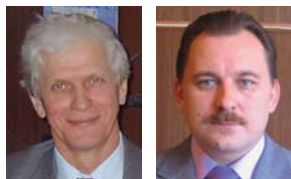


# Модель управления безопасностью на железнодорожном транспорте

Д. А. СКОРОХОДОВ, докт. техн. наук, профессор,

А. Л. СТАРИЧЕНКОВ, канд. техн. наук, доцент, Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН, г. Санкт-Петербург



**Обеспечение безопасности железнодорожного транспорта возможно на основе оценки риска как наиболее универсальной ее характеристики. При этом необходимо определить основные группы риска и создать обобщенную динамическую модель безопасности, включающую в себя прямые и обратные связи. Для создания такой модели требуется организовать сбор и анализ данных об отказах техники и ошибках персонала, разработать методики экономических расчетов для определения потерь при различных соотношениях капитальных вложений.**

На железнодорожном транспорте за многие десятилетия сложилась система мер по обеспечению безопасности движения (БД), которая во многом соответствует весьма жестким требованиям. Несмотря на приемлемый в среднем уровень безопасности, транспортная система остается не защищенной от всплесков аварийности и несет немалые потери из-за нарушения безопасности (НБ). Особенно удручает, что случаи НБ повторяются, в том числе с тяжелыми последствиями, по сходным причинам. Следовательно, в управлении обеспечением безопасности имеются невыясненные закономерности, знание которых позволило бы принимать более эффективные меры.

На железных дорогах США, Японии, Англии и других стран широко используют методы принятия решений, позволяющие получать максимальный эффект от капиталовложений, выделяемых на повышение безопасности движения. Основой этих методов являются прогнозирование рисков аварий, оценка стоимости потерь и сбереженных жизней, а также расчет эффекта от мероприятий.

В большинстве стран в качестве базового параметра принимается денежное выражение стоимости жизни человека, которая

может быть спасена при реализации проектов по обеспечению безопасности движения (в Великобритании — 665 тыс. фунтов стерлингов на смертный случай, в Канаде — 1,5 млн долл.).

Самый простой путь расчета — это сравнение статистических данных по стране, планирующей мероприятия, с данными по странам, где эти мероприятия уже осуществлены. Однако простое сопоставление не всегда дает правдивые оценки, требуется более глубокий анализ, в основе которого лежит метод определения рисков железнодорожных перевозок, для чего исследуются частота и количество несчастных случаев, степень тяжести полученных

травм, динамика случаев во времени, их сценарии и т. д.

Расчет рисков позволяет установить, что с некоторого момента затраты на дальнейшее повышение безопасности начинают резко расти, а достигаемый эффект уменьшается.

В Великобритании подсчитали, что риск пассажира погибнуть на железной дороге не должен превышать 1/50 млн поездок. Из этого определяется необходимость предохранительных мер, способы их осуществления и ответственность исполнителей. Такой подход является основой для сертификации и страхования железнодорожных перевозок, которые необходимы для работы на мировом транспортном рынке.

## Обобщенная динамическая модель управления безопасностью

Управление безопасностью включает в себя контроль, анализ, выработку управляющих воздействий и создание системы эталонов по обеспечению БД. Эти составляющие связаны в единую динамическую самонастраивающуюся систему с обратной связью (рис. 1).

Уровень безопасности в значительной мере зависит от человеческого фактора, поэтому нужно собирать и анализировать данные, касающиеся не только техники, но и составляющих человеческого фактора, а также принимаемых мер.

Управление безопасностью имеет две обратные связи: через систему мер для усиления безопасности и через систему эталонов. При внешней связи — через систему эталонов — используется массив данных за большой промежуток времени, что позволяет получать объективные обобщения, обоснованно корректировать нормы, разрабатывать правила, инструкции,

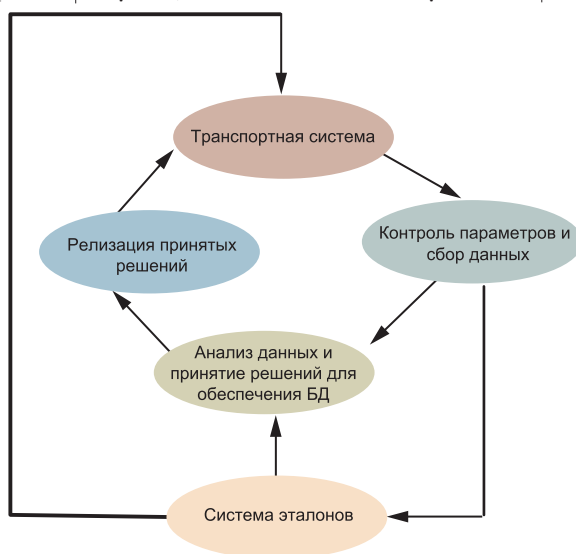


Рис. 1. Динамическая система управления безопасностью с двумя контурами обратной связи

