

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ

УДК 656.13.05

А. Н. Дудников, канд. техн. наук, Н. Н. Дудникова, канд. техн. наук

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

СИСТЕМНОЕ ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ НА АВАРИЙНОСТЬ УЧАСТКОВ ДОРОГ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Исследованы обобщенные тенденции изменения показателей аварийности в зависимости от характеристик условий движения транспортных потоков на участках дорог общего пользования. Установлено, что характеристики условий движения транспортных потоков влияют на показатели аварийности не только в пределах отдельных значений характеристик, но и в рамках их системных совокупностей, которые выявлены в работе, а также предложены подходы применения показателей аварийности к оценке безопасности движения.

***Ключевые слова:** аварийность, условия движения, дорожно-транспортное происшествие, интегральные факторы, многомерный статистический анализ*

Вступление

Проблема аварийности на автомобильных дорогах приобрела особую остроту в последнее десятилетие в связи с крайне неэффективным функционированием государственной системы обеспечения безопасности дорожного движения в условиях развития автомобилизации и диспропорции между ростом числа автомобилей и размерами существующей улично-дорожной сети, не рассчитанной на современные транспортные потоки возрастающей пропускной способности и увеличивающихся скоростей движения.

Исследования аварийности на участках автомобильных дорог общего пользования [1...6] указывают на то, что кроме элементарных факторов, связанных с водителями, транспортными потоками, автомобилями и дорожными условиями существенное влияние на аварийность оказывают группы отдельных элементарных факторов на уровне некоторых совокупностей. С учетом указанного, формируется научная задача по исследованию совокупностей элементарных факторов, отражающих условия движения, влияющих на показатели аварийности на участках дорог общего пользования.

Цель работы

Формализовать системное влияние элементарных характеристик условий движения транспортного потока на аварийность участков дорог общего пользования, путем выявления главных интегральных факторов влияния.

Объект исследования. Участки дорог общего пользования.

Исследование общего влияния условий движения на аварийность участков дорог общего пользования

В предыдущих исследованиях [3] авторами было выявлено значительное влияние поперечного уклона и поперечного коэффициента сцепления на возникновение дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на участках автомагистралей в случае потери водителем управляемости транспортным средством. При этом учитывается определенное количество наиболее влиятельных факторов из общего их перечня, формирующих условия движения: количество полос движения, ширина полос движения, ширина обочины, продольный и попереч-

ный коэффициенты сцепления, поперечный уклон дорожного покрытия, скорость движения.

Предлагается выяснить, какие необходимо учитывать дополнительные сопутствующие факторы, оказывающие содействие возникновению ДТП на участках дорог общего пользования. Необходимо провести исследования закономерностей изменения соответствующей статистики ДТП. Наиболее значительными по охвату объекта исследования, статистическими данными относительно изменений числа ДТП, в зависимости от элементарных характеристик условий движения, являются данные, лежащие в основе методики коэффициентов аварийности [5–6]. Предлагается исследовать статистические данные значений коэффициентов аварийности с целью выявления их совокупного влияния на показатели аварийности на участках дорог общего пользования.

В настоящее время выявлено более двадцати зависимостей между числом ДТП и элементарными характеристиками условий движения [5]. Значения коэффициентов аварийности представляют собой значения относительной аварийности на конкретном участке дороги отнесенные к аварийности на эталонном участке [6]. Указанная специфика требует проведения определенной операции нормирования значений коэффициентов аварийности.

Для корректного сравнения графических зависимостей выполним нормирование числовых значений элементарных характеристик дорожных условий следующим образом: примем, что при коэффициенте аварийности $K_i = 1$ величина соответствующей характеристики будет эталонной (M_e), а при других значениях коэффициента аварийности K_i – величина характеристики составит M_m . Тогда нормированное значение Pn_i элементарных характеристик рассчитываем по формуле:

$$Pn_i = \frac{M_m}{M_e}. \quad (1)$$

В качестве примера приведем расчет нормированной величины $P1_1$ для характеристики «Интенсивность движения» [2]: $P1_1 = 500/5000 = 0,1$. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Нормированные характеристики условий движения для участков дорог общего пользования

