

**Аксенов Сергей Геннадьевич**

д-р э.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»  
г. Уфа, Россия

**Кильдибаев Рамиль Миннихметович**

студент  
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»  
г. Уфа, Россия

### **Методика оценки пожарной опасности горючих сред на объектах нефтегазовой отрасли**

**Аннотация.** В статье пишется о необходимости многоуровневого подхода к оценке пожарной опасности на нефтегазовых объектах, выходящего за рамки формальных контрольных процедур. Рассматривается интеграция количественной оценки рисков, вероятностных методов (анализ деревьев событий и неисправностей) и компьютерного моделирования с использованием программных комплексов Safeti и PHAST. Особое внимание уделяется систематической идентификации горючих веществ и учёту их физико-химических характеристик. Описываются активные меры защиты — системы газо- и пламяобнаружения, автоматическое отключение, — и пассивные — огнезащитные покрытия, взрывоустойчивые конструкции. Подчёркивается роль интеллектуальной аналитики, соблюдения нормативных требований (ГОСТ Р 12.3.047, СП 12.13130.2009, ФЗ-123) и формирования у персонала культуры безопасности как ключевого условия устойчивого снижения промышленных рисков.

**Ключевые слова:** оценка пожарной опасности; горючие среды; нефтегазовые объекты.

**Aksenov Sergey Gennadievich**

Doctor of Economics, Professor  
Ufa University of Science and Technology  
Ufa, Russia

**Kildibaev Ramil Minniakhmetovich**

Student  
Ufa University of Science and Technology  
Ufa, Russia

### **Methodology for assessing the fire hazard of flammable media at oil and gas industry facilities**

**Annotation.** The article describes the need for a multi-level approach to assessing fire hazards at oil and gas facilities that goes beyond formal control procedures. The integration of quantitative risk assessment, probabilistic methods (event and fault tree analysis) and computer modeling using Safeti and PHAST software packages is considered. Special attention is paid to the systematic identification of combustible substances and consideration of their physico-chemical characteristics. Active protection measures are described, such as gas and flame detection systems, automatic shutdown, and passive ones, such as flame—retardant coatings and explosion-resistant structures. The role of intellectual analytics, compliance with regulatory requirements (GOST R 12.3.047, SP 12.13130.2009, FZ-123) and the formation of a safety culture among personnel as a key condition for sustainable reduction of industrial risks is emphasized.

Keywords: fire hazard assessment; combustible environments; oil and gas facilities.

Оценка пожарной опасности на нефтегазовых объектах, где вездесущи легковоспламеняющиеся вещества, такие как углеводороды, летучие органические соединения и сжатые газы, требует применения сложной методологии, сочетающей техническую точность с практичностью эксплуатации. Данный подход выходит за рамки элементарных контрольных списков и включает в себя многоуровневый анализ свойств материалов, динамики процессов и взаимодействия с окружающей средой. Центральное место в этой методологии занимает интеграция передового компьютерного моделирования, вероятностных систем управления рисками и инженерных практик, основанных на соблюдении требований, - все это направлено на упреждающее выявление уязвимостей и смягчение катастрофических последствий.

В основе оценки пожарной опасности лежит систематическая идентификация горючих веществ, находящихся в обращении, их физико-химических характеристик и условий эксплуатации, в которых они взаимодействуют. Сырая нефть, конденсаты природного газа и промежуточные продукты нефтепереработки обладают различными параметрами воспламеняемости — температурой вспышки, самовоспламенения и нижним/верхним пределом взрывоопасности, которые определяют их склонность к воспламенению в определенных условиях. Важным этапом является каталогизация этих веществ, а также их хранение, транспортировка и переработка, поскольку отклонения в давлении, температуре или целостности защитной оболочки могут привести к возникновению опасных ситуаций. Например, утечки в устаревших трубопроводах или неполная герметизация резервуаров для хранения могут привести к выделению паров, которые образуют взрывоопасные смеси с окружающим воздухом, особенно в замкнутых или плохо вентилируемых помещениях. Для устранения этих рисков используются такие методологии, как исследования опасности и работоспособности и анализ режимов и последствий отказов, которые позволяют составить карту технологических отклонений и механизмов отказов, обеспечивая количественную оценку и устранение даже скрытых рисков, таких как статический разряд в газоперерабатывающих установках или вызванный коррозией износ оборудования.

Количественная оценка рисков расширяет возможности этого анализа, переводя выявленные опасности в вероятностные модели, которые оценивают как вероятность, так и тяжесть возникновения пожаров. Такие методы, как анализ дерева событий и анализ дерева неисправностей, объединяют исторические данные об инцидентах, показатели надежности оборудования и человеческий фактор для создания профилей рисков. Например, вероятность того, что утечка газа приведет к внезапному возгоранию или взрыву облака пара, может быть смоделирована путем интегрирования таких переменных, как частота отказов клапанов, интервалы технического обслуживания и эффективность реагирования оператора. Инструменты моделирования последствий, в том числе Safeti от DNV GL и PHAST от Schlumberger, дополнительно моделируют следы теплового излучения, волны избыточного давления при взрыве и характер рассеивания токсичных газов. Эти результаты не только служат основой для стратегий реагирования на чрезвычайные ситуации, таких как создание зон отчуждения и маршрутов эвакуации, но и служат руководством при проектировании огнестойких барьеров и стратегическом размещении критически важной инфраструктуры для минимизации рисков эскалации.

Системы обнаружения и смягчения последствий формируют технологическую основу управления пожарной опасностью, объединяя оценку рисков с обеспечением эксплуатационной безопасности в режиме реального времени. Датчики пламени (например, инфракрасные/ультрафиолетовые датчики), детекторы газа, откалиброванные до пороговых значений, и дымовая сигнализация должны соответствовать строгим стандартам, которые предписывают плотность покрытия, время срабатывания и отказоустойчивое резервирование. Интеграция этих систем с распределенными системами управления позволяет использовать протоколы автоматического отключения, активировать дренажные системы, запорные клапаны и последовательности аварийного сброса давления в течение

миллисекунд после обнаружения аномалии. Пассивные меры по смягчению последствий, включая огнезащиту несущих конструкций с помощью вспучивающихся покрытий или строительство взрывозащищенных диспетчерских пунктов, дополняют эти активные системы, обеспечивая непрерывность критически важных операций даже при отказах защитной оболочки. Регулярные проверки работоспособности в сочетании с алгоритмами прогнозирования технического обслуживания необходимы для предотвращения смещения датчиков, механического износа и загрязнения окружающей среды — факторов, которые в противном случае могут привести к неработоспособности систем безопасности во время кризисных ситуаций.

Динамичный характер пожароопасных явлений требует адаптивных систем управления рисками, способных эволюционировать в соответствии с технологическими достижениями и изменениями в операционной деятельности. Интеллектуальная аналитика, основанная на алгоритмах машинного обучения, анализирует потоки данных в режиме реального времени от датчиков с поддержкой Интернета вещей, выявляя незначительные аномалии в градиентах давления, температурных тенденциях или характере вибрации, которые могут предвещать отказ оборудования. Например, нейронные сети, натренированные на исторических инцидентах с утечками, могут предсказать ухудшение герметичности компрессоров или насосов, запуская превентивное техническое обслуживание до того, как произойдет поломка. Кроме того, жизненный цикл систем пожаротушения и газоснабжения (F&G) требует периодической переоценки схем обнаружения и аварийных протоколов, особенно в связи с расширением оборудования, модификацией технологического процесса или изменением состава сырья. Этот повторяющийся процесс гарантирует, что модели рисков будут соответствовать меняющемуся операционному ландшафту, избегая самоуспокоенности, присущей статичным режимам обеспечения безопасности.

Соблюдение нормативных требований, являясь основополагающим, должно дополняться повсеместной культурой безопасности для достижения комплексного снижения рисков. Международные стандарты, такие как ISO 13702 и руководство OSHA, содержат базовые требования, но их эффективность зависит от вовлеченности персонала и процедурной дисциплины. Учебные программы, моделирующие сценарии возникновения пожаров, в сочетании с прозрачными механизмами оповещения о происшествиях способствуют формированию культуры бдительности, когда сотрудники заблаговременно выявляют опасные ситуации и сообщают о них. В контексте российского законодательства соблюдение требований ГОСТ Р 12.3.047-2012 (Пожарная безопасность технологических процессов) и СП 12.13130.2009 (Классификация взрыво- и пожароопасных факторов) не подлежит обсуждению, поскольку эти стандарты устанавливают пороговые значения риска для конкретных материалов, периодичность проверок и протоколы документирования. Правовые нормы, такие как Федеральный закон № 123-ФЗ (Технический регламент о пожарной безопасности), еще больше ужесточают требования к проектированию и эксплуатации, обеспечивая соответствие объектов требованиям национальной безопасности.

Таким образом, методология оценки пожарной опасности в нефтегазовой отрасли представляет собой синтез строгого научного анализа, передовых технологий и культурной ответственности. Внедряя количественную оценку рисков на каждом операционном уровне — от обработки материалов до реагирования на чрезвычайные ситуации — организации могут превентивно нейтрализовать угрозы, защищая как человеческие жизни, так и промышленные активы. Такой подход не только соответствует нормативным требованиям, но и повышает устойчивость в отрасли, где вероятность ошибки опасно мала.

## **Список источников**

1. Аксенов С.Г., Курочкина А.С., Губайдуллина И.Н. Анализ и оценка последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами на промышленных предприятиях // Грузовик. 2022. №9. С. 41-43.
2. ГОСТ Р 12.3.047-2012: Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования.
3. СП 12.13130.2009: Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожароопасности.
4. Федеральный закон № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
5. РД 03-409-01: Методические рекомендации по проведению анализа рисков опасных производственных объектов.