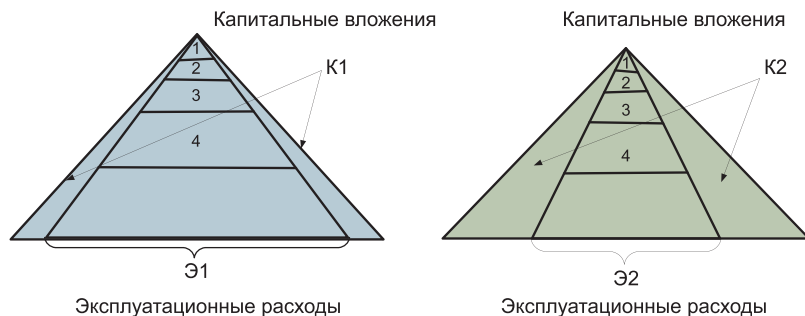


Рис. 2. Соотношение капитальных вложений и эксплуатационных расходов

стандарты, технологии, составлять законы, но она требует серьезного научного обеспечения и анализа. Принятие оперативных мер (внутренняя обратная связь) сопряжено с большой ответственностью, так как последствия могут наступить незамедлительно.

Сила прямых и обратных связей должна оптимизироваться на математической модели управления безопасностью, составленной на базе реальных параметров транспортной системы (техника — человек — управление).

В системе эталонов до сих пор не разработаны единые критерии оценки состояния безопасности. В качестве таких критериев целесообразно использовать риски потерь, что соответствует международной практике. Следует различать проектный и действительный риски: первый задает норму безопасности, второй определяет фактическое положение дел. Такой подход позволит создать методическую основу для лицензирования предприятий по безопасности и перейти на систему раннего диагностирования аварийных ситуаций. Вся система обеспечения безопасности в большей степени будет ориентирована на упреждение случаев НБ.

Поскольку система обеспечения безопасности сложилась эмпирически по следам крушений и аварий, в ней практически задействованы те механизмы, которые должны исключать причины прошлых происшествий. Однако практика показывает, что крушения повторяются по сходным причинам. Следовательно, либо приняты не те меры, либо они не достигают цели, либо несовершенна система диагностирования причин. Это означает, что система обеспечения безопасности нуждается в осмыслении и совершенствовании.

Поскольку факторов опасности много, а материальные средства ограничены, радикальное решение по всем факторам реализовать, как правило, не удастся. Отсюда одной из главных задач управления безопасностью является определение приоритетов, пропорций,

оптимального вектора для выделения средств и проведения целевых мероприятий.

### Капитальные вложения и эксплуатационные расходы

Оценка материального ущерба от НБ — обычная практика, но обобщающие экономические расчеты потерь и стоимости мероприятий проводятся не часто. Одним из принципиальных положений является соотношение между капитальными вложениями и эксплуатационными расходами (рис. 2). С увеличением капитальных вложений ( $K2 > K1$ ) на приобретение надежной техники сокращается количество неблагоприятных событий, что позволяет снизить эксплуатационные расходы ( $Э2 < Э1$ ).

Можно обозначить несколько путей повышения безопасности и уменьшения рисков:

- если выделен определенный объем средств и известна стоимость каждого фактора в численном измерении, можно прогнозировать уровень безопасности; вкладывая средства в нейтрализацию тех или иных факторов, можно добиться максимального эффекта при ограниченных вложениях;
- если предполагается рост объема перевозок на некоторую известную величину, то, пользуясь вышеизложенными соображениями, можно рассчитать уровень безопасности при заданных инвестициях; если расчетный уровень безопасности оказывается ниже требуемого, то правомерно ставить вопрос об увеличении инвестиций;
- если финансовых вложений на обеспечение требуемого уровня безопасности не хватает (прежде всего, для закупки новой техники), то реальными способами достижения необходимых показателей следует считать увеличение производительности труда, организационные мероприятия для построения дополнительных обратных связей в части контроля и выработки управляющих воздействий, а также снижение эксплуатационных показателей.

