

УЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЕДИНИЧНЫХ МАРШРУТОВ ПРИ РАСЧЕТЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДА

Н. К. МОДИН, Т. Н. МОДИНА

Белорусский государственный университет транспорта

Общеизвестно, что говорить об увеличении или уменьшении уровня безопасности движения на дороге неконструктивно без его количественной оценки, в частности, в вероятностной форме. Трудно, конечно, в один час перейти от концепции абсолютной безопасности к идее приемлемого риска, хотя зарубежный опыт показывает, что этот шаг – требование времени. Авторами в ряде статей, докладов, научно-исследовательских работ обоснован методологический подход к анализу и оценке уровня безопасности ответственных технологических процессов (ОТП) железнодорожного транспорта на основе концепции причинно-следственной связи событий. Разработаны сценарии развития неблагоприятных событий движения поезда с учетом эффективности управляющих воздействий на разных уровнях иерархии. Однако эти сценарии применимы в основном к так называемым **единичным маршрутам** (ЕМ), т. к. невозможно построить модель развития нарушения безопасности движения на **полном маршруте**, например, от Гомеля до Минска. Также невозможно определить сразу уровень безопасности полного маршрута. Поэтому вся теоретическая база оценки уровня безопасности разработана применительно к единичному маршруту, представляющему собой маршрут от момента трогания поезда с пути на станции отправления до прибытия на путь приема первой по ходу станции (разъезда) с остановкой.

Зная вероятность нарушения безопасности функционирования (НБФ) единичного маршрута, нетрудно определить вероятность нарушений безопасности при реализации ряда этих маршрутов. На основании этого можно дать количественную оценку уровня безопасности движения на полном маршруте, диспетчерском круге, отделении дороги, на дороге.

Если учесть, что вероятность НБФ единичного маршрута невелика ($Q_{em} \ll 1$), а число единичных маршрутов за определенное время (месяц, квартал, год) на том или ином полигоне достаточно велико, то для вычисления вероятности нарушения безопасности движения на каждом из них (Q_n) воспользуемся теоремой о повторении опытов, в соответствии с которой связь Q_n с Q_{em} выражается биномиальным законом распределения

$$Q_n = C_N^n Q_{em}^n (1 - Q_{em})^{N-n},$$

где n – число НБФ единичных маршрутов; N – число единичных маршрутов на полигоне за установленное время; $C_N^n = \frac{N!}{n!(N-n)!}$ – число сочетаний из N по n .

Однако при малом Q_{em} и большом N за определенное время биномиальное распределение может быть заменено пуассоновским, на основании которого удобнее производить реальные расчеты:

$$Q_n = \frac{(Q_{em} N)^n}{n!} e^{-Q_{em} N}, \quad (1)$$

где $Q_{em} N$ – математическое ожидание числа нарушений безопасности при реализации N маршрутов.

Таким образом, для того чтобы спрогнозировать вероятность Q_n появления n нарушений безопасности, например, за год, необходимо знать вероятность нарушения безопасности единичного маршрута Q_{em} и общее число единичных маршрутов N .

Формула (1) предполагает, что вероятность нарушения безопасности для всех единичных маршрутов одинакова. Однако в реальных условиях Q_{em} единичных маршрутов различна по величине, что определяется спецификой каждого из них. В свою очередь эта специфика зависит от следующих особенностей.

Характеристики железнодорожных линий, на которых осуществляются полные маршруты движения поездов:

- А. Двухпутный участок с односторонним движением, оборудованный автоблокировкой;
- Б. Двухпутный участок с двухсторонним движением; однопутный участок, оборудованные автоблокировкой;

- В. Однопутный участок, оборудованный полуавтоматической блокировкой.
- Число безостановочных пунктов в пределах единичного маршрута:**
- 1) от 1 до 5 безостановочных пунктов; 2) от 6 и более безостановочных пунктов.
- Число переездов в пределах единичного маршрута:**
- 3) от 1 до 2; 4) от 3 и более.
- Установленная скорость движения поезда в пределах единичного маршрута:**
- 5) от 71 км/ч и выше.
- Категория маршрута:** 6) пассажирский, пригородный.
- Наличие операций обгона, скрещения поездов на остановочных пунктах в пределах единичного маршрута:** 7) да.

В соответствии с приведенным перечнем особенностей составлена таблица 1, в которой дана классификация единичных маршрутов по группам, а также коэффициенты этих групп маршрутов.