Анализируемые величины	Значения анализируемых величин							
	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
Интенсивность движения, тыс. авт/сут	0,5	1	2	3	5	6	–	–
$K1$	0,4	0,5	0,6	0,75	1	1,15	–	–
$P1$	0,1	0,2	0,4	0,6	1	1,2	–	–
Интенсивность движения, тыс. авт/сут	7	9	11	13	15	20	–	–
$K1$	1,3	1,7	1,8	1,5	1	0,6	–	–
$P1$	0,47	0,6	0,73	0,87	1	1,33	–	–
Ширина проезжей части, м	4,5	5,5	6	7,5	9	10,5	–	–
$K2$ при укрепленных обочинах	2,2	1,5	1,4	1	0,8	0,7	–	–
$K2$ при неукрепленных обочинах	4	2,8	2,5	1,5	1	0,9	–	–
$P2$	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,4	–	–
$P2$	0,5	0,61	0,67	0,83	1	1,17	–	–

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ширина обочины, м	0,5	1	1,5	2	2,5	3	–	–
<i>K3</i>	2,2	1,7	1,4	1,2	1,1	1	–	–
<i>P3</i>	0,17	0,33	0,5	0,67	0,83	1	–	–
Продольный уклон, ‰	20	30	50	70	80	–	–	–
<i>K4</i>	1	1,25	2,5	2,8	3	–	–	–
<i>P4</i>	1	1,5	2,5	3,5	4	–	–	–
Радиус кривых в плане, тыс. м	0,05	0,1	0,15	0,2–0,3	0,4–0,6	0,6–1	1–2	2
<i>K5</i>	10	5,4	4	2,25	1,6	1,4	1,25	1
<i>P5</i>	0,03	0,05	0,08	0,13	0,25	0,4	0,75	1
Видимость, тыс. м	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,35	0,4	0,5
<i>K6</i> в плане	3,6	3	2,7	2,25	2	1,45	1,2	1
<i>K6</i> в продольном профиле	5	4	3,4	2,5	2,4	2	1,4	1
<i>P6</i>	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1
Длина прямых участков, км	3	5	10	15	20	25	–	–
<i>K8</i>	1	1,1	1,4	1,6	1,9	2	–	–
<i>P8</i>	1	1,67	3,33	5	6,67	8,33	–	–
Пересечения в одном уровне при интенсивности движения, авт/сут	1000	1600	1600–5000	3500–5000	5000	–	–	–
<i>K10</i>	1	1,5	2	3	4	–	–	–
<i>P10</i>	1	1,6	3,3	4,25	5	–	–	–
Видимость пересечения в одном уровне с дороги, которая примыкает, м	60	60–40	40–30	30–20	До 20	–	–	–
<i>K11</i>	1	1,1	1,65	2,5	10	–	–	–
<i>P11</i>	1	0,83	0,75	0,58	0,33	–	–	–
Длина населенного пункта, км	0,5	1	2	3	5	6	–	–
<i>K14</i>	1	1,2	1,7	2,2	2,7	3	–	–
<i>P14</i>	1	2	4	6	10	12	–	–
Коэффициент сцепления	0,2–0,3	0,4	0,6	0,7	0,75	–	–	–
<i>K16</i>	2,5	2	1,3	1	0,75	–	–	–
<i>P16</i>	0,36	0,57	0,86	1	1,07	–	–	–
Ширина разделительной полосы, м	1	2	3	5	10	15	–	–
<i>K17</i>	2,5	2	1,5	1	0,5	0,4	–	–
<i>P17</i>	0,2	0,4	0,6	1	2	3	–	–

Не нормированы характеристики 7, 9, 12, 13, 15, так как в них заложены не только количественные изменения определенных условий, но и качественные [5].

