

Подготовка научных кадров высшей квалификации всегда являлась одной из самых главных задач в работе любого вуза. БелГУТ постоянно уделяет этому большое внимание, о чем свидетельствует положительная динамика роста защит диссертаций, представленная на рисунке 3.

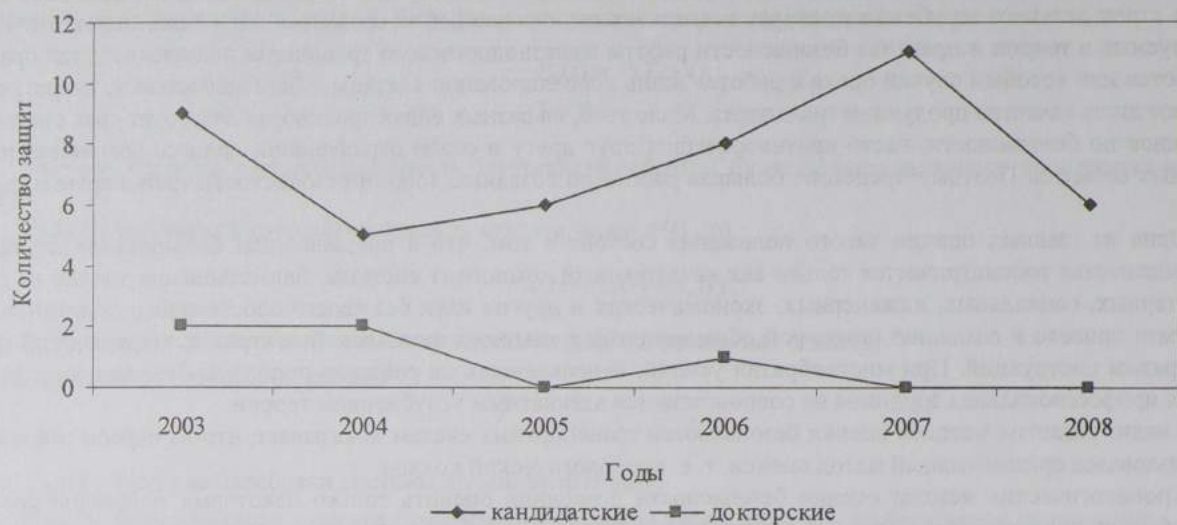


Рисунок 3 – Защита диссертаций сотрудниками БелГУТа

Таким образом, результаты научной деятельности УО «БелГУТ» за период 2003–2008 гг. свидетельствуют об успешном поступательном развитии научных исследований в университете и дают основания с оптимизмом смотреть в будущее.

В докладе приводятся данные по научной деятельности структурных подразделений БелГУТа.

УДК 656.08

МЕТОДЫ РАСЧЕТА БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

В. Я. НЕГРЕЙ

Белорусский государственный университет транспорта

В новом тысячелетии на первый план выходит необходимость решения проблемы безопасности и, в частности, проблема безопасности функционирования транспортных систем. Наиболее ярко об этом свидетельствуют данные таблицы 1.

Таблица 1 – Количество погибших в транспортных происшествиях

Вид транспорта	Страны				
	СНГ	США	Англия	Франция	Япония
Автомобильный	35000	45000	5500	10000	11000
Воздушный	400	700	200	70	80
Морской, речной	600	650	300	240	320
Железнодорожный	570	100	20	50	20

По оценкам экспертов мировая транспортная система, если не изменить ситуацию, в ближайшие 10 лет погубит около 7 млн человек. Будут нанесены колоссальные материальные убытки, увеличатся потери рабочего времени, расходы на медицинскую помощь, социальное страхование, другие косвенные расходы. По ряду расчетов общие потери от нарушения безопасности работы транспортных систем в развитых странах достигают 6–11 % валового национального продукта.

В силу сложившихся на сегодня трактовок и подходов к определению предмета науки «Безопасность транспортных систем» и методов оценки безопасности перевозочного процесса превалирует «метод проб и ошибок».

