Для цитирования: Радиопромышленность. – 2016. – № 3. – С. 87–9.
УДК 658.382.3

Н.А. Махутов[1], В.Л. Балановский[2], К.М. Любимов[3]

[1] РАН, [2] Комитет Московской торгово-промышленной палаты по комплексной безопасности,
[3] Группа компаний «Константа»

СОЗДАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ И БЕЗОПАСНОСТИ

В статье рассмотрен процесс создания транспортных систем для перевозки опасных грузов на основе анализа рисков возникновения катастрофических состояний и безопасности.

Ключевые слова: *транспортная система, опасный груз, анализ рисков, катастрофическое состояние, безопасность.*

По данным ООН доля опасных грузов в мировом грузообороте в настоящее время достигает половины. С перевозками опасных грузов связаны существенные риски возникновения чрезвычайных происшествий. Актуальна необходимость в мероприятиях по сведению этого потенциала к уровню остаточных рисков, приемлемому для общества и государства. В объеме грузов, перевозимых в РФ, доля опасных грузов составляет порядка 20% или примерно 800 млн тонн. Из них 65% приходится на долю автомобильного транспорта, около 30% – на долю железнодорожного транспорта, примерно 5% – на долю речного и морского транспорта и около 0,1% – на долю авиации. Наиболее проблемным вопросом при перевозке опасных грузов является то, что показатель аварий и катастроф на транспорте в России в 2–3 раза выше, чем в других промышленных странах.

Перевозки радиоактивных материалов и отходов представляют наибольшую потенциальную опасность. Состояние нормативной базы в области перевозок радиоактивных грузов нельзя оценить выше, чем удовлетворительное. Почти все нормативные документы в этой области устарели и требуют коренной переработки. Предприятия, осуществляющие перевозки радиоактивных грузов, вынуждены руководствоваться многочисленными инструкциями, положениями, решениями, отдельные из которых подчас противоречат друг другу и нормативным документам федерального уровня. В процессе перевозки радиоактивные материалы и отходы попадают во власть организаций, мало компетентных в вопросах безопасности ядерной энергетики.

Отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) – это уран, отработанный в ядерном реакторе и содержащий радиоактивные продукты деления ценный продукт, содержащий невыгоревший уран и трансурановые элементы. В мире накоплено около 240 тыс. тонн ОЯТ, переработано 85 тыс. тонн. Из 30 государств, развивающих ядерную энергетику, только Великобритания, Франция и Россия построили и эксплуатируют РХЗ для переработки ОЯТ с АЭС. Ежегодно по дорогам России проходит 30 транспортов с большими партиями радиационно-опасных грузов с зарубежных АЭС от западных и восточных рубежей в центр РФ, что составляет десятки тысяч километров. Время нахождения их в пути от 12 до 16 суток. В свете последних событий в мире, с точки зрения террористической угрозы, перевозка ОЯТ становится весьма небезопасным предприятием. Среди продуктов деления содержатся радиоактивные изотопы, применяющиеся промышленными, медицинскими, научными организациями, которых в РФ насчитывается около четырех тысяч. Эти организации осуществляют перевозки бесконтрольно, в то время как на российских дорогах аварии возможны в любой момент, в любом месте. Положение осложняется тем, что значительное количество транспорта с такими опасными грузами постоянно находится в непосредственной близости от промышленных предприятий и жилых массивов, что создает повышенную угрозу возникновения чрезвычайных ситуаций с особо тяжелыми последствиями. Поэтому анализ риска становится основной частью системы управления безопасностью объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств (ОТИ и ТС) при перевозке опасных грузов.

Задачи оценки безопасности функционирования ОТИ и ТС при перевозке опасных грузов:

1. разработка базовых положений теории комплекса рисков и безопасности;
2. поиск и анализ опасных состояний в ОТИ и ТС (измерение рисков и уровней безопасности);
3. структурный анализ рисковых ситуаций для их моделирования в виде сценариев смены событий, ведущих к катастрофе.

Основные проблемы оценки безопасности ОТИ и ТС:

- катастрофы (и серьезные происшествия) – редкие события с вероятностью события «почти ноль»;
- статистика по факторному анализу причин катастроф является недостоверной, неустойчивой, число факторов велико (информация о причинах катастроф появляется со случайным временем ожидания катастрофы);
- теория надежности и теория безопасности систем ОТИ и ТС не совпадают, так как решаются разные задачи по различным критериям и при разных целях исследований опасных ситуаций.