По полученному значению строим график зависимости $K_i = f(Pn_i)$, который приведен

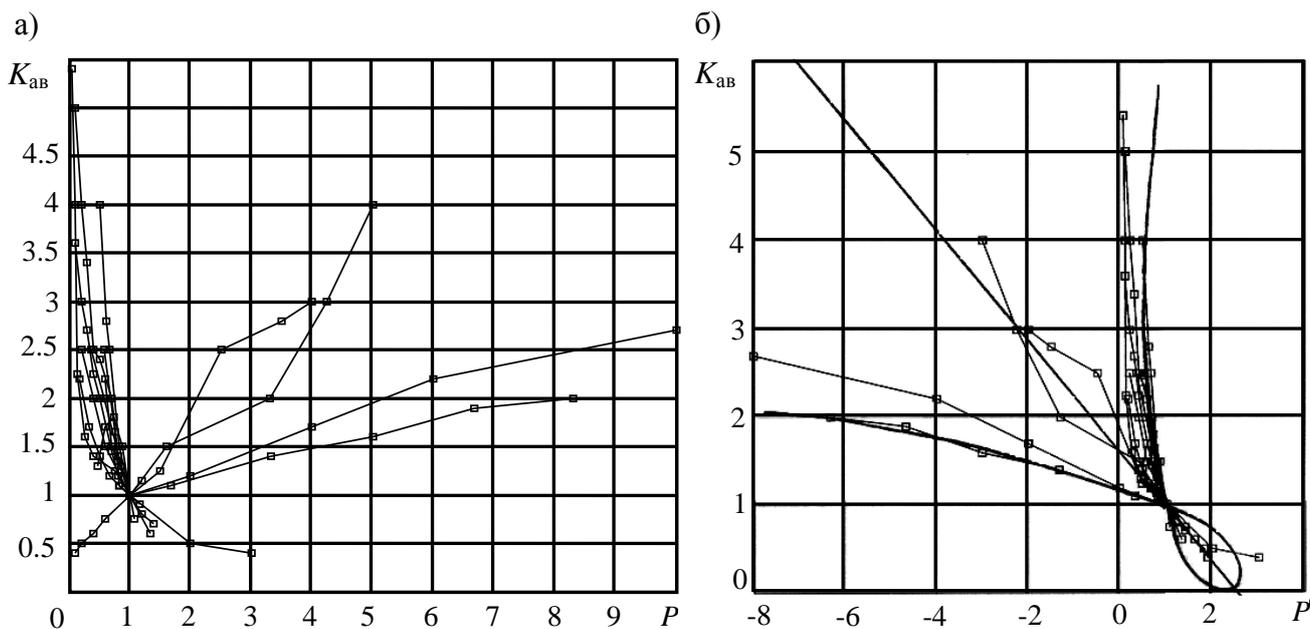
на рисунке 1 а). Из графика видно, что все кривые пересекаются в одной точке, которая отвечает $K_i = Pn_i = 1$, в области которой сосредоточено наибольшее количество точек, а также видно, что при росте Pn_i уменьшается K_i . Однако это характерно не для всех кривых.

Кривые $K1 = f(P1)$, $K2 = f(P2)$, $K8 = f(P8)$, $K10 = f(P10)$, $K14 = f(P14)$ возрастающие. Для обеспечения общности подхода, необходимое выполнение условия: рост нормированного значения Pn_i – уменьшение коэффициента аварийности K_i .

Для обеспечения указанного соответствия повернем кривые относительно вертикали при $Pn_i = 1$. Это обеспечится добавлением в уравнение соответствующих зависимостей $K1 = f(P1)$, $K2 = f(P2)$, $K8 = f(P8)$, $K10 = f(P10)$, $K14 = f(P14)$ значения 2, что показано на рисунке 1 б).

Из полученного графика видно, что предельная кривая, которая описывает область расположения зависимостей элементарных характеристик условий движения, является кривой третьего порядка – строфоиды, причем ее петля находится ниже точки $K_i = Pn_i = 1$, охватывая совокупность точек, которая отвечает снижению вероятности возникновения ДТП относительно эталонных условий (рисунок 1 б).

Кривая, описывающая область возможного изменения относительного числа ДТП, имеет ось симметрии, которая указывает на общую тенденцию изменения аварийности в зависимости от нормированных характеристик условий движения, а также на наличие точки, в которой относительное число ДТП должно снизиться до нуля.