К сожалению, зыбкость границ теории безопасности транспортных систем, да и самого понятия «безопасность» позволяет утверждать, что предстоит большая работа по созданию научных основ безопасности транспортных систем. Например, понятия «крушение поезда», «авария» не имеют аналогов на железных дорогах стран дальнего зарубежья и, скорее всего, связаны с ранее действовавшим Уголовным кодексом. Используемые в теории и практике безопасности работы железнодорожного транспорта понятия «случай брака в работе» или «особый случай брака в работе» лишь коррелированно связаны с безопасностью и, скорее, отражают лишь качество продукции транспорта. Мало того, на разных видах транспорта действует своя система терминов по безопасности, часто противоречащих друг другу и слабо отражающих процесс возникновения опасных событий. Поэтому предстоит большая работа по созданию теории безопасности транспортных систем.

Одна из главных причин такого положения состоит в том, что в подавляющем большинстве случаев «безопасность» рассматривается только как качественный компонент системы. Заимствование знаний из гуманитарных, социальных, инженерных, экономических и других наук без своего собственного понятийного аппарата привело к созданию некоторой общепринятой функционалистической доктрины, закрепленной целым рядом инструкций. При многообразии усилий, направленных на решение проблемы безопасности, растущая профессиональная эрудиция не сопровождается адекватным углублением теории.

Анализ развития методов оценки безопасности транспортных систем показывает, что на первом этапе не использовался сравнительный метод оценки, т. е. хронологический подход.

Хронологические методы оценки безопасности позволили оценить только некоторые тенденции роста или уменьшения количества опасных состояний и принять соответствующие этому этапу развития транспорта решения. Заслугой этого метода следует считать создание фантомных моделей оценки уровня безопасности транспортных систем. В этих моделях происходило наполнение, консервация и сжатие информации о прошлых реалиях и поведении транспортной системы в экстремальных ситуациях. Впоследствии фантомные модели безопасности непрерывно трансформировались и пополнялись, охватывая не только интеллектуальные возможности «человеческого фактора», но и проникли в имитационные модели. Подтверждение фантомной модели реальными наблюдениями часто превращало ее в программу действий или, наоборот, инструкций. Этот феномен, вероятно, и лежит в основе закона Мерфи, Чизхолма, Финэйгла и др.

Важнейшим результатом этого подхода является формирование требований к техническим системам обеспечения безопасности транспортных систем. Наиболее ярко это проявилось после тяжелого крушения на линии Париж – Версаль в 1842 г., когда сошел с рельсов и загорелся поезд. В результате крушения погибли 150 человек. Для устранения одной из главных причин крушения был создан пневматический тормоз Вестингауза. Важнейшим достижением середины XIX века следует считать изобретение блокировки и централизации, которые прошли большой путь эволюции, обеспечивая на каждом этапе нужный уровень безопасности движения на железнодорожном транспорте.

Второй период развития теории и методов расчета безопасности транспортных систем можно назвать хронометрическим, когда безопасность оценивалась, в первую очередь, по ряду относительных показателей

$$\rho_i = \frac{\lambda_i \sum_{j=1}^n N_j l_j}{10^6}, \quad (1)$$

где λ_i – общее количество случаев нарушения безопасности перевозочного процесса i -го типа; $\sum_{j=1}^n N_j l_j$ – приведенные километры пробега транспортных средств; n – количество участков.

Выполненные на этом этапе исследования позволили уточнить отдельные положения теории безопасности транспортных систем и акцентировать внимание на «человеческом факторе». В этот период начали активно проводиться исследования по безопасности перевозочного процесса не только на железнодорожном, но и других видах транспорта, сама проблема стала предметом исследования целого ряда наук и, в первую очередь, психологии и педагогики. В частности, получены важные данные о продолжительности реакции человека на различные раздражители (поток информации), мотиве безопасности, утомлении, здоровье, качестве оператора, водителя, машиниста, капитана и др.

Главным недостатком этого и предыдущего периодов развития теории безопасности является детерминистический подход к оценке уровней опасности, отсутствие механизмов оценки реального ущерба от нарушения безопасности, невозможность прогнозирования возможных опасных состояний системы. В значительной мере эти недостатки устраняются на современном этапе развития теории, который можно назвать вероятностно-аналитическим. Он связан с вероятностным представлением о характере транспортных процессов, уста-

новлением скрытых взаимосвязей между опасными и неопасными отказами, между опасными отказами и нарушениями технологии перевозочного процесса (взаимная корреляция).