Технические и правовые процедуры теории безопасности при перевозке опасных грузов:

- цепи, события в рисковых ситуациях, рисковые события;
- назначение, выбор приемлемого риска;
- оценивание значений целевого уровня риска при перевозке опасных грузов;
- «взвешивание» рисков.

Управление риском:

- цель управления, достижение приемлемого риска (предупреждение катастроф, происшествий с учетом расчетного, потенциального риска);
- предотвращение происшествий на основе оценок риска и управления рисками;
- определение уровней безопасности на множестве альтернативных факторов при малой вероятности катастрофы и малой вероятности проявления любого из факторов.

Безопасность – состояние, при котором риск вреда или ущерб ограничены допустимым уровнем.

Риск – случайное (неопределенное) дискретное событие, причина аварий заключается в цепочке событий или в сценарии, завершающемся попаданием системы в «опасное состояние» с нечеткой мерой оценивания уровня нежелательных последствий или ущерба.

Степень случайности или неопределенности события – степень риска, измеряемая через вероятность события.

Степень опасности или степень риска- объективная мера неопределенности возникновения нежелательных последствий.

Риск оценивается двухмерным множеством показателей: мерой неопределенности появления негативного результата (степень риска) и мерой последствий или ущерба (цена, или величина риска).

В опасных ситуациях с вероятностью «почти ноль» риск оценивается по относительным и условным показателям или по величине возможного ущерба. Уровень безопасности при перевозке опасных грузов оценивается через величину риска. Интегральные оценки величины риска при перевозке опасных грузов представлены на рис. 1.

Процесс транспортирования ядерных материалов является наиболее слабым звеном с точки зрения уязвимости и подверженности несанкционированным действиям по сравнению со стационарными объектами, где обращается ядерный материал. Защита ядерных материалов на транспортных средствах в отличие от стационарных объектов не имеет такой многоструктурной системы охраны и не может использовать обычный для стационарных объектов набор оборудования и технических средств для заблаговременного обнаружения опасности, ее оценки, задержки доступа и принятия ответных мер. Управление рисками ОТИ и ТС при перевозке таких опасных грузов, как ядерные материалы, сводится к управлению процессами или событиями при возникновении ситуаций или сценариев событий, ведущих к возникновению катастроф, происшествий, предпосылок к происшествиям и т.д. Особое значение имеют способы оценки степени защищенности ОТИ и ТС, перевозящих опасные грузы, от деструктивного воздействия природных и техногенных факторов, актов незаконного вмешательства, человеческого фактора, культуры безопасности с помощью комплексного обеспечения безопасности на основе методических материалов по оценке опасности объектов и систем, степени их защищенности, мониторингу рисков, управлению стойкостью. При этом стойкость системы – это ее живучесть, способность противостоять внешним воздействиям и функционировать в штатном режиме под влиянием внешних ненормативных воздействий на этапе инициирования ЧС.

Конечная цель работы состоит в решении задач социально-экономического развития РФ, а также в сохранении благоприятного состояния окружающей среды и природно- ресурсного потенциала в интересах удовлетворения жизненных потребностей нынешнего и будущих поколений. Жители РФ должны трудиться в безопасных и благоприятных