- а) от нормированной величины P элементарных характеристик условий движения;
 б) от нормированной величины P элементарных характеристик условий движения с учетом тенденции изменения аварийности

Рисунок 1 – График изменений относительного числа ДТП ($K_{ав}$)

В свою очередь присутствуют оптимальные значения характеристик условий движения, которые обеспечивают минимальную аварийность, нормированная функция для них равна 2,5; рисунок 1 б).

Дополнительно можно выделить точку, которая отвечает минимальной аварийности, если руководствоваться линией строфоиды, (рисунок 1 б), нормированная функция равна 2,25. В целом, с учетом точности проведенных исследований, необходимо обращать внимание на интервал нормированной функции в пределах 2,2–2,5.

Соответственно данным таблицы 1 оптимальные условия движения, которые отвечают минимальным значениям относительной аварийности, можно описать следующим образом: интенсивность движения – 12 и 37 тыс. авт/сут; ширина проезжей части – 19 и 22 м; ширина обочины более – 3 м; продольный уклон – 50 ‰; радиус кривых в плане – не менее 5 тыс. м; видимость – более 500 м; длина прямых участков – 7 км; пересечения в одном уровне при интенсивности движения – до 2500 авт/сут видимость – не менее 150 м; длина населенного пункта – 1,25 км; длина участка на подходах к населенному пункту – не менее 2,5 км; коэффициент сцепления – более 0,75; ширина разделительной полосы – не менее 12,5 м.

Таким образом, проведенный предварительный анализ характера изменений относительного числа ДТП в зависимости от элементарных характеристик условий движения показал, что общая тенденция изменения аварийности присутствует, поэтому есть предположение о возможном наличии определенных совокупностей факторов, которые совместно определяют условия возникновения ДТП. Предлагается исследовать зависимости изменения относительной аварийности методами многофакторного анализа.

Определение главных интегральных факторов влияния условий движения на аварийность участков дорог общего пользования

Согласно теории статистического анализа, влияние элементарных характеристик условий движения на показатели аварийности можно представить в виде многомерного явления [8] с большим количеством признаков. Метод многомерного статистического анализа разрешает с целевой функцией – формирования изменения относительного количества ДТП в соответствии элементарным характеристикам условий движения [8] найти и сформулировать интегрированные главные факторы. Алгоритм реализации факторного анализа представлен на рисунке 2.

Предлагается применять следующую последовательность методов анализа:

- 1) метод многомерного шкалирования Торгерсона [8], который основывается на использовании количественных характеристик объектов;
- 2) метод главных факторов [8] (метод Хоттеллинга), поскольку он разрешает сравнительно быстро выделить наибольшее количество общих факторов, которые учитывают почти всю суммарную общность.

