

УДК 656.13.08+656.11

## ОЦЕНКА ИНТЕГРАЛЬНОГО РИСКА ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА ЧЕРЕЗ ПАРАМЕТРЫ ЕГО СОСТОЯНИЯ

В. Л. Жданов, к.т.н., доцент  
Ю.Е. Воронов, д.т.н., профессор

Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Для городских дорожно-транспортных комплексов (ДТК) в современных условиях требуется широкое использование системного подхода при изучении всех аспектов их функционирования [1]. Это в полной мере относится к рассмотрению негативных последствий функционирования ДТК, связанных, прежде всего, с низким уровнем безопасности движения.

Реализация системного подхода в обозначенных рамках привела к необходимости введения понятия «интегральной опасности транспортных потоков (ТП)», когда основные негативные аспекты функционирования городских ТП, а именно – высокая аварийность и экологическая нагрузка на окружающую среду – рассматриваются в неразрывной взаимосвязи.

Решение оптимизационных задач по критерию интегральной опасности ТП на городской улично-дорожной сети (УДС) возможно только в том случае, когда имеется в наличии инструмент количественной оценки названной опасности [2]. Для этого, опираясь на базовые постулаты теории техногенного риска, автором была разработана количественная мера интегральной транспортной опасности, названная интегральным техногенным риском ТП  $R_{ТП}$ . Он представляет собой функционал  $F_R$ , связывающий вероятность  $P_{ТП}$  проявления рискованных ситуаций (аварийность и экологическая нагрузка), возникающих при движении ТП на УДС, и математическое ожидание ущерба  $U_{ТП}$  от этих рискованных ситуаций

$$R_{ТП} = F_R \{P_{ТП}, U_{ТП}\} = \sum_i [F_{R_i}(P_{ТП_i}, U_{ТП_i})], \quad (1)$$

где  $i$  – виды рискованных ситуаций интегральной опасности ТП.

Поэтапная разработка выражений параметров  $P_{ТП_i}$  базируется на использовании методов теории вероятностей, а величины ущербов  $U_{ТП_i}$  определены по современным методикам экономической оценки ущербов от дорожной аварийности и загрязнения атмосферы городскими ТП.

Для изучения свойств интегральной транспортной опасности достаточно актуальны исследования взаимосвязи интегрального техногенного риска с основными параметрами состояния ТП, прежде всего, интенсивностью и составом. Для этого наиболее информативным видится использование энерго-

энтропийного подхода к проблеме менеджмента риска, который увязывает природу техногенного риска с динамической неуравновешенностью ТП на городской УДС [1].

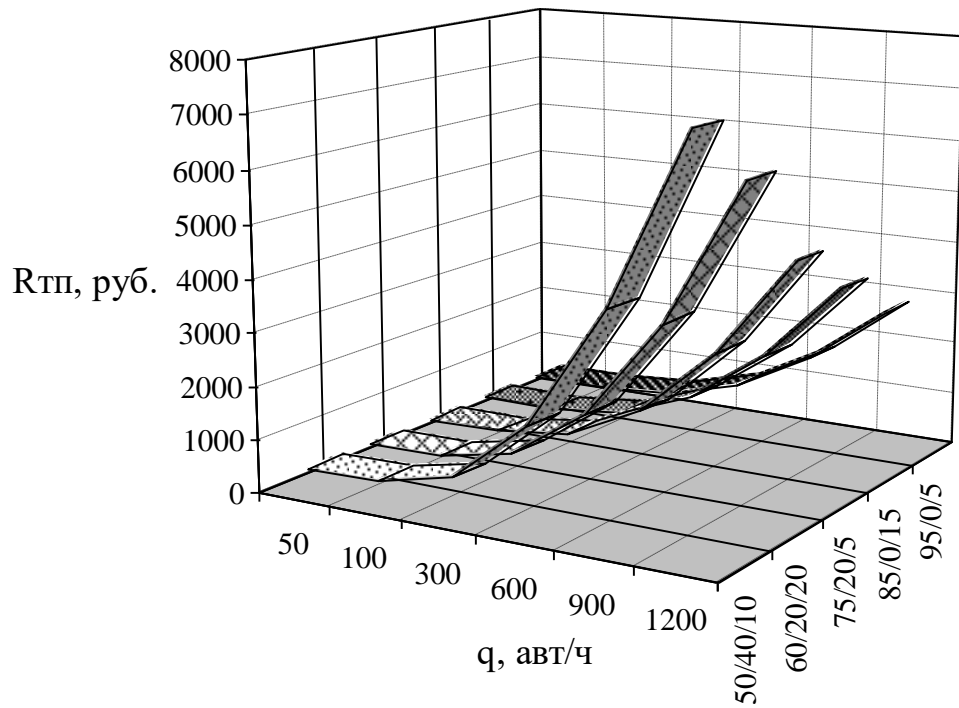
Реализация энергоэнтропийного подхода при формировании концепции транспортного риска позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, рост энтропии в ТП проявляется через увеличение неупорядоченности в движении. По этой причине увеличение разнородности ТП при одном и том же значении фактической интенсивности движения ведет к существенному росту энтропии ТП, а, следовательно, и интегрального техногенного риска ТП, так как возрастает количество и интенсивность внутренних конфликтов в потоке.