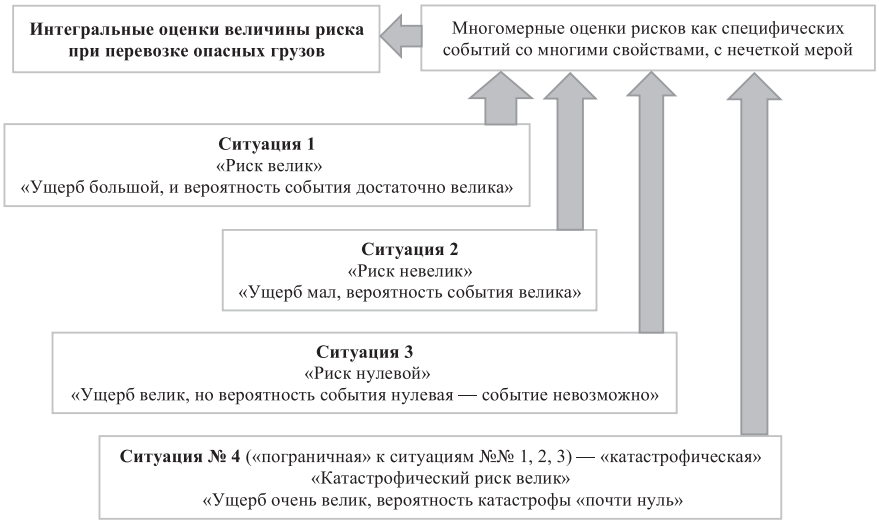

Рисунок 1. Интегральные оценки величины риска при перевозке опасных грузов

условиях и не оказывать при этом негативного воздействия на окружающую среду. Формирование производственных и транспортно-логистических систем для этого должно базироваться на решении вопросов устойчивого развития и должно быть связано с непрерывностью процесса и управлением качеством этого процесса. Это предопределяет необходимость выявления компонентов и структуру связей объектов промышленности и транспортной инфраструктуры с окружающей средой. Устойчивое развитие РФ возможно только в результате интеграции и синхронизации экономического, социального и экологического факторов. Устойчивость развития достигается с помощью создания эффективной системы принятия решений на основе управления рисками и стойкостью. Для транспорта, осуществляющего перевозки опасных грузов для этого, формируется устойчивая транспортно-логистическая система перевозки опасных грузов – совокупность объектов и субъектов транспортной и логистической инфраструктуры, выполняющая функции перемещения опасных грузов, а также информационного и правового сопровождения этих товарных потоков. Развитием методов устойчивого развития является создание устойчивой транспортно-логистической системы перевозки опасных грузов, которая согласуется с различными аспектами устойчивости. При формировании транспортной системы перевозки опасных грузов приоритетным направлением является выработка мер противодействия социальным, природным и техногенным факторам, борьба с актами незаконного вмешательства на основе мониторинга рисков и управления стойкостью. Устойчивая транспортно-логистическая система перевозки опасных грузов представлена на рис. 2.

В управление рисками при перевозке опасных грузов входят процессы, связанные с идентификацией, анализом рисков и принятием решений, которые включают максимизацию положительных и минимизацию отрицательных последствий наступления рисковых событий. Развитие чрезвычайных ситуаций при перевозке опасных грузов происходит по «принципу домино»: один вышедший из строя объект (элемент системы)

сильно повышает вероятность аварии остальных, что приводит к возникновению лавины аварий.

Рисунок 2. Устойчивая транспортно-логистическая система перевозки опасных грузов

При решении проблем комплексной безопасности устойчивой транспортно-логистической системы перевозки опасных грузов необходимо моделировать ее как сложную систему, что позволяет исследовать особенности ее функционирования в различных условиях, наделять ее требуемыми характеристиками, повышать стойкость к деструктивным воздействиям, снижать риск возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Этапы процесса управления рисками и стойкостью при создании устойчивой транспортно-логистической системы перевозки опасных грузов представлены на рис. 3.

Второй подход (первый подход – на рис. 3) управления стойкостью: «Изменение структуры устойчивой транспортно-логистической системы перевозки опасных грузов, позволяющее повышать стойкость системы, убирая из структуры системы наиболее опасные и уязвимые взаимосвязи», – представляет собой новое направление теории управления сложными системами – структурное управление. Построение структур устойчивых транспортно-логистических систем перевозки опасных грузов с заданными характеристиками происходит в условиях объединения элементов различной природы в целостную функционирующую систему. При проектировании и анализе таких сложных многоэлементных структур возникает необходимость отслеживать сохранение (или, отсутствие) в них определенных качественных характеристик, что является сложной и важной задачей для устойчивых транспортно-логистических систем перевозки опасных грузов как организационных структур. В основе структурного управления устойчивыми транспортно-логистическими системами перевозки опасных грузов лежит использование архитектур компьютерных сетей, систем сетевой связи, реализующих предфрактальные графы и их свойство самоподобия. Использование этого свойства дает возможность «программирования» – наделения предфрактальных графов такими топологическими и метрическими характеристиками, образы которых требуемы для проектируемых

Рисунок 3. Этапы процесса управления рисками и стойкостью при создании устойчивой транспортно-логистической системы перевозки опасных грузов

структур устойчивых транспортно-логистических систем перевозки опасных грузов, моделями которых и являются предфрактальные графы. Алгоритмы обработки предфрактальных графов легко распараллеливаются с заметным (на порядок ниже, чем у обычных графов) снижением вычислительной сложности. Такое структурное управление, использующее подобные модели управления стойкостью, может использоваться при создании систем поддержки принятия решений в ситуационных центрах, осуществляющих контроль за перемещением опасных грузов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойцов Б. В., Балановский В. Л., Балановский Л. В., Габур С. П. Организация создания систем безопасности транспортного комплекса // Качество и жизнь. 2014. № 3.
2. Махутов Н. А., Балановский Л. В., Балановский В. Л., Габур С. П., Карабанов И. И. Мониторинг рисков и прогнозирование для систем комплексной безопасности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств // Качество и жизнь. 2014. № 3.
3. Махутов Н. А., Балановский Л. В., Балановский В. Л., Габур С. П. Дорожная карта формирования рынка услуг по комплексной безопасности объектов транспортного комплекса // Качество и жизнь. 2014. № 3.
4. Кочкаров А. А., Кочкаров Р. А. Предфрактальные графы в проектировании и анализе сложных структур // Препринт ИПМ им. М. В. Келдыша РАН. 2003. № 10.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Махутов Николай Андреевич, член-корр. РАН, д.т.н., проф., руководитель РГ «Риск и безопасность» при Президенте РАН, Российская Академия наук.

Балановский Владимир Леонидович, действ. член ВАНКБ и АПК, зам. председателя комитета Московской торгово-промышленной палаты по комплексной безопасности, президент проблемного отделения «Комплексная безопасность» Академии проблем качества, Академия проблем качества, 119991, Москва, Ленинский просп., 9.

Любимов Константин Михайлович, к.э.н., чл.-корр. АПК, вице-президент Всероссийской академии наук комплексной безопасности, председатель совета директоров группы компаний «Константа», группа компаний «Константа», 119331, Москва, пр. Вернадского, д. 29, БЦ «Лето».

For citation: Radiopromyshlennost. – 2016. – № 3. – P. 6–9.

N. Makhutov, V. Balanovskiy, K. Lubimov

ESTABLISHMENT OF TRANSPORT SYSTEMS FOR HANDLING DANGEROUS GOODS ON THE BASIS OF ANALYSIS OF DISASTROUS CONDITIONS OCCURRENCE RISK AND SAFETY

This article describes the process of formation of transport systems for handling dangerous goods on the basis of analysis of disastrous conditions occurrence risks and safety.

Keywords: transport system, dangerous goods, risk analysis, disastrous conditions, security.

REFERENCES

1. Boytsov B. V., Balanovskiy V. L., Balanovskiy L. V., Gabur S. P. Organizatsiya sozdaniya sistem bezopasnosti transportnogo kompleksa [Organization of creating of a transport complex security systems]. *Kachestvo i zhizn',* 2014, no. 3.
2. Makhutov N. A., Balanovskiy L. V., Balanovskiy V. L., Gabur S. P., Karabanov I. I. Monitoring riskov i prognozirovanie dlya sistem kompleksnoy bezopasnosti ob"ektov transportnoy infrastruktury i transportnykh sredstv [Risk monitoring and forecasting for complex safety systems of transport infrastructure and vehicles]. *Kachestvo i zhizn',* 2014, no. 3.
3. Makhutov N. A., Balanovskiy L. V., Balanovskiy V. L., Gabur S. P. Dorozhnaya karta formirovaniya rynka uslug po kompleksnoy bezopasnosti ob"ektov transportnogo kompleksa [Roadmap formation of the market of services for complex safety of objects of the transport complex. *Kachestvo i zhizn',* 2014, no. 3.
4. Kochkarov A. A., Kochkarov R. A. Predfraktal'nye grafy v proektirovanii i analize slozhnykh struktur [Prefractal graph in the design and analysis of complex structures]. *Preprint IPM im. M. V. Keldysha RAN,* 2003, no. 10.

AUTHORS

Makhutov Nikolay, member correspondent of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci.Tech., professional, the head of the WG «Risk and safety» at the President of the Russian Academy of Sciences, Russian Academy of Sciences.

Balanovskiy Vladimir, action member of NASCS and AQP, deputy Chairman of the Committee of the Moscow Chamber of Commerce on integrated security, the president of troubled department «Integrated Security» Academy of Quality Problems, Academy of Quality Problems, 9, Leninsky pr., Moscow, 119991.

Lubimov Konstantin, Ph.D.E., member correspondent of AQP, vice-president of the All-Russian academy of Sciences of complex safety, chairman of the board of directors of Konstanta group of companies, Konstanta group of companies, BC Leto, 29, Vernadsky Ave., Moscow, 119331.