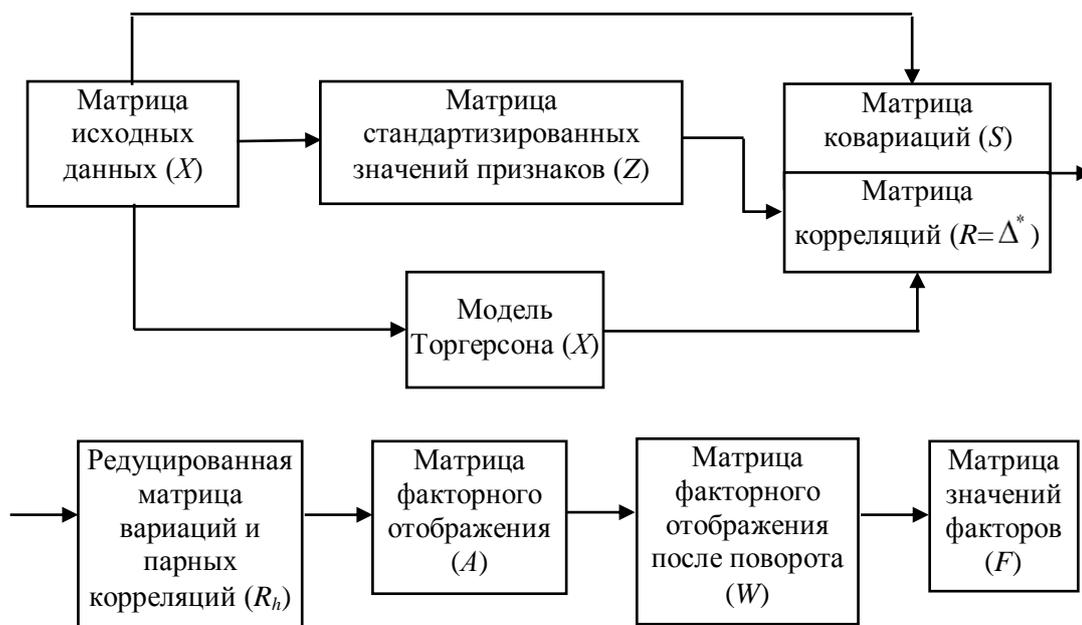


Рисунок 2 – Алгоритм реализации метода факторного анализа для выявления главных интегральных факторов влияния условий движения на аварийность участков дорог общего пользования

Анализ зависимостей относительной аварийности от элементарных характеристик условий движения позволил выделить следующие элементарные признаки условий, влияние которых на показатели аварийности исследованы в [2, 9, 10] в виде определенного ряда значений: K_1 – коэффициент, учитывающий интенсивность движения; K_2 – коэффициент, учитывающий ширину проезжей части; K_3 – коэффициент, учитывающий ширину обочины; K_4 – коэффициент, учитывающий продольный уклон дороги; K_5 – коэффициент, учитывающий радиусы кривых в плане; K_6 – коэффициент, учитывающий видимость в плане и профиле; K_7 – коэффициент, учитывающий расхождения в ширине проезжей части мостов и дороги; K_8 – коэффициент, учитывающий длину прямых участков дороги; K_9 – коэффициент, учитывающий тип пересечения; K_{10} – коэффициент, учитывающий интенсивность движения в области пересечения; K_{11} – коэффициент, учитывающий видимость пересечения в одном уровне с примыкающей дорогой; K_{12} – коэффициент, учитывающий число полос движения на проезжей части; K_{13} – коэффициент, учитывающий расстояние от застройки до проезжей части; K_{14} – коэффициент, учитывающий длину населенного пункта; K_{15} – коэффициент, учитывающий длину участков на подходах к населенному пункту; K_{16} – коэффициент, учитывающий коэффициент сцепления дорожного покрытия; K_{17} – коэффициент, учитывающий ширину разделительной полосы.

Аналитическую обработку зависимостей относительного количества ДТП по каждой элементарной характеристике условий движения будем проводить для двадцати равноотстоящих точек. Сформирована матрица исходных данных (таблица 2).

Таблица 2 – Значения избранных изменений относительного количества ДТП для двадцати значений соответствующих элементарных характеристик дорожных условий участков дорог общего пользования

