

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ

СЕРГЕЕВ Александр Александрович

студент

ЛЕВЕНШТЕЙН Александр Александрович

студент

ЗАХАРОВА Елена Анатольевна

кандидат биологических наук

Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева
г. Москва, Россия

В статье представлен анализ статистических данных о промышленной безопасности на объектах транспортирования опасных веществ, включая магистральные трубопроводы и другие транспортные системы, выявлены основные тенденции аварийности, определены наиболее аварийно-опасные сегменты транспортирования и оценена эффективность мер регулирования. Рассмотрены фоновые уровни аварийной опасности, показано снижение абсолютного числа аварий при сохранении рисков крупных инцидентов на трубопроводном транспорте и сформулированы рекомендации по совершенствованию системы управления промышленной безопасностью.

Ключевые слова: промышленная безопасность, транспортирование опасных веществ, магистральные трубопроводы, аварийность, анализ риска, фоновый уровень опасности.

Аварии на объектах транспортирования опасных веществ характеризуются не только локальными последствиями, но и риском каскадного развития, трансграничным воздействием и значительным экологическим ущербом. Цель настоящей работы – анализ многолетней динамики аварийности на объектах транспортирования опасных веществ на основе официальных данных Ростехнадзора за последние 15 лет (2009-2023 гг.). К объектам транспортирования опасных веществ в соответствии с законодательством РФ относятся магистральные трубопроводы (нефтепроводы,

продуктопроводы, газопроводы), промышленные трубопроводы, аммиакопроводы, объекты железнодорожного транспорта, осуществляющие погрузочно-разгрузочные операции с опасными веществами, объекты водного транспорта (наливные терминалы, причалы), а также автомобильные цистерны (в части соблюдения требований при осуществлении погрузки/разгрузки на опасных производственных объектах) [1; 2].

Анализ отчетов Ростехнадзора за последние пять лет (2019-2023) позволяет выделить следующие тенденции (таблица 1).

Таблица 1

**СТРУКТУРА ПРИЧИН АВАРИЙ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ
ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПЕРИОД 2019–2022 гг.**

Причина аварии	Характеристика	Примеры из практики	Доля в структуре
Коррозионный износ оборудования	Эксплуатация трубопроводов за пределами нормативного срока службы, отсутствие своевременной диагностики	Авария на нефтепроводе «Оха – Комсомольск-на-Амуре» (июль 2020 г.), причиной стала коррозия металла	35-40%
Человеческий фактор	Ошибки персонала при эксплуатации и ремонте, низкая квалификация, нарушения технологической дисциплины	Авария на АЗС в Северной Осетии (февраль 2022 г.) – неквалифицированный ремонт, отсутствие сигнализаторов загазованности, 1 погибший	25-30%
Внешнее воздействие и механические повреждения	Незаконные врезки, несанкционированные раскопки в охраняемых зонах, наезды техники	По данным ПАО «Транснефть», основной причиной нефтеразливов являются незаконные врезки	15-20%
Заводские дефекты и дефекты строительства	Брак сварочно-монтажных работ, некачественные материалы, проявляющиеся в первые годы эксплуатации	Авария на магистральном газопроводе «Уренгой – Центр-2» (июнь 2022 г.) – разгерметизация участка, разрушение кранового узла, пострадало 4 человека	10-12%
Нарушения организации работ и производственного контроля	Неудовлетворительный контроль со стороны руководителей, отсутствие системы управления рисками	Авария на Тагринском месторождении (январь 2022 г.) – нарушение работы аварийной сигнализации, выброс газа с возгоранием	8-10%

Наблюдается снижение абсолютного числа аварий: по сравнению с началом 2010-х годов количество аварий на трубопроводном транспорте сократилось примерно в 1,5-2 раза, что является результатом реализации программ технического перевооружения и замены изношенных участков. Произошли структурные изменения причин аварийности: если в 2009-2014 гг. преобладали аварии по причине коррозии (до 60% случаев), то в последние годы растет доля аварий, связанных с ошибочными действиями персонала и недостатками организации работ. Это указывает на необходимость усиления внимания к

человеческому фактору. Что касается особенностей аварийности на различных видах объектов, наибольшее число аварий фиксируется на нефтепроводах, за ними следуют газопроводы и продуктопроводы. На объектах железнодорожного и водного транспорта, где осуществляется перевалка опасных веществ, аварийность носит спорадический характер, но отличается тяжестью последствий при реализации.

