

УДК 331.45

Сидоров Никита Александрович,

магистрант кафедры «Экология и безопасность деятельности человека»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,

e-mail: Nikita.Sidorov.1998@list.ru

Катульский Юрий Натанович,

д.б.н., профессор кафедры «Экология и безопасность деятельности человека»

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail: Kagn47@mail.ru

**ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ
В НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ И НЕФТЕХИМИИ**

Sidorov N.A., Katulsky Y.N.

**INTEGRATED SAFETY MANAGEMENT SYSTEM FOR HIGH-HAZARD WORKS
IN OIL REFINING AND PETROCHEMICAL INDUSTRY**

Аннотация. В статье рассмотрены причины происшествий при выполнении работ повышенной опасности на предприятиях нефтеперерабатывающего и нефтехимического комплекса. Представлена концепция интегрированной системы управления безопасностью, включающая цифровизацию процессов, предиктивную аналитику, совершенствование подготовки персонала с использованием VR-технологий и формирование проактивной культуры безопасности.

Ключевые слова: работы повышенной опасности, управление безопасностью, нефтепереработка, нефтехимия.

Abstract. This article examines the causes and consequences of incidents during high-risk work at oil refining and petrochemical facilities. It presents the concept of an integrated safety management system, including process digitalization, predictive analytics, improved personnel training using VR technologies, and the development of a proactive safety culture.

Keywords: high-risk work, safety management, oil refining, petrochemicals.

Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность составляют основу топливно-энергетического комплекса России, внося существенный вклад в формирование валового внутреннего продукта и обеспечивая стратегические интересы государства. Вместе с тем эти отрасли по праву относятся к числу наиболее опасных в связи с использованием в технологических процессах значительных количеств легковоспламеняющихся, взрывопожароопасных и токсичных веществ, работой сосудов под избыточным давлением и работ при экстремальных температурах. Специфика производств предъявляет высочайшие требования к организации и управлению промышленной безопасностью и охраной труда, особенно при выполнении работ повышенной опасности (РПО), к которым традиционно относят огневые, газоопасные, ремонтные работы, работы на высоте и в замкнутых пространствах.

Анализ происшествий в нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности показывает, что, несмотря на внеде-

рение в последние годы риск-ориентированных подходов, до 70% происшествий происходит именно при выполнении РПО – газоопасных, огневых, ремонтных работ, работ в замкнутых пространствах и на высоте [1]. При этом наблюдается парадокс: совершенствование нормативной базы не всегда приводит к адекватному снижению аварийности. Это указывает на наличие системных проблем, требующих глубокого анализа и разработки новых, более эффективных подходов к управлению безопасностью [1].

Анализ данных Ростехнадзора и внутренних расследований происшествий позволяет выделить следующие основные причины происшествий: системные недостатки управления, человеческий фактор и технические причины [2].

К системным недостаткам управления следует отнести формальный подход к оценке рисков, при котором локальные перечни РПО часто копируют типовые перечни без учета специфики конкретного производства. Например, на установке гидроочистки не всегда включают в перечень работы с серо-

водородсодержащими средами как особо опасные, что приводит к недостаточности мероприятий по защите [3].

К этой же категории относится и разрозненность систем управления, возникающая в результате исторического разделения систем управления охраной труда (СУОТ) и промышленной безопасностью (СУПБ), что приводит к дублированию функций, противоречиям в инструкциях и сложностям в обмене информацией. Данные программ «Nearmiss» (систем выявления и анализа инцидентов, которые потенциально могли привести к травме или аварии, но были предотвращены в последний момент) свидетельствуют о том, что в СУОТ часто не учитываются меры промышленной безопасности, предусмотренные в СУПБ [3].

Также к недостаткам управления следует отнести несовершенство процедур подготовки рабочего места, приводящее к типичным нарушениям: неполному отключению оборудования от действующих коммуникаций, недостаточной промывке и пропарке аппаратов, отсутствию контроля воздушной среды на всех этапах работы [4].

В эту же категорию причин можно включить недостаточную подготовку персонала вследствие того, что программы обучения зачастую носят теоретический характер и не формируют у работников практических навыков действий в нестандартных ситуациях.

Человеческий фактор проявляется в несанкционированных действиях персонала, игнорировании правил и инструкций. Яркий пример – начало огневых работ без анализа воздушной среды на всей площади рабочей зоны [5].

Помимо этого, значительную роль играют психологические и физиологические аспекты: усталость, стресс, снижение концентрации внимания из-за монотонности операций. Исследования показывают, что большая часть ошибок приходится на последние часы смены и при выполнении рутинных, многократно повторяемых операций.