Таблица 1 – Обозначение групп и коэффициентов единичных маршрутов

Обозначения коэффициентов единичных маршрутов	Показатели единичных маршрутов							Численные значения коэффициентов [k]
	Число безостановочных пунктов, шт.		Число переездов, шт.		Установленная скорость движения, км/ч	Категория маршрута	Наличие обгона и скрещения поездов	
	от 1 до 5	от 6 и более	от 1 до 2	от 3 и более	от 71 и выше	пассажирский, пригородный	да	
	1	2	3	4	5	6	7	
A1;B1;B1	■							1,01; 1,03; 1,04
A2;B2;B2		■						1,04; 1,06; 1,07
A3;B3;B3			■					1,05; 1,07; 1,08
A4;B4;B4				■				1,07; 1,08; 1,09
A5;B5;B5					■			1,06; 1,07; 1,08
A6;B6;B6						■		1,06; 1,07; 1,08
A7;B7;B7							■	1,05; 1,09; 1,09
A1,3;B1,3;B1,3	■		■					1,05; 1,07; 1,08
A1,4;B1,4;B1,4	■			■				1,08; 1,08; 1,09
A1,5;B1,5;B1,5	■				■			1,06; 1,07; 1,09
A1,6;B1,6;B1,6	■					■		1,07; 1,08; 1,09
A1,7;B1,7;B1,7	■						■	1,07; 1,08; 1,08
A1,3,5;B1,3,5;B1,3,5	■		■		■			1,07; 1,08; 1,09
A1,3,6;B1,3,6;B1,3,6	■		■			■		1,09; 1,10; 1,10
A1,3,7;B1,3,7;B1,3,7	■		■				■	1,09; 1,10; 1,10
A1,4,5;B1,4,5;B1,4,5	■			■	■			1,08; 1,10; 1,09
A1,4,6;B1,4,6;B1,4,6	■			■		■		1,11; 1,12; 1,12
A1,4,7;B1,4,7;B1,4,7	■			■			■	1,11; 1,12; 1,12
A2,3;B2,3;B2,3		■	■					1,09; 1,09; 1,09;
A2,4;B2,4;B2,4		■		■				1,10; 1,12; 1,12
A2,5;B2,5;B2,5		■			■			1,09; 1,10; 1,10
A2,6;B2,6;B2,6		■				■		1,08; 1,09; 1,09
A2,7;B2,7;B2,7		■					■	1,07; 1,08; 1,08
A2,3,5;B2,3,5;B2,3,5		■	■		■			1,09; 1,10; 1,10
A2,3,6;B2,3,6;B2,3,6		■	■			■		1,09; 1,10; 1,10

Расчетный единичный маршрут (A0), по отношению к которому выбираются коэффициенты для групп маршрутов, имеет следующие показатели: безостановочных пунктов в пределах единичного маршрута нет; переездов нет; движение осуществляется с установленной скоростью до 70 км/ч; грузовое движение; без графиковых операций по обгону, скрещению поездов.

Обозначения групп единичных маршрутов приведены в таблице. Всего выделено и обозначено 29 групп единичных маршрутов. Каждой группе присваивается численный коэффициент, учитывающий те или иные особенности, которые влияют на безопасность движения. При этом для расчетного единичного маршрута (A0) коэффициент принимается равным 1. Для каждой другой группы этот коэффициент будет больше 1. Значения коэффициентов могут быть получены экспертным

путем. В таблице приведены примерные численные значения коэффициентов групп единичных маршрутов. Например, коэффициенты А1; Б1; В1 равны соответственно 1,01; 1,03; 1,04.

Усредненное значение коэффициента (K_c) для всех единичных маршрутов на полном маршруте можно определить по формуле

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^m K_i \cdot n_i}{n_0}, \quad (2)$$

где K_i — значение коэффициента i -й группы; n_i — количество единичных маршрутов в i -й группе; n_0 — общее число единичных маршрутов на заданном полигоне за установленное время, m — количество групп единичных маршрутов.

По известной методике, основанной на концепции причинно-следственной связи событий, определяется вероятность нарушения безопасности единичного маршрута группы АО (Q_{em0}).

Величина Q_{em} , используемая в формуле (1), определяется из выражения

$$Q_{em} = Q_{em0} K_c. \quad (3)$$

В докладе приведена расшифровка конкретных особенностей единичных маршрутов с точки зрения безопасности движения.

УДК 656.2.08

ОСОБЕННОСТИ И НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

В. Я. НЕГРЕЙ

Белорусский государственный университет транспорта

1 В новом тысячелетии на первый план выходит проблема безопасности и, в частности, проблема безопасности функционирования транспортных систем. По оценкам экспертов, мировая транспортная система, если не изменить ситуацию, только за ближайшие 10 лет погубит около 5 млн человек. Будут нанесены колоссальные материальные потери, увеличатся потери рабочего времени, расходы на медицинскую помощь, социальное страхование, другие косвенные потери. По расчетам общие потери транспортных систем в развитых странах достигают 6–10 % валового национального продукта.

2 В силу сложившихся на сегодня подходов и трактовок понятия «безопасность транспортных систем», методов оценки безопасности перевозочного процесса действует схема «проб и ошибок». Поэтому предстоит большая работа по созданию научных основ безопасности транспортных систем. Традиционные научные и инженерные решения оказываются недостаточно эффективными для предотвращения браков, аварий, крушений, катастроф. 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, закреплённой целым рядом инструкций. При внешнем многообразии усилий, направленных на решение проблемы безопасности, растущая профессиональная эрудиция не сопровождается адекватным развитием теории, безопасность крайне медленно перерождается в профессию. Именно поэтому особое внимание следует уделить разработке эталонных алгоритмов расчета безопасности транспортных процессов, методов оценки и управления.

3 Разработка иерархической системы оценки и прогнозирования безопасности транспортных систем должна базироваться на следующих концептуальных процедурах:

- формирование множества показателей безопасности;
- установление подмножества эталонных (нормативных значений) показателей безопасности и эталонных методик их расчета;