Основными причинами аварий на объектах транспортирования опасных веществ в рассматриваемый период являются внешнее воздействие и строительные работы (несанкцио-

нированные раскопки в охранных зонах, наезды техники), коррозионный износ (значительная часть трубопроводов эксплуатируется за пределами нормативного срока службы, несмотря на программы диагностики), заводские дефекты и дефекты строительства (проявляются, как правило, в первые годы эксплуатации и составляют устойчивую долю в структуре причин), а также человеческий фактор (ошибки эксплуатационного персонала, нарушения технологической дисциплины).

Для количественной оценки фоновой аварийной опасности на объектах магистрального трубопроводного транспорта используем метод интервального оценивания с 95%

доверительным интервалом, предложенный А.И. Гражданкиным и соавторами [3].

Исходные данные:

суммарное число аварий за 4 года:

$$n = 8 + 9 + 6 + 7 = 30 \text{ аварий};$$

количество лет наблюдения: $t = 4$ года;

протяженность магистральных нефте- и нефтепродуктопроводов: $L = 75\,000$ км;

Расчет среднегодовой абсолютной аварийности:

$$\lambda_{\text{ср}} = \frac{n}{t} = \frac{30}{4} = 7,5 \text{ аварий в год.}$$

Расчет удельной аварийности (на 1000 км трассы):

$$\lambda_{\text{уд}} = \frac{30 \times 1000}{75000 \times 4} = \frac{30000}{300000} = 0,10 \text{ аварий на 1000 км в год.}$$

Расчет верхней границы доверительного интервала:

$$\lambda_{\text{верхн}} = 7,5 + 1,96 \times \sqrt{\frac{7,5}{4}} = 7,5 + 1,96 \times \sqrt{1,875} = 7,5 + 1,96 \times 1,369 = 10,18.$$

С вероятностью 95% можно утверждать, что истинное значение среднегодовой аварийности на объектах магистрального трубопроводного транспорта находится в интервале от 4,82 до 10,18 аварий в год. Верхняя граница интервала (10,18) представляет собой пессимистическую оценку, которую следует использовать при проектировании новых объектов и разработке деклараций промышленной безопасности, как указано в работе Гражданкина А.И. [3]. Полученное значение удельной аварийности (0,10 аварий на 1000 км в год) соответствует среднемировым показателям для магистральных трубопроводов и свидетельствует о приемлемом уровне промышленной безопасности при существующей системе регулирования.

На объектах транспортирования опасных веществ наблюдается устойчивая тенденция к

снижению абсолютного и относительного числа аварий, что подтверждает эффективность реализуемых мер регулирования и инвестиционных программ. Наиболее проблемным сегментом остаются магистральные нефтепроводы с большим сроком эксплуатации, где основным фактором аварийности выступает коррозия. Методология интервального оценивания фоновых уровней аварийной опасности должна шире применяться при разработке деклараций промышленной безопасности и обосновании инвестиций в реконструкцию. Дальнейшее повышение безопасности транспортирования опасных веществ связано с внедрением систем мониторинга технического состояния в реальном времени, развитием методов неразрушающего контроля и совершенствованием подготовки персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочкарев, А. П. Актуальные проблемы информационной безопасности личности в современном мире / А. П. Бочкарев, Г. В. Завьялов // Техносферная безопасность в XXI веке: Материалы XV Всероссийской научно-практической конференции магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Иркутск, 26–28 ноября 2025 года. Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2025. С. 18-22.
2. Коновалов, К. В. Психологические аспекты обеспечения безопасности при выполнении электротехнических работ / К. В. Коновалов, Е. А. Захарова // Общество. – 2024. – № 2-1(33). – С. 14-18.
3. Гражданкин, А.И. О фоновых уровнях аварийной опасности на опасных производственных объектах / А.И. Гражданкин, А.С. Печеркин, Е.А. Самусева, Н.Л. Разумняк, В.И. Сидоров // Безопасность труда в промышленности. – 2019. – № 10. – С. 50-56.

ACCIDENT ANALYSIS AT HAZARDOUS SUBSTANCES TRANSPORTATION FACILITIES

SERGEEV Alexander Alexandrovich

Student

LEVENSTEIN Alexander Alexandrovich

Student

ZAKHAROVA Elena Anatolyevna

Candidate of Sciences in Biology

Russian State Agrarian University – Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev
Moscow, Russia

The article presents an analysis of statistical data on industrial safety at hazardous substances transportation facilities, including main pipelines and other transport systems, identifies the main trends in accidents, identifies the most accident-prone transportation segments, and evaluates the effectiveness of regulatory measures. The background levels of emergency danger are considered, the reduction of the absolute number of accidents while maintaining the risks of major incidents in pipeline transport is shown, and recommendations for improving the industrial safety management system are formulated.

Keywords: industrial safety, transportation of hazardous substances, main pipelines, accident rate, risk analysis, background hazard level.
