В этом случае происходит рост давления в системе до срабатывания предохранительного клапана (при достижении 26,5 МПа). Вследствие нештатного длительного сброса газа образуется газовое облако с

взрывоопасной концентрацией в помещении компрессорной с возможным воспламенением от искры электрооборудования. Дальнейшее развитие происходит по характерному типовому сценарию – «Пожар колонного типа в загромождённом пространстве» [7].

Сценарий включает: разрыв надземного наружного технологического газопровода при наличии вблизи места разрыва преграды (оборудования, здания) → образование воздушной волны сжатия в момент разрыва → разлёт фрагментов трубы → истечение струй газа и их взаимодействие с преградами → воспламенение газозвушной смеси с возникновением пожара колонного типа → термическое воздействие на оборудование, здания и персонал → возможное каскадное развитие аварии. Основными поражающими факторами являются: воздушная волна сжатия, прямое воздействие пламени, тепловое излучение, токсичные продукты сгорания от вторичных пожаров [7].

Основные причины аварий – усталость металла от постоянных циклов давления, коррозия и износ уплотнений. Существующие меры безопасности (визуальные осмотры, плановое техническое обслуживание) не позволяют оперативно реагировать на внезапно возникшую разгерметизацию.

Анализ существующих систем контроля утечек

В настоящее время на большинстве АГНКС применяются точечные газоанализаторы (электрохимические, полупроводниковые, инфракрасные). Эти приборы имеют ряд существенных недостатков при эксплуатации на открытых площадках с высоким давлением газа:

1. Инерционность: время срабатывания составляет от 5 до 30 секунд, так как газ должен физически достичь сенсора и накопиться до определённой концентрации.
2. Зависимость от погодных условий: при сильном ветре или интенсивной вентиляции газ может быть отнесён от сенсора, и детектор не срабатывает.
3. Необходимость частого обслуживания: калибровка и замена сенсоров каждые 3–6 месяцев.
4. Низкая чувствительность к микроутечкам: обнаруживают только значительные объёмы истечения.

Указанные недостатки особенно критичны для АГНКС, где время накопления взрывоопасной концентрации может измеряться секундами, а операторная часто расположена на значительном удалении от компрессорной установки.

Предлагаемое техническое решение: ультразвуковая система обнаружения утечек

В качестве альтернативы предлагается внедрение системы акустического обнаружения утечек газа (УЗДУ). Ультразвуковые детекторы регистрируют высокочастотный шум (в диапазоне 25–100 кГц), возникающий при истечении газа из-под давления через неплотности и трещины. Основные преимущества УЗДУ:

1. Мгновенное срабатывание (менее 1 секунды) – детектор реагирует на сам факт истечения на скорости звука, не дожидаясь накопления концентрации.
2. Независимость от направления ветра – акустический сигнал распространяется прямолинейно и не сносится ветром.
3. Высокая чувствительность – обнаруживаются утечки с расходом от 1 см³/с, что позволяет выявлять дефекты на ранней стадии.
4. Минимальное обслуживание – не требуют калибровки и реагентов, достаточно периодической проверки работоспособности.
5. Надёжность в условиях низких температур – работают в диапазоне от –40 до +60 °С.

УЗДУ могут быть интегрированы с быстродействующей запорной арматурой (шаровые краны с электроприводом), что обеспечивает автоматическое перекрытие аварийного участка в течение 1 секунды после обнаружения утечки.

Заключение

1. Эксплуатация АГНКС сопряжена с высокими рисками из-за больших давлений и объёмов компримированного газа. Наиболее опасным сценарием является «пожар колонного типа в загромождённом пространстве» с образованием факела высотой до 80 м и тепловым излучением, смертельным для человека на расстоянии десятков метров.
2. Существующие системы безопасности (визуальный контроль, плановое ТО, ручное перекрытие) не обеспечивают достаточную защиту персонала из-за высокой инерционности и зависимости от человеческого фактора.
3. Предлагаемое внедрение ультразвуковых детекторов утечек с автоматическим отключением аварийного участка позволяет сократить время истечения газа до 1 секунды, что снижает тепловое излучение до безопасных уровней и полностью исключает вероятность поражения людей.
4. Рекомендуется включить установку УЗДУ в состав обязательных мероприятий по повышению промышленной безопасности для всех вновь строящихся и реконструируемых АГНКС, а также для передвижных автомобильных газонаполнительных станций.

Список литературы:

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 530 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности автогазозаправочных станций газомоторного топлива"».
3. СТО Газпром 2-2.3-351-2009 «Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО "Газпром"». – М., 2009.
4. СТО Газпром 2-2-3-791-2012 «Инструкция по технической эксплуатации автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС)».
5. Петров К.С. Современные методы контроля герметичности // Нефтегазовое дело. – 2022. – № 2. – С. 67-72.
6. Григорьев А.В., Ковалев Д.Н. Анализ причин аварий на объектах газомоторной инфраструктуры // Промышленная безопасность. – 2021. – № 7. – С. 28-34.
7. Ерохов В.И. Особенности эксплуатации передвижных автомобильных газозаправочных станций со сжиженным углеводородным газом // Охрана труда и техника безопасности на автотранспортных предприятиях и в транспортных цехах. – 2021. – № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://panor.ru/articles/osobennosti-ekspluatatsii-peredvizhnykh-avtomobilnykh-gazozapravochnykh-stantsiy-so-szhizhennym-uglevodorodnym-gazom/58792.html> (дата обращения: 12.04.2026).