Во-вторых, у ТП, имеющих большую степень разнородности с увеличением интенсивности движения резко возрастает свойство инерционности, когда для снижения уровня энтропии даже при улучшении условий движения требуется все больше и больше времени. Это приводит к тому, что у таких потоков также возрастает уровень экологической и аварийной составляющих, а, следовательно, и интегрального техногенного риска ТП в целом.

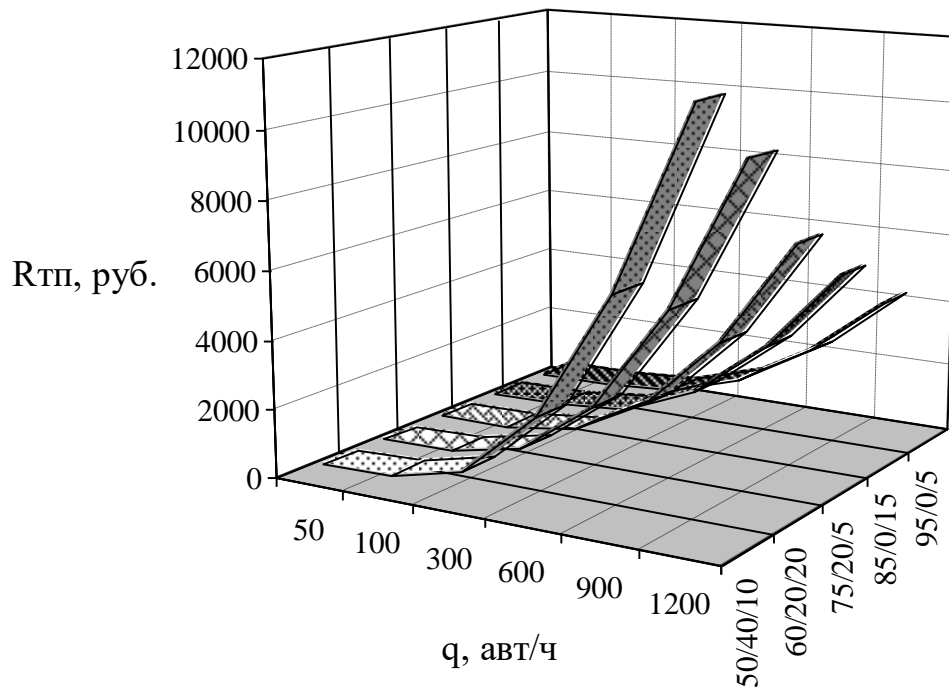
Одновременное действие обозначенных свойств выступает причиной того, что при одном и том же значении интенсивности у ТП с большей разнородностью наблюдается гораздо более высокий уровень интегрального техногенного риска ТП. Подтверждение сформулированного вывода можно проиллюстрировать полученными в ходе экспериментальных исследований закономерностями.

