

Методика оценки безопасности транспортных комплексов

А.Л. СТАРИЧЕНКОВ, канд. техн. наук, доцент, И.В. СТЕПАНОВ, канд. техн. наук, доцент
Институт проблем транспорта РАН

Процесс анализа риска является интеграционной процедурой, в которой на каждом этапе анализа учитываются результаты, полученные на каждом из предыдущих этапов. Реализация (планирование) мероприятий по управлению риском приводит к изменению структуры и характеристик основного оборудования и систем защиты. Это означает, что любое принятое решение должно вести к изменению полученных ранее показателей риска.

Основные показатели и критерии безопасности

При решении задач оценки безопасности транспортных коммуникаций и комплексов используют различные показатели, и в частности риск.

Риск — одна из важнейших категорий, отражающих меру опасности ситуаций, в которых имеются потенциальные факторы, способные неблагоприятно воздействовать на человека, общество и природу [1, 2].

Всесторонняя оценка риска аварий основывается на анализе причин возникновения опасных ситуаций (отказов технических устройств, ошибок персонала, внешних воздействий) и условий развития аварий, поражения производственного персонала, населения, причинения ущерба имуществу эксплуатирующей организации или третьим лицам, вреда окружающей природной среде.

При анализе рисков выделяют *технический, индивидуальный, потенциальный территориальный, коллективный и социальный* риски.

Одна из наиболее часто употребляемых характеристик опасности — индивидуальный риск, отражающий частоту поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности.

Важным комплексным показателем, характеризующим пространственное распределение опасности по объекту и близлежащей территории, является потенциальный территориальный риск, отражающий частоту реализации поражающих факторов в рассматриваемой точке территории. Как правило, потенциальный риск оказывается промежуточной мерой опасности, используемой для оценки социального и индивидуального риска при крупных авариях.

Сопоставление распределения потенциального риска и распределения

населения в исследуемом районе позволяет получить количественную оценку социального риска для населения.

Существенной количественной интегральной мерой опасности объекта является коллективный риск, определяющий ожидаемое количество пострадавших в результате аварий на объекте за определенный период времени.

Для целей экономического регулирования безопасности и страхования важным является такой показатель риска, как статистический ожидаемый ущерб в стоимостных или натуральных показателях.

Для оценки безопасности транспортного комплекса или коммуникаций целесообразно использовать следующие показатели:

- 1) вероятность появления происшествий (реализации класса риска) за время функционирования объекта $Q(\tau)$;
- 2) ожидаемые средние затраты на их предупреждение и снижение возможного ущерба $M_i[S]$;

3) ожидаемый возможный средний ущерб от происшествий в этот период $M_i[Y]$.

Опираясь на введенные показатели безопасности, можно сформулировать основной критерий оптимизации, используемый при оценке эффективности и принятии решений по управлению риском: наилучшим с точки зрения безопасности является такое решение, которое обеспечивает минимум суммарных издержек ($M_i[S] + M_i[Y]$) от объективно существующих на объекте опасностей. В качестве оптимизируемого параметра выступает вероятность $Q^*(\tau)$ появления конкретных происшествий.

Методика оценки риска

Процедуры управления риском основаны на использовании комплекса моделей (*рис. 1*) и включают в себя шесть этапов:

- анализ надежности основного оборудования;
- анализ надежности системы противоаварийной защиты;
- анализ сценариев развития аварии;
- определение последствий аварии;
- расчет значений соответствующих показателей риска.

Обобщенная схема анализа риска аварий при эксплуатации потенциально опасных объектов и объектов транспорта представлена на *рис. 1*.

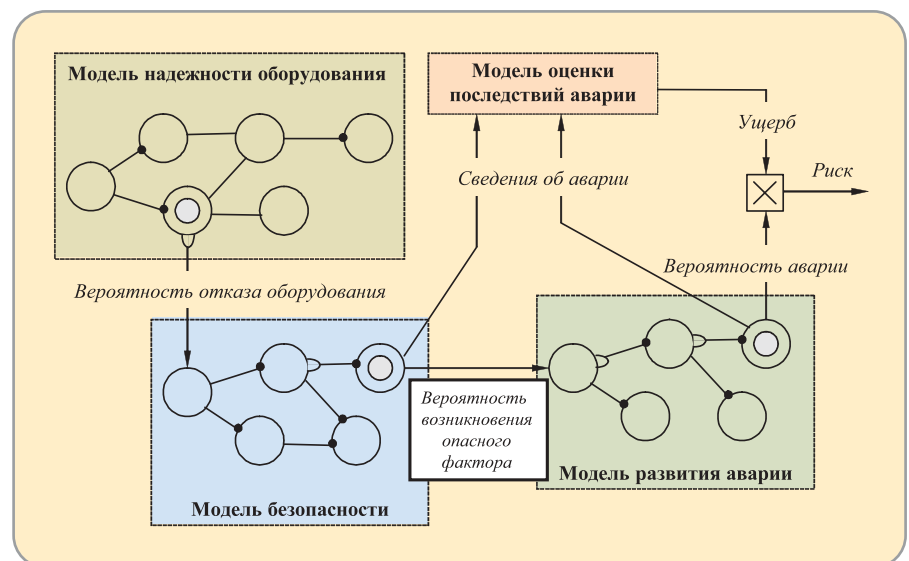


Рис. 1. Схема анализа риска аварий при эксплуатации опасных объектов

Анализ надежности оборудования предполагает обследование объекта и создание системы моделей, описывающих его функционирование.

