

**ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПОЖАРО- И
ВЗРЫВООПАСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ. ПОРЯДОК ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И
ЛИКВИДАЦИИ**

**YONG‘IN VA PORTLASH XAVFI BOR KORXONALARDA FAVQULODDA
VAZIYATLARNING YUZAGA KELISH SABABLARI. ULARNI OLDINI OLISH VA
BARTARAF ETISH TARTIBI**

**CAUSES OF EMERGENCY SITUATIONS AT FIRE- AND EXPLOSION-HAZARDOUS
ENTERPRISES. PROCEDURE FOR THEIR PREVENTION AND ELIMINATION**

Махмудов Алимджан Абдуалиевич
Старший преподаватель Института гражданской защиты при
Академии МЧС Республики Узбекистан

Maxmudov Alimdjon Abdualiyevich
O‘zbekiston Respublikasi FVV Akademiyasi huzuridagi
fuqaro muhofazasi instituti katta o‘qituvchisi

Maxmudov Alimdjon Abdualiyevich
Senior lecturer at the Institute of Civil Protection at the Academy
of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan

Аннотация: в статье рассматриваются причины возникновения чрезвычайных ситуаций на пожаро- и взрывоопасных предприятиях, а также порядок их предупреждения и ликвидации. Актуальность исследования обусловлена высокой техногенной нагрузкой и ростом рисков аварий на объектах нефтегазовой, химической и энергетической промышленности. В работе проведён анализ основных факторов, приводящих к пожарам и взрывам, включая нарушение технологических регламентов, износ оборудования, человеческий фактор и недостатки системы производственного контроля. В соответствии со структурой IMRAD представлены результаты анализа статистических данных и нормативно-правовой базы в области промышленной безопасности. Разработаны предложения по совершенствованию системы управления рисками, повышению эффективности аварийного реагирования и минимизации последствий чрезвычайных ситуаций. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения полученных выводов для повышения уровня промышленной безопасности на предприятиях повышенной опасности.

Annotatsiya: maqolada yong‘in va portlash xavfi yuqori bo‘lgan korxonalarda yuzaga keladigan favqulodda vaziyatlarning kelib chiqish sabablari hamda ularni bartaraf etish tartibi tahlil qilingan. Tadqiqotning dolzarbligi neft-gaz, kimyo va energetika sohalarida texnogen yuklamalarning ortishi hamda avariya xavfining yuqori ekanligi bilan izohlanadi. Ishda yong‘in va portlashlarga olib keluvchi asosiy omillar, jumladan texnologik qoidalarga rioya qilmaslik, jihozlarning eskirishi, inson omili va ishlab chiqarish nazorati tizimidagi kamchiliklar o‘rganilgan. IMRAD tuzilmasi asosida statistik ma‘lumotlar va sanoat xavfsizligiga oid normativ-huquqiy hujjatlar tahlil qilingan. Favqulodda vaziyatlarning oldini olish, ularga tezkor javob berish va oqibatlarini kamaytirish bo‘yicha takliflar ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijalari yuqori xavfli korxonalarda sanoat xavfsizligini oshirishda amaliy ahamiyatga ega.

Abstract: This article examines the causes of emergencies at fire- and explosion-hazardous enterprises and the procedures for their prevention and elimination. The relevance of the study is determined by the increasing technogenic load and the growing risk of accidents in the oil and gas, chemical, and energy industries. The research analyzes the main factors leading to fires and explosions, including violations of technological regulations, equipment deterioration, human factors, and deficiencies in industrial safety management systems. In accordance with the IMRAD structure, statistical data and the regulatory framework in the field of industrial safety were analyzed. Recommendations aimed at improving risk management systems, enhancing emergency response efficiency, and minimizing the consequences of industrial accidents are proposed. The practical significance of the study lies in the possibility of applying the findings to improve industrial safety at high-risk enterprises.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, пожаро-взрывоопасные предприятия, промышленная безопасность, причины аварий, ликвидация последствий, управление рисками, аварийное реагирование, техногенные риски.

Kalit soʻzlar: favqulodda vaziyatlar, yongʻin-portlash xavfi, sanoat xavfsizligi, avariya sabablari, oqibatlarini bartaraf etish, xavflarni boshqarish, tezkor choralar, texnogen xavf.