Теоретической базой этого периода является вывод о том, что количественным показателем безопасности является вероятность безотказной работы (заимствовано из теории надежности):

$$\left. \begin{aligned} P_6(t) &= P(T > t); \\ T &> 0. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Другими словами, продолжительность безотказной работы T будет больше заданного промежутка времени t .

Если обозначить общую интенсивность отказов через $\lambda(t)$, то

$$\lambda(t) = \lambda_0(t) + \lambda_n(t), \quad (3)$$

где $\lambda_0(t)$, $\lambda_n(t)$ – соответственно интенсивность опасных и неопасных отказов.

Вероятность безопасной работы

$$P_6(t) = 1 - F_{\text{он}}(t), \quad (4)$$

где $F_{\text{он}}(t)$ – функция наработки системы до опасного отказа.

Анализ такого подхода к оценке безопасности позволил установить, что он базируется на принципах:

- независимости потоков опасных и неопасных отказов;
- распределение потока опасных отказов с интенсивностью $\alpha(t)$ и близко к пуассоновскому;
- отсутствует «прикрытие» опасных отказов неопасными и наоборот;
- интенсивность опасных отказов является статистически устойчивой величиной;
- аддитивность факторов, влияющих на опасный отказ.

Имеется и целый ряд других важных ограничений, которые значительно сужают область использования выражений типа (4).

Дальнейшее развитие методов теории безопасности транспортных систем связано с выводом их из подчиненности теории надежности. Назрела острая необходимость разграничения этих двух принципиально разных областей знания. Это наглядно видно на таком примере, как роспуск состава на сортировочной горке. При одинаковой надежности вагонов столкновение в парке сортировки цистерны с хоппером (особенно с порожним) со скоростью, превышающей допустимую в 8–12 раз, опаснее, чем столкновение цистерны с полувагоном. Количество подобных примеров легко продолжить.

Важное направление в теории безопасности связано с использованием корреляционных моделей. Выполненные в БелГУТе исследования показали, что транспортные системы имеют пиковые периоды «памяти» на безопасность. Например, для одной из железных дорог автокорреляция между общим количеством браков, авариями и крушениями имеет пиковый период «памяти», равный одному году, и составляет 0,87. Этот вывод позволяет заблаговременно разработать программу повышения безопасности перевозочного процесса. Характерно, что с ростом периода времени ϕ «память» системы на безопасность резко снижается.

Важным разделом современной теории безопасности является спектральный анализ и теория зависимых случайных процессов. Теоретические исследования позволяют на качественно новом уровне раскрыть феномен, когда все параметры по отдельности находятся в норме, но их определенное сочетание вызывает нарушение условий безопасности. Практическое приложение теории состоит в выявлении опасных таксонов. Например, наиболее неприятные сочетания в местах схода подвижного состава (опасный таксон) – перелом профиля (разность уклонов больше $\pm 4\%$), кривая с $R \leq 700$ м, порожние вагоны с 9–26 номером в составе. В таких местах наблюдается достаточно высокая взаимная корреляция между шириной колеи и уровнем, между шириной колеи и износом головки рельса. Уже при $v \geq 60$ км/ч в таких местах создается опасная ситуация.

Особое значение в развитии безопасности могут сыграть прогнозные модели оптимальной сложности. С их помощью удастся получить новые знания о безопасности. В частности, построенная прогнозная модель безопасности перевозочного процесса для Белорусской железной дороги позволила выявить «неожиданный» фактор: общее количество браков имеет высокую корреляцию с объемом капитальных вложений в развитие дороги, отстоящих на 10–12 лет от прогнозного момента.

В рамках современного этапа развития методов оценки безопасности чрезвычайно важное значение приобретают разработки эталонных алгоритмов расчета параметров и режимов работы транспортных систем. Проиллюстрируем важность этого направления исследований на примере расчета длины остановочного пути поезда s_0 . Это расстояние от момента фиксации машинистом опасности до полной остановки поезда.