Исследование взаимосвязи интенсивности и состава ТП с уровнем его интегрального техногенного риска проводилось на основе статистических данных по параметрам ТП на УДС г. Кемерово, которые были дополнены результатами применения имитационной модели движения автомобиля в составе ТП, разработанной в МАДИ-ГТУ [3]. Наличие статистической информации большого объема позволило провести анализ широкого диапазона различных транспортных ситуаций: изменение интенсивности ТП от 50 до 1200 авт/ч на полосу; изменение доли грузовых автомобилей и автобусов в ТП от 0 до 50%. Также рассмотрен широкий спектр городских транспортных узлов различной конфигурации и с различными алгоритмами управления движения (двух- и трехфазные циклы, период времени запрещающего сигнала от 30 до 90 с).

В результате математической обработки имеющейся информации получены системы полиномиальных зависимостей второй степени для наиболее характерных соотношений легковых, грузовых автомобилей и автобусов в общем ТП, графики которых приведены на рис. 1.



а)



б)

Рис. 1. Зависимость интегрального техногенного риска ТП от интенсивности движения на полосу для перегонов (а) и перекрестков (б) при различном составе ТП (легковые/грузовые/автобусы)

Представленные зависимости имеют следующий общий вид

– для перегонов  $R_{ТП} = A_1 \cdot q^2 + B_1 \cdot q + C_1$ , руб.; (2)

– для перекрестков  $R_{ТП} = A_2 \cdot q^2 + B_2 \cdot q + C_2$ , руб. (3)

Значения регрессионных коэффициентов  $A_1$ ,  $B_1$  и  $C_1$  на перегонах, а также  $A_2$ ,  $B_2$  и  $C_2$  на перекрестках для ТП с различной долей грузовых автомобилей и автобусов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения коэффициентов полиномиальных зависимостей  
 на перегонах и перекрестках для ТП различного состава

Доля грузовых АТС и автобусов $P_{га}$ в ТП	На перегонах			На перекрестках		
	$A_1$	$B_1$	$C_1$	$A_2$	$B_2$	$C_2$
$P_{га} \leq 5\%$	0,0019	-0,3304	468,18	0,0031	-0,5364	449,23
$5\% < P_{га} \leq 15\%$	0,0026	-0,4265	474,74	0,0042	-0,6923	459,88
$15\% < P_{га} \leq 25\%$	0,0032	-0,5254	481,99	0,0053	-0,8529	471,65
$25\% < P_{га} \leq 40\%$	0,0046	-0,6800	492,48	0,0074	-1,1038	488,68
$P_{га} > 40\%$	0,0055	-0,7864	500,64	0,0089	-1,2766	501,93

Анализ графиков на рис. 1 и данных табл. 1 подтверждает выдвинутую ранее гипотезу о повышении уровня энтропии ТП при увеличении его разнообразности в городских условиях движения.

Таким образом, интегральный техногенный риск ТП имеет тесную взаимосвязь с важнейшими характеристиками потока, такими как интенсивность и состав, что подтверждает обоснованность его применения в качестве количественной меры техногенной транспортной опасности. Это дает возможность прогнозировать уровень интегрального техногенного риска ТП на УДС района или города в целом и разрабатывать мероприятия по его снижению.

### Список литературы

1. Зырянов В.В. Особенности мониторинга дорожного движения / В.В. Зырянов, С.Е. Сорокин-Урманов // Строительство и архитектура-2017 : Материалы науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 28-30 ноября 2017 г. / Министерство образования и науки; Донской государственный технический университет, Академия строительства и архитектуры, 2017. – С. 236–240.
2. Kosolapov, A. Method of dynamic identification of traffic flow conditions according to the floating cars speed vector / A. Kosolapov // 12th international conference «Organization and traffic safety management in large cities», SPBOTSIC 2016, Санкт-Петербург, 28-30 сентября 2016 г. / Transportation research procedia, 2017. – С. 334 – 339. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.041
3. Трофименко, Ю.В. Метод оценки экологической безопасности участников дорожного движения / Ю.В. Трофименко, В.С. Ворожнин // Транспорт Урала, 2015. – № 1. – С. 73–78.