На практике наиболее часто применяется способ организационных мер — из-за его дешевизны и быстрой отдачи. Эти меры, как правило, носят мобилизующий характер, но их эффект непродолжителен, так как они направлены на устранение конкретных недоработок в обеспечении безопасности и не могут изменить ситуацию в целом.

### Расчет рисков

Проектирование безопасности — это сложный процесс, в котором учитываются все факторы, влияющие на безопасность; им дается количественная оценка, и разноплановые показатели сводятся к единому, чаще всего называемому риском. При этом расчетный риск должен обеспечивать безопасное пользование транспортной системой. Надежность технических средств, характеристики обслуживающего персонала, возможность их корректировки и поддержания в пределах нормы должны гарантировать требуемое значение риска.

При создании новых транспортных систем или их элементов необходимо давать оценку общего риска. Например, внедрение нового скоростного локомотива может не обеспечить требуемой безопасности на высоких скоростях, если старые стрелочные переводы не обладают необходимыми характеристиками для скоростного движения. Расчет риска по всем его компонентам позволит принимать обоснованные решения и в части технической политики, и в связи с человеческим фактором.

Первой разновидностью риска (назовем его риск 1) является вероятность НБ либо данного вида безопасности, либо в целом по всем видам. В этом случае риск совпадает с принятой характеристикой БД — числом НБ за данный период. Но от разных видов НБ разная опасность и разные потери, поэтому уместно говорить о риске потерь, или ожидаемых потерях (риск 2), определяемых средней величиной потерь от каждого показателя НБ и его частотой.

На железнодорожном транспорте риску подвергаются:

- пассажир или грузоотправитель;
- транспортное подразделение, которое возмещает убытки и материальный ущерб от НБД;
- страховая компания (рис. 3). Пассажира интересует прежде всего частота НБ и тяжесть последствий события, в результате которого он может пострадать. Грузоотправитель оценивает сам факт происшествия и возможный ущерб от порчи груза. Транс-

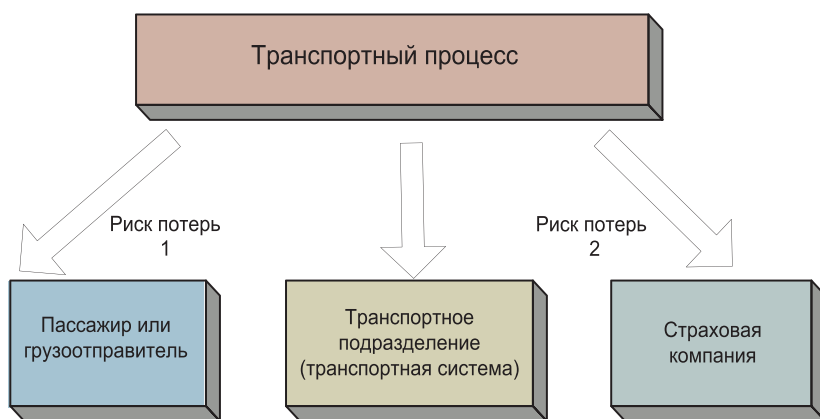


Рис. 3. Группы риска на железнодорожном транспорте



Рис. 4. Треугольник неблагоприятных событий

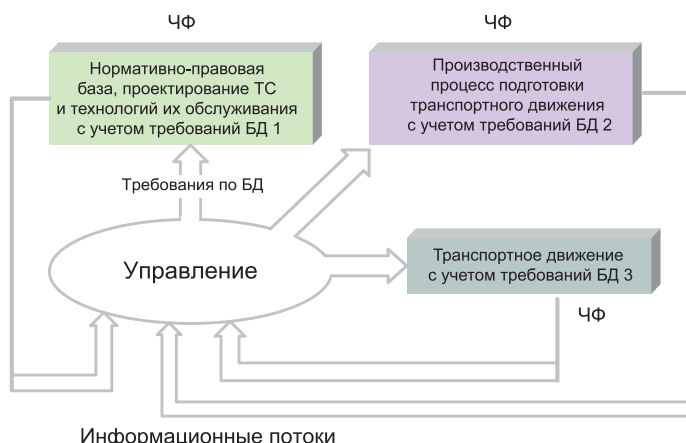


Рис. 5. Основные функции системы обеспечения безопасности: ЧФ — человеческий фактор; ТС — технические средства.