ДТП	Признак														
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	$K_6(1)$	$K_6(2)$	K_8	K_{10}	K_{11}	K_{14}	K_{16}	K_{17}	$K_{18(1)}$	$K_{18(2)}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0,71	2,20	5,36	0,42	7,54	6,04	6,88	0,88	1,00	5,00	1,00	10,6	2,50	4,30	2,20
2	0,74	1,79	4,27	0,50	2,34	3,06	4,03	0,82	1,20	4,64	1,10	8,82	2,11	3,99	2,10
3	0,79	1,58	2,73	0,51	1,74	2,50	2,74	0,81	1,37	4,26	1,23	6,66	1,71	3,73	2,00
4	0,88	1,44	2,12	0,58	1,50	2,25	2,09	0,82	1,51	3,92	1,38	4,87	1,41	3,48	1,91
5	1,00	1,34	1,80	0,66	1,34	2,01	1,77	0,82	1,63	3,57	1,52	3,39	1,18	3,25	1,85
6	1,19	1,25	1,61	0,72	1,27	1,85	1,61	0,84	1,74	3,21	1,67	2,77	1,04	3,03	1,81
7	1,43	1,16	1,47	0,80	1,15	1,77	1,45	0,91	1,84	2,85	1,82	2,46	0,94	2,82	1,76
8	1,64	1,10	1,40	0,87	1,08	1,61	1,41	0,94	1,96	2,55	2,00	2,22	0,84	2,62	1,69
9	1,73	1,04	1,33	0,94	1,03	1,58	1,29	0,97	2,06	2,29	2,13	2,00	0,76	2,41	1,59
10	1,76	0,98	1,25	1,03	0,99	1,53	1,21	1,11	2,19	2,09	2,23	1,85	0,69	2,25	1,50
11	1,71	0,93	1,19	1,12	0,95	1,45	1,16	1,27	2,29	1,93	2,30	1,69	0,62	2,09	1,42
12	1,59	0,89	1,13	1,21	0,89	1,37	1,12	1,47	2,40	1,81	2,38	1,57	0,56	1,94	1,36
13	1,30	0,86	1,11	1,32	0,84	1,29	1,09	1,76	2,51	1,65	2,44	1,45	0,51	1,82	1,31
14	1,00	0,83	1,05	1,41	0,81	1,25	1,08	2,14	2,63	1,40	2,52	1,35	0,46	1,70	1,26
15	0,88	0,80	1,02	1,50	0,79	1,16	1,06	2,52	2,75	1,14	2,58	1,23	0,45	1,59	1,22
16	0,77	0,78	0,97	1,60	0,77	1,12	1,04	2,94	2,91	1,07	2,64	1,17	0,42	1,47	1,17
17	0,68	0,76	0,94	1,71	0,71	1,08	1,01	3,50	3,07	1,03	2,73	1,01	0,42	1,36	1,12
18	0,56	0,75	0,88	1,82	0,69	1,04	1,00	4,17	3,31	1,03	2,80	0,92	0,41	1,23	1,08
19	0,44	0,74	0,86	1,92	0,67	1,00	1,00	4,70	3,60	1,02	2,91	0,80	0,41	1,12	1,04
20	0,36	0,73	0,83	2,05	0,63	0,96	0,98	5,47	4,00	1,02	30,0	0,71	0,40	1,00	1,00
Ср. знач.	1,06	1,10	1,67	1,13	1,39	1,80	1,75	1,94	2,30	2,37	3,47	2,88	0,89	2,36	1,52

После выполнения соответствующих расчетов и проверок, согласно методу Торгерсона [8] и Хотеллинга [3, 8], было выявлено наличие шести главных обобщенных факторов, которые объединяют предыдущие элементарные характеристики, соответственно рассчитанным нагрузкам в таблице 2, приведенные в таблице 3, и которые можно считать достоверными [8].

Таблица 3 – Результаты поиска интегрированных факторов влияния условий движения на аварийность участков дорог общего пользования

Элементарные характеристики	Нагрузка элементарных характеристик в составе интегрированных факторов					
	фактор $F1$	фактор $F2$	фактор $F3$	фактор $F4$	фактор $F5$	фактор $F6$
$K1$	-0,177	2,110	1,256	1,164	0,322	-0,124
$K2$	0,639	0,401	0,336	-0,137	-0,144	0,037
$K3$	1,673	-0,663	-0,115	-0,307	0,368	0,030
$K4$	-2,241	1,805	-0,778	-0,002	0,130	0,155
$K5$	2,414	-1,720	-1,395	1,176	-0,217	-0,008
$K6(1)$	1,416	-0,442	-0,291	0,377	-0,127	0,023
$K6(2)$	1,840	-1,057	-0,614	0,076	0,185	0,003
$K8$	-3,228	1,194	-1,659	-0,623	-0,080	-0,176
$K10$	-1,974	1,662	-0,438	-0,007	0,017	0,066
$K11$	1,275	0,138	0,920	-0,378	-0,325	-0,060
$K14$	-7,037	-3,157	0,845	0,181	0,015	0,010
$K16$	2,555	-1,272	0,127	-0,763	0,335	0,000
$K17$	1,658	-0,460	0,427	-0,511	-0,065	-0,079
$K18(1)$	0,917	0,549	0,794	-0,186	-0,238	0,059
$K18(2)$	0,271	0,911	0,586	-0,059	-0,175	0,063

Далее были сформированы соответствующие главные факторы $F1-F6$ и проведена их логическая интерпретация, как характеристик условий движения, которые влияют на аварийность участков дорог общего пользования на системном уровне.

Полученные значения нагрузок главных факторов (таблица 3) по каждой элементарной характеристике