К основным техническим причинам можно отнести скрытые дефекты оборудования, в том числе не выявленные вовремя дефекты металлоконструкций, усталостные трещины, коррозию под изоляцией, а также несовершенство средств контроля вследствие использования устаревших газоанализаторов с низкой чувствительностью и надежностью,

отсутствия систем непрерывного мониторинга на границах рабочей зоны.

Для обеспечения безопасности при проведении РПО в указанных условиях предлагается поэтапное внедрение следующей Интегрированной Системы Управления Безопасностью РПО (ИСУБ РПО).

Ядром системы должна стать единая IT-платформа, обеспечивающая реализацию следующих элементов управления безопасностью РПО:

- идентификацию и оценку рисков;
- прогнозирование возможных инцидентов и происшествий;
- обеспечение безопасности проведения работ на рабочем месте;
- подготовку персонала.

Для идентификации и оценки рисков предлагается включить в цифровую платформу модуль, обеспечивающий использование методов HAZOP, FMEA и «Что, если?» в цифровом формате.

В свою очередь, для прогнозирования возможности появления инцидентов и происшествий в цифровой платформе необходим модуль предиктивной аналитики, предусматривающей использование статистических моделей и алгоритмов машинного обучения, полученных по историческим данным. Эти методы позволяют определять вероятность инцидентов и происшествий по совокупности косвенных показателей, полученных с датчиков «LoT» (загазованность, температура, давление), а также систем видеонаблюдения с элементами компьютерного зрения за поведением персонала.

Модуль, обеспечивающий безопасность проведения работ на рабочем месте, должен состоять из следующих элементов:

- системы электронных нарядов-допусков (далее – е-НД) для автоматической проверки соответствия назначаемого состава бригады квалификационным требованиям;
- интегрированных реестров оборудования и персонала;
- электронных журналов контроля воздушной среды, привязываемых к конкретному наряду;
- QR-кодов на е-НД для оперативной проверки актуальности допуска и условий работы непосредственно на месте;
- носимых устройств (браслетов) для оценки психофизиологического состояния: усталости и стресса у персонала, выполняющего критические операции;

- единой системы цветовой кодировки и RFID-меток для заглушек, отключающих устройств, которая при несоответствии установленной заглушки, определяемого с помощью сканеров на месте работы, не позволит оформить допуск;

- цифровых паспортов безопасности для единиц оборудования, включающих их 3D-модели, историю ремонтов и дефектов;

- мобильных роботов-газоанализаторов для предварительного обследования замкнутых пространств и колодцев;

- БПЛА, оснащенных газоанализаторами и тепловизорами, для мониторинга общей обстановки на высотных объектах и выбросов вредных веществ [7].

Подготовка персонала наряду с традиционными методами должна включать:

- симуляционное обучение на базе виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности. При этом для отработки действий в нестандартных ситуациях (разлив нефтепродуктов, внезапная разгерметизация, пожар) используются VR-тренажеры, имитирующие реальные условия, которые включают фактор стресса и ограниченное время на принятие решений, а для проведения целевого инструктажа – технологию AR-реальности, которая позволяет работнику при наведении планшета или смартфона на оборудование видеть на его изображении скрытые опасности, места установки заглушек, зоны контроля;

- регулярную микроподготовку – ежедневные 5-минутные занятия («пятиминутки безопасности») с разбором одного конкретного риска или «Case study» из мировой практики.

В рамках подготовки персонала также следует формировать проактивную культуру безопасности на всех уровнях – от рядового работника до топ-менеджера. Для этого необходимо:

- внедрить программу «Лидерство в безопасности» («Видимое лидерство»), при которой руководители всех уровней регулярно проводят время на производстве, участвуют в обсуждении рисков и поощряют без-

опасное поведение;

- воспитывать психологию «Нулевой терпимости» (смещение фокуса с поиска виновных на анализ системных причин), для чего использовать программы поощрения за сообщения об опасностях (даже если они не привели к инциденту) и за отказ от выполнения работы в случае возникновения сомнений в ее безопасности;

- создавать кросс-функциональные команды – временные рабочие группы из операторов, ремонтного персонала, специалистов по ОТ и ПБ, технологов для совместного планирования сложных РПО и анализа рисков методом мозгового штурма.

Нетрудно видеть, что ИСУБ РПО представляет собой комплексный подход, объединяющий технологические, организационные и человеческие аспекты и предполагающий глубокую модернизацию существующей системы управления безопасностью при выполнении РПО на нефтехимических предприятиях. Её создание требует значительных затрат материальных и временных ресурсов. Поэтому предлагаемые мероприятия следует внедрять поэтапно, начиная с пилотных проектов на отдельных установках.