портное подразделение и страховая компания должны просчитывать материальный ущерб и средние (по частоте) потери, чтобы знать стоимость БД.

Чтобы проектировать риски потерь и пытаться ими управлять, необходимо увязать эти показатели с надежностью техники и человека. Следовательно, могут быть такие разновидности риска потерь, как:

- от брака в работе, аварии, крушения при отказе элемента транспортной системы (отказе технического средства, его элемента, ошибке оператора) — риск 3;

- от НБ, вызванного отклонением от нормы отказаобразующего элемента — риск 4.

Таким образом, риски могут быть структурированы и определены — это и будет количественная оценка безопасности. С одной стороны, она может быть проектной оценкой, а с другой — реальной оценкой существующего положения дел, что позволит диагностировать НБ по совокупности причин на ранней стадии.

Проектирование безопасности — это расчет риска, т. е. ожидаемых потерь. Потери при этом не обязательно будут действительными. Их содержанием мо-

жет быть степень потенциальной опасности, т. е. информация о том, насколько опасны последствия отказа элемента, узла или ошибка оператора. Степень потенциальной опасности выражается либо в виде балльной оценки на основе расчетов или экспертным образом, либо в виде действительных потерь, по которым собираются статистические данные.

Таким образом, риски можно рассчитывать на основе статистики НБ (крушений, аварий и браков в работе), отказов (техники, ошибок персонала), отклонений от норм эксплуатации технических средств, нарушений технологий их обслуживания.

Треугольник неблагоприятных событий показывает, что чем меньше последствия от них, тем больше их количество (рис. 4). В основном профилактика НБ осуществляется на 4-м и 5-м уровнях (предпосылок к НБ), однако количественные характеристики безопасности определяются только по фактам НБ. Методики расчета рисков на 3-м и 4-м уровнях позволят проектировать базы данных и комплексно диагностировать аварийные ситуации на ранней стадии их возникновения.

Реально рассчитывать эти риски можно после внедрения информационных технологий сбора и обработки большого количества данных.

### Управляющее воздействие: ключевые принципы

Основные функции системы обеспечения безопасности схематично изображены на рис. 5. Здесь блоки 1 и 3 относятся к компетенции управления. В блоке 2 находится все, что связано с планированием производственных операций, контролем, принятием решения является составляющей частью управления безопасностью.

Введение в практику показателя риска позволит увидеть все его составляющие в едином измерении и планировать профилактику безопасности в необходимых пропорциях и своевременно. С его помощью можно выполнять комплексную диагностику аварийных ситуаций на более ранней стадии, проектировать безопасность и обосновывать нормы не только на технические средства, но и на качество работы персонала и транспортные подразделения в целом.

Планирование и решение повседневных производственных задач должны следовать из анализа конкретной обстановки, стратегических задач — из анализа статистических

данных, который позволяет выявлять слабые звенья и неблагоприятные тенденции. Также для проведения целевых мероприятий по усилению безопасности применяется комбинированный анализ.

Выработка управляющего воздействия в любом случае сводится к ответам на три вопроса (рис. 6):

- что делать?
- как делать?
- кто должен делать?

Правильные ответы формулирует руководитель или ревизор по безопасности. Для этого им необходимы опыт, знания и умение прогнозировать последствия принимаемых решений. Данный процесс в значительной мере упростится, если в распоряжении ответственного работника будет технология подготовки управляющих воздействий и электронный справочник, где можно оперативно найти ответ, что и как делать в каждом конкретном случае.

Для обобщения опыта и облегчения процесса подготовки управляющих воздействий должны быть разработаны классификаторы принимаемых мер, неблагоприятных событий и практических проблем обеспечения безопасности. Разработка таких классификаторов — необходимый этап в организации баз данных не только по неблагоприятным событиям (что частично уже сделано для НБ и их причин), но и по принимаемым мерам. Благодаря этому образуется круг данных, по которым можно будет судить не только о состоянии безопасности, но и об эффективности принимаемых

мер и системы управления безопасностью в целом.

Концептуальная модель управления безопасностью может включать в себя:

- объекты управления;
- средства управления;
- технологию управления;
- условия для реализации управления.