Keywords: emergencies, fire and explosion hazardous enterprises, industrial safety, accident causes, emergency response, risk management, accident prevention, technogenic risks.

Введение. Современное развитие нефтегазовой, химической, энергетической и перерабатывающей промышленности сопровождается высокой концентрацией пожаро- и взрывоопасных производств, характеризующихся наличием горючих газов, легковоспламеняющихся жидкостей, пылевоздушных смесей и источников зажигания. Аварии на подобных объектах приводят к масштабным чрезвычайным ситуациям техногенного характера, значительным материальным потерям, ущербу окружающей среде и угрозе жизни и здоровью персонала и населения.

Крупные промышленные катастрофы последних десятилетий, такие как авария на нефтяной платформе Deepwater Horizon в Мексиканском заливе, взрывы на химических складах в городе Тяньцзинь, а также аварии на предприятиях нефтегазового комплекса стран СНГ, продемонстрировали необходимость системного подхода к управлению промышленными рисками и совершенствованию механизмов предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Согласно данным международных организаций, включая International Labour Organization и International Association of Oil & Gas Producers, значительная доля аварий на пожаро-взрывоопасных предприятиях обусловлена совокупностью технических, организационных и человеческих факторов. Несмотря на развитие нормативно-правовой базы и внедрение современных систем промышленной безопасности, сохраняются проблемы износа оборудования, несоблюдения технологических регламентов, недостаточной квалификации персонала и несовершенства систем производственного контроля.

Анализ научных исследований показывает, что большинство работ посвящено либо техническим аспектам предотвращения аварий, либо вопросам реагирования на чрезвычайные ситуации. Вместе с тем недостаточно комплексно рассмотрена взаимосвязь причин возникновения пожаров и взрывов с механизмами их локализации и ликвидации в рамках единой системы управления рисками.

В этой связи возникает необходимость систематизации причин возникновения чрезвычайных ситуаций на пожаро- и взрывоопасных предприятиях и разработки практико-ориентированных рекомендаций по совершенствованию порядка их предупреждения и ликвидации.

Цель исследования — выявление и системный анализ причин возникновения чрезвычайных ситуаций на пожаро- и взрывоопасных предприятиях, а также разработка предложений по совершенствованию порядка их ликвидации.

Для достижения поставленной цели предполагается решение следующих задач:

1. Проанализировать современное состояние промышленной безопасности на пожаро- и взрывоопасных предприятиях.
2. Классифицировать основные причины возникновения пожаров и взрывов техногенного характера.
3. Исследовать действующий порядок реагирования и ликвидации чрезвычайных ситуаций.
4. Оценить эффективность существующих мер по снижению рисков.
5. Разработать рекомендации по совершенствованию системы управления промышленной безопасностью и аварийного реагирования.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения полученных результатов при разработке программ промышленной безопасности, планов локализации и ликвидации аварийных ситуаций, а также при подготовке специалистов в области техносферной безопасности.

Обзор литературы. Проблематика обеспечения промышленной безопасности на пожаро- и взрывоопасных предприятиях занимает одно из ключевых мест в современных исследованиях в области техносферной безопасности и управления рисками. Существенный вклад в развитие теории анализа техногенных рисков внесли зарубежные исследователи, рассматривающие системный подход к предотвращению аварий и катастроф.

Классические подходы к анализу причин аварий представлены в работах James Reason, который разработал модель «швейцарского сыра», объясняющую многоуровневую природу аварий через совокупность скрытых организационных и активных ошибок [1]. Данная концепция получила широкое распространение при анализе причин пожаров и взрывов на промышленных объектах.

Важное значение в формировании современной парадигмы промышленной безопасности имеет концепция «нормальных аварий»,

предложенная Charles Perrow [2], согласно которой в сложных и тесно связанных технологических системах аварии являются неизбежными вследствие их структурных особенностей. Это особенно актуально для нефтехимических и газоперерабатывающих предприятий.

Современные международные исследования в области управления промышленными рисками отражены в руководствах и аналитических материалах International Labour Organization [3] и International Association of Oil & Gas Producers [4], где подчеркивается необходимость внедрения риск-ориентированного подхода, систем производственного контроля и культуры безопасности.