В заключение необходимо отметить следующее:

1. Наибольший потенциал для снижения аварийности заложен в устранении системных недостатков, а не в ужесточении контроля.

2. Цифровизация процессов управления РПО является не просто трендом, а необходимым условием для повышения прозрачности, скорости и обоснованности принимаемых решений.

3. Инвестиции в современные методы подготовки персонала (VR/AR) окупаются за счет предотвращения даже одного серьезного инцидента.

4. Формирование проактивной культуры безопасности является самым сложным, но и самым эффективным долгосрочным вложением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щетка, В. Ф. Методы анализа пожарных рисков на предприятиях нефтеперерабатывающей промышленности / В. Ф. Щетка, А. Б. Акимова, В. Я. Трофимец. –

Текст: непосредственный // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. – 2017. – № 1. – С. 22-30.

2. **Прядкин, В. В.** Охрана труда в нефтегазовой промышленности / В. В. Прядкин. – Текст: непосредственный // Аллея науки. – 2022. – Т. 2, № 6(69). – С. 13-17.

3. **Громовская, Е. А.** Охрана труда на предприятиях нефтегазовой отрасли / Е. А. Громовская. – Текст: непосредственный // Вестник магистратуры. – 2022. – № 12 – 5 (135). – С. 4-6.

4. **Безопасное ведение газоопасных, огневых и ремонтных работ:** методические указания для слушателей программы повышения квалификации «Техника работы с газоанализаторами» / составитель Н. И. Рыбко. – Тобольск: Филиал ТИУ в г. Тобольске, Профессиональный учебный центр, 2018. – 34 с. – Текст: непосредственный.

5. **Охрана труда в 2025 году:** новые требования, штрафы и практические рекомендации. – Текст: электронный // МосТруд Эксперт: [сайт]. – URL: <https://www.mostrudexpert.ru/infocentr/ohrana-truda-v-2025-godu-novyie-trebovaniya-shtrafy-i-prakticheskie-rekomendatsii> (дата обращения: 26.10.2025).

6. **Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ** «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». – Текст: электронный // КонсультантПлюс: [сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/(дата обращения: 26.10.2025).

7. **Leveson, N. G.** Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety / N. G. Leveson. – Cambridge, MA: MIT Press, 2011. – 560 p. – Текст: непосредственный.

УДК 613.63

Рогова Татьяна Станиславовна,

*магистрант кафедры «Экология и безопасность деятельности человека»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: 14taty@mail.ru*

Краснова Анжела Рашитовна,

*к.б.н., доцент кафедры «Экология и безопасность деятельности человека»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail: ust-ukir@bk.ru*

**УГОЛЬНЫЙ ДЫМ И УГОЛЬНАЯ ПЫЛЬ КАК ФАКТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РИСК РАЗВИТИЯ РАКА**

Rogova T.S., Krasnova A.R.

**COAL SMOKE AND COAL DUST AS ENVIRONMENTAL POLLUTION FACTORS
AFFECTING THE RISK OF CANCER DEVELOPMENT**

Аннотация. В статье представлен обзор экспериментальных и эпидемиологических исследований, посвящённых влиянию угольного дыма и угольной пыли на риск развития рака, в первую очередь, лёгких.

Ключевые слова: уголь, рак лёгких, угольный дым, канцерогенез, эпидемиология, загрязнение воздуха.

Abstract. The article presents a review of experimental and epidemiological studies on the effect of coal smoke and coal dust on the risk of developing cancer, primarily lung cancer.

Keywords: coal, lung cancer, coal smoke, carcinogenesis, epidemiology, air pollution.

Уголь – одно из тех открытий, что когда-то изменило ход истории. Он дарит тепло, движение и свет, став символом промышленного прогресса и человеческой изобретательности. Но вместе с энергией уголь принёс и другую, скрытую сторону – дым, насыщенный токсичными соединениями, который отравляет воздух. В этом дыме заключены сотни веществ, способных разрушать клетки и изменять их генетическую структуру. Исследования показывают, что длительное воздействие угольного дыма связано с

ростом случаев рака, прежде всего лёгких. Особенно показателен пример китайского городского уезда Сюаньвэя, где использование «дымного» угля в домах привело к всплеску онкологических заболеваний даже среди некурящих [1-3]. Место исследования было выбрано неслучайно, это сельский регион Китая, где жители обычно сжигают уголь для приготовления пищи и отопления помещений.

Исследование проводили на мышах линии СВА весом 21 грамм, в эксперименте