В процессе анализа надежности объекта необходимо разработать стратифицированный комплекс моделей, включающий несколько уровней стратификации [3].

Число выделяемых уровней и глубина детализации описаний определяется поставленными задачами моделирования. На верхних уровнях иерархии предметом анализа являются структура объекта исследования и функциональные связи между различными элементами структуры.

На нижних уровнях иерархии (функциональные узлы и оборудование) предметом анализа является функциональная структура и особенности технологического процесса. При анализе работы оборудования учитывается его собственная надежность, надежность систем снабжения электроэнергией, водой, топливом и другими необходимыми ресурсами.

Оборудование в схемах нижнего уровня можно условно разделить на три группы:

- основное технологическое оборудование, обеспечивающее выполнение технологического процесса, — для описания технологического процесса используется модель надежности;
- защитное оборудование, обеспечивающее защиту стабилизатора при возникновении потенциально опасных ситуаций, — для описания функционирования защитного оборудования используется модель безопасности;
- трубопроводы и другое вспомогательное оборудование (например, приводы насосов и т.п.).

Для анализа надежности необходимо сформировать банк данных, содержащий сведения по надежности, защищенности и другим характеристикам оборудования, а также разработать модели, описывающие штатное функционирование оборудования и его элементов в ходе технологического процесса.

Входной информацией являются показатели надежности и технического состояния оборудования. Результат — значения вероятностей безотказной работы или вероятностей отказа оборудования, узлов, блоков, комплексов и т.п.

Анализ надежности системы противоаварийной защиты предполагает обследование объекта и создание моделей функциониро-

вания технологического оборудования и систем противоаварийной защиты в случае опасных отклонений параметров контролируемого процесса.

Цель данного этапа — анализ надежности систем противоаварийной защиты, направленный на выявление слабых мест, и оценка вероятности возникновения потенциально опасных ситуаций вследствие отказов технологического оборудования и систем защиты.

Результатом являются значения вероятностей безотказной работы или вероятностей отказа устройств защиты, а также вероятности возникновения опасной ситуации как следствие неспособности системы защиты исключить развитие опасных факторов.

Анализ сценариев развития аварии [2, 4] предполагает исследование всех возможных вариантов развития аварии, определение факторов, способствующих или препятствующих развитию аварии, создание комплекса моделей, описывающих выделенные сценарии развития аварий.

Цель этапа — определение места и объемов выброса, типа веществ и определение возможных вариантов развития аварии.

Входной информацией являются вероятности безотказной работы оборудования и устройств защиты. Результат — вероятности возникновения различных аварийных ситуаций.

Оценка последствий аварии предполагает исследование всех возможных вариантов развития и прогноз возможных последствий аварии. Метод оценки последствий, в зависимости от решаемой задачи анализа, является ущерб. При оценке социального риска мерой ущерба являются жертвы среди обслуживающего персонала и гражданского населения, при оценке технического риска — возможные разрушения оборудования и т.п.

Оценка последствий основывается на комплексе аналитических моделей, описывающих все потенциально возможные для рассматриваемого объекта виды аварий.

При анализе последствий аварий необходимо рассматривать все возможные опасности с учетом факторов, способствующих реализации различных сценариев аварии. Модель развития аварии учитывает особенности технологического процесса и функционирования систем защиты и включает три этапа.

На первом определяются потенциально опасные ситуации и их возможные последствия. На втором определяются факторы, способствующие возникновению и развитию аварии. На третьем этапе определяются сценарии развития аварии и формируется модель развития аварии.

Определение риска. Риск аварии R определяется как математическое ожидание возможного ущерба от аварии $R = p_{\text{оф}} \cdot C$, где $p_{\text{оф}}$ — вероятность проявления потенциально опасных факторов, следствием которых может быть авария; C — ожидаемый ущерб от действия рассматриваемых опасных факторов в случае возникновения аварии.

Вероятность $p_{\text{оф}}$ является функцией от надежности различных групп оборудования, эффективности функционирования персонала, условий, способствующих развитию аварий, и вычисляется с использованием моделей надежности и безопасности.

Ожидаемый ущерб C определяется с использованием моделей оценки последствий аварий. На основании сведений о месте аварии, действующих опасных факторах, объеме и составе участвующих в аварии опасных веществ рассчитываются зоны поражения (действия опасных факторов — ударная волна, термическое воздействие, химическое заражение) и определяются объекты, попавшие в зоны поражения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стариченков А.Л., Степанов И.В. Управление рисками в региональной транспортной системе // Всероссийская конф. «Управление и информационные технологии — УИТ-2005»: Сб. докл. Санкт-Петербург, 30 июня — 2 июля 2005 г. — СПб., 2005. — Т. 2. — С. 30–39.
2. Степанов И.В. Оценка безопасности транспортных комплексов. Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ»: Серия «Автоматизация и управление». — 2004. — № 1. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2004. — С. 48–53.
3. Космачев В.П., Ибадулаев В.А., Степанов И.В. Методика оценки рисков на потенциально опасных промышленных объектах // Всероссийская конф. «Управление и информационные технологии — УИТ-2005»: Сб. докл. Санкт-Петербург, 30 июня — 2 июля 2005 г. — СПб., 2005. — Т. 2. — С. 39–45.
4. Степанов И.В., Стариченков А.Л. Моделирование безопасности транспортных коммуникаций и комплексов // Междунар. конф. по мягким вычислениям SCM-2005: Сб. докл. Санкт-Петербург, 27–29 июня 2005 г. — СПб., 2005. — Т. 2. — С. 144–147.