Очевидно, что длина остановочного пути s_0 больше длины тормозного пути s_T на величину пути, проходимого поездом за продолжительность реакции машиниста («человеческий фактор») и продолжительности

срабатывания тормозов. Эти величины являются случайными и описываются, в большинстве случаев, нормальным законом распределения. Исследования позволили установить, что игнорирование случайных колебаний расчетных параметров приводит при скорости начала торможения поезда 70 км/ч к занижению длины остановочного пути (средние параметры продолжительности реакции машиниста) на 70–80 м. Другими словами, учет объективных колебаний продолжительности реакции машиниста и параметров тормозной системы значительно уменьшает вероятность проезда запрещающего сигнала.

Эталонные алгоритмы позволили установить, что при скорости движения поезда 60 км/ч и массе 3500 т нормируемые без учета колебаний расчетных параметров длины участков приближения к железнодорожным переездам не удовлетворяют требованиям безопасности (наезд).

Развитие теории безопасности транспортных систем неразрывно связано с учетом структуры анализируемых систем. Использование теоретических положений позволяет установить наиболее «опасные» структурные элементы транспортных систем (станции, отдельные пункты, перекрестки, развязки и др.).

Важную роль в формировании теории безопасности играют вопросы экономической оценки последствий браков, аварий, крушений, наездов, столкновений и других нарушений. Разработанные БелГУТом совместно с Белорусской железной дорогой методы оценки ущерба от нарушений показали, что стоимость крушения, аварии и брака в практике занижаются. По отдельным категориям нарушений величина ошибки достигает от 5 до 100 раз. Например, по статистике средняя стоимость крушения – 50–55 тыс. \$ (в реальности – несколько миллионов); аварии – 12–15 тыс. \$ (в реальности – 0,3–0,8 млн \$); брак – 150–180 \$ (в реальности – 0,2 млн \$).

В результате такого положения многие достижения НТП, направленные на развитие технических систем обеспечения безопасности, признаются экономически неоправданными и не применяются на практике.

Развитие теории безопасности транспортных систем, несомненно, открывает новые возможности для прогнозирования опасных ситуаций и их значительного сокращения, формирования новых требований к техническим системам обеспечения безопасности и принятия оптимальных решений при организации перевозочного процесса.

УДК 656.2.003:502.3

ИННОВАЦИОННЫЕ И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА: ВЗГЛЯД СО СТОРОНЫ

А. И. СВИРИДЕНОК

Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения НАН Беларуси

Постиндустриальный вектор развития мировой экономики в современных условиях базируется в значительной степени на экспорте услуг, стоимость которых приближается к 3 трлн дол. США и достигает в наиболее экономически развитых странах 70–75 % ВВП. Услуги транспорта в мировом экспорте коммерческих услуг составляют около 25 %. Они растут в последнее время на 5–10 % в год. Объемы грузоперевозок странами СНГ в 2007 г. по сравнению с 1991 г. составили только 36,8 %, в т. ч. в России – 27,5, Украине – 26, Беларуси – 34,7 %. В то же время по оценкам Всемирного банка потенциал доходов от эксплуатации транспортно-коммуникационных систем СНГ – не менее 100 млрд дол. США.

Сегодня экспорт услуг в Беларуси «стоит» около 2500 млн дол. США. Из них почти половина – это транспортные услуги, главную роль в которых играет железнодорожный транспорт (около 75 %).

Учитывая выгодное географическое положение нашей страны в Европе, нужно признать, что экспорт транспортных услуг Беларуси явно недостаточен. Поэтому развитие транспортной системы признается приоритетным направлением стратегической политики белорусского государства. Очевидно, что и в ближайшие десятилетия роль главного экспортера транспортных услуг будет отведена железнодорожному транспорту, важнейшими аспектами устойчивого развития которого являются знания, ресурсы (прежде всего энергетические), экология и современная инфраструктура.

Знания. Только они в современном и будущем мире – основа инновационного развития, формирующего экономику знаний. Но в конечном счете любые инновационные действия должны приводить к стабильным структурным и качественным изменениям, обеспечивающим конкурентоспособность в постоянной борьбе за потребителя пять основных видов транспорта: железнодорожного, водного, автомобильного, трубопроводного и воздушного. При универсальном (логистическом) сравнении эффективности названных видов транспор-