Поскольку обеспечение безопасности является многоцелевой и многофункциональной задачей, то и управление является векторным. Каковы оценка и прогноз БД, что делать, как делать, кто должен делать? Для обоснованного ответа на эти вопросы необходимо рассматривать соответствующие модели, задающие стратегию и тактику управления при обеспечении безопасности.

- Модель 1: представление потенциально опасных факторов в виде негативных процессов, развивающихся во времени, и процесса обеспечения безопасности как замедления или прерывания негативных процессов.

- Модель 2: комплексная оценка состояния безопасности и меры риска по отклонениям от нормы параметров транспортной системы (включая причины НБ и отказов).

- Модель 3: функциональная зависимость уровня безопасности от основных факторов, которые являются объектами управления.

- Модель 4 определяется экономическим балансом стоимости потерь от нарушений безопасности и профилактических мероприятий, направленных на достижение заданного уровня безопасности.

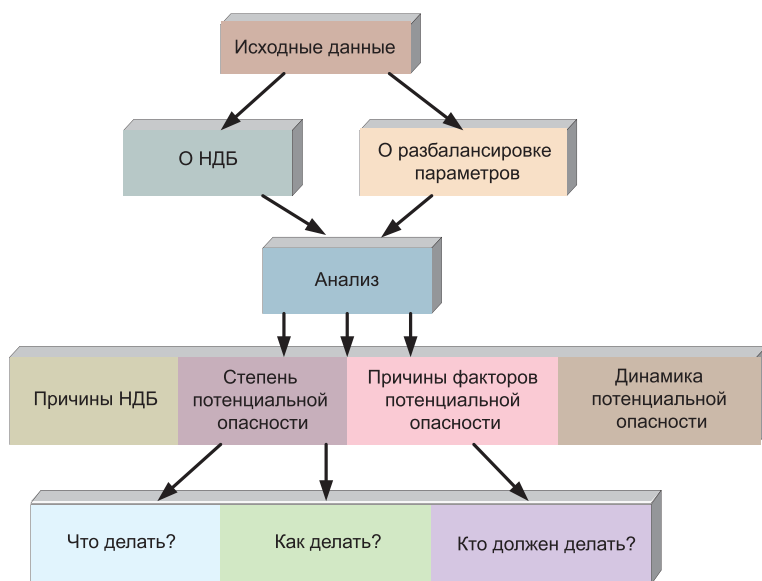


Рис. 6. Принципиальная схема подготовки решений по управлению безопасностью

- Обобщающая концептуальная модель управления безопасностью определяет технологию управления: контроль, анализ, принятие решений и разработку системы эталонов. Все вместе это является единой динамической самонастраивающейся системой с двумя кольцами обратной связи, направленными соответственно на объекты транспортной системы и на систему эталонов. Это базовая модель, предыдущие четыре в конечном итоге вписываются в нее.

Каждый уровень управления на железнодорожном транспорте и каждое должностное лицо обязаны отвечать за свой круг задач по обеспечению безопасности. Так как четкой регламентации задач по уровням управления до сих пор нет, на практике этот принцип действует лишь частично. Если задачи обеспечения безопасности не решены на своем уровне, они автоматически перемещаются ниже, где решаются не полностью или в принципе не могут быть решены.

Управлять негативными процессами — значит управлять безопасностью движения. Управление охватывает все сферы проектирования и реализации безопасности. По сути, это разработка, корректировка требований по безопасности, организация их выполнения и расчет рисков.

Таким образом, наиболее актуальными задачами в области управления безопасностью являются:

- создание в хозяйствах современных информационных систем сбора и анализа данных об отказах техники и ошибках персонала, не включаемых в отчетность по случаям НБ;
- разработка и внедрение методики экономических расчетов для определения потерь от НБ, отказов техники, ошибок персонала и эффективности профилактических мероприятий;
- внедрение методов всеобщего управления качеством технологических процессов на основе отечественного и зарубежного опыта;
- разработка автоматизированных методик расчета рисков как универсального показателя состояния безопасности и их прогнозирование.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Скороходов Д. А., Стариченков А. Л. Показатели надежности и безопасности при оценке и прогнозировании допустимых уровней состояния технических средств железнодорожного транспорта // Труды Всерос. науч.-практич. конф. «Транспорт России: Проблемы и перспективы — 2009». М.: МИИТ, 2009.