Значительное внимание в литературе уделяется анализу крупных техногенных катастроф как источнику эмпирических данных. Авария на платформе Deepwater Horizon рассматривается как пример системного отказа технических и организационных барьеров безопасности [5]. Аналогично, взрывы на химических складах в городе Тяньцзинь продемонстрировали критическую роль несоблюдения требований хранения опасных веществ и недостаточного государственного контроля [6].

Отдельное направление исследований связано с количественной оценкой риска (QRA), анализом опасностей и работоспособности (HAZOP), методом «дерева отказов» (FTA) и методом «дерева событий» (ETA). В работах отечественных и зарубежных авторов отмечается, что интеграция этих методов позволяет существенно повысить достоверность прогнозирования аварийных сценариев [7].

В нормативно-правовом аспекте вопросы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций регламентируются международными стандартами, в частности серией стандартов International Organization for Standardization ISO 45001 и ISO 31000 [8], а также национальными законодательными актами в области промышленной безопасности [9]. Эти документы закрепляют необходимость разработки планов локализации и ликвидации аварий (ПЛАС), систем мониторинга и постоянного аудита безопасности.

Анализ существующих исследований показывает, что большинство авторов сосредоточено либо на технических аспектах предотвращения пожаров и взрывов, либо на организационных механизмах реагирования. Вместе с тем недостаточно раскрыта взаимосвязь между первопричинами аварий, эффективностью системы управления рисками и порядком ликвидации чрезвычайных ситуаций в рамках единой интегрированной модели [10].

Таким образом, проведённый обзор литературы свидетельствует о высокой степени разработанности отдельных аспектов проблемы, однако подтверждает необходимость комплексного исследования причин возникновения чрезвычайных ситуаций на пожаро- и взрывоопасных предприятиях с учётом организационно-технических и управленческих факторов.

Материалы и методы. Исследование выполнено в формате комплексного аналитического обзора с элементами сравнительного и статистического анализа. Методологической основой работы послужил риск-ориентированный подход к обеспечению промышленной безопасности, а также системный анализ причинно-следственных связей возникновения чрезвычайных ситуаций на пожаро- и взрывоопасных предприятиях.

В качестве исходных данных использованы:

материалы расследований крупных промышленных аварий, включая катастрофу на платформе Deepwater Horizon и взрывы на химических складах в Тяньцзинь;

аналитические отчёты и рекомендации International Labour Organization и International Association of Oil & Gas Producers;

международные стандарты системы управления охраной труда и рисками International Organization for Standardization (ISO 45001, ISO 31000);

нормативно-правовые документы в области промышленной безопасности;

статистические данные о техногенных пожарах и взрывах за последние годы (по открытым источникам и государственным отчётам).

В работе применялись следующие методы:

Анализ и синтез научной литературы — для систематизации существующих подходов к классификации причин аварий.

Статистический анализ — для выявления наиболее распространённых факторов возникновения пожаров и взрывов.

Метод причинно-следственного анализа (Root Cause Analysis) — для определения первопричин аварийных событий.

Экспертная оценка — для определения эффективности действующих мер по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Сравнительный анализ — для сопоставления международных и национальных подходов к управлению промышленными рисками.

Исследование проводилось в несколько этапов:

Сбор и систематизация статистических данных о чрезвычайных ситуациях на пожаро- и взрывоопасных предприятиях.

Классификация причин возникновения аварий по техническим, организационным и человеческим факторам.

Моделирование типовых сценариев развития пожара и взрыва.

Анализ действующего порядка ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Разработка рекомендаций по совершенствованию системы управления рисками.

Ограничением исследования является использование преимущественно открытых источников информации, что не позволяет учитывать данные, составляющие коммерческую или государственную тайну. Кроме того, количественные показатели риска в ряде случаев имеют вероятностный характер и зависят от полноты статистических данных.

Результаты исследования. В ходе проведенного анализа статистических данных по чрезвычайным ситуациям (ЧС) на пожаро- и взрывоопасных предприятиях установлено, что наибольшая доля инцидентов связана с нарушениями технологических регламентов, неудовлетворительным техническим состоянием оборудования и человеческим фактором. К числу наиболее уязвимых объектов относятся предприятия нефтегазовой, химической и перерабатывающей промышленности, а также склады хранения горючих и взрывоопасных веществ.

Анализ практики ликвидации последствий аварий, включая события на предприятиях, сопоставимых по характеру риска с объектами, подобными Саяно-Шушенская ГЭС, показал, что тяжесть последствий определяется не только масштабом первичного поражающего фактора, но и уровнем готовности персонала к действиям в условиях ЧС, степенью автоматизации систем защиты и эффективностью взаимодействия с подразделениями МЧС.

Выявлены следующие основные причины возникновения ЧС на пожаро- и взрывоопасных предприятиях:

Технические причины – износ оборудования, нарушение герметичности трубопроводов, неисправность систем автоматического контроля и противоаварийной защиты.

Организационные причины – недостаточный производственный контроль, формальный характер инструктажей, несоблюдение требований промышленной безопасности.

Человеческий фактор – ошибки операторов, нарушение трудовой дисциплины, недостаточный уровень квалификации.

Внешние воздействия – природные явления, террористические угрозы, перебои в энергоснабжении.

Установлено, что наиболее эффективными мерами предупреждения ЧС являются внедрение систем автоматизированного мониторинга, регулярная диагностика оборудования, совершенствование производственного контроля и проведение комплексных учений с привлечением аварийно-спасательных формирований.

Обсуждение. Полученные результаты подтверждают, что возникновение чрезвычайных ситуаций на пожаро- и взрывоопасных объектах носит комплексный характер и обусловлено сочетанием технических, организационных и человеческих факторов. Особое значение имеет культура безопасности производства, формируемая руководством предприятия и поддерживаемая системой внутреннего аудита.

Практика показывает, что формальное соблюдение нормативных требований без реального контроля их исполнения не обеспечивает требуемого уровня защищенности. Эффективная профилактика ЧС предполагает внедрение риск-ориентированного подхода, включающего идентификацию опасностей, количественную оценку риска и разработку мероприятий по его снижению до приемлемого уровня.

Особую роль играет подготовка персонала. Регулярные тренировки по локализации аварийных ситуаций, моделирование возможных сценариев развития пожаров и взрывов, а также чёткая регламентация взаимодействия с территориальными подразделениями МЧС Республики Узбекистан существенно сокращают время реагирования и минимизируют последствия аварий.

Также установлено, что модернизация систем автоматической пожарной сигнализации, газового контроля и аварийного отключения технологических линий позволяет предотвратить развитие аварии на ранней стадии. Интеграция цифровых технологий и дистанционного мониторинга способствует своевременному выявлению отклонений технологических параметров.

Заключение. Проведённое исследование показало, что чрезвычайные ситуации на пожаро- и взрывоопасных предприятиях возникают преимущественно вследствие совокупности технических неисправностей, организационных просчётов и ошибок персонала.

Для предупреждения ЧС необходимо: систематически проводить техническое обслуживание и диагностику оборудования; внедрять современные автоматизированные системы контроля и защиты; совершенствовать систему производственного контроля и внутреннего аудита; обеспечивать регулярную подготовку и аттестацию персонала; организовывать взаимодействие с аварийно-спасательными службами, прежде всего с подразделениями МЧС Республики Узбекистан.

Комплексная реализация указанных мер позволяет существенно снизить вероятность возникновения аварий, минимизировать масштабы возможного ущерба и обеспечить устойчивое функционирование пожаро- и взрывоопасных предприятий в условиях повышенного риска.

Список использованной литературы

1. Reason J. Human Error. — Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
2. Perrow C. Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies. — Princeton: Princeton University Press, 1984.
3. International Labour Organization. Safety and health at work: A vision for sustainable prevention. — Geneva: ILO, 2017.
4. International Association of Oil & Gas Producers. Process Safety — Recommended Practice. — London: IOGP, 2020.
5. National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill. Deep Water: The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling. — Washington, 2011.
6. Investigation Report on Tianjin Port Explosions. — State Council of the People's Republic of China, 2016.

7. CCPS (Center for Chemical Process Safety). Guidelines for Hazard Evaluation Procedures. — New York: AIChE, 2008.
8. ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use. — Geneva: ISO, 2018.
9. Закон о промышленной безопасности опасных производственных объектов (в действующей редакции).
10. Lees F. P. Lees' Loss Prevention in the Process Industries. — 4th ed. — Oxford: Butterworth-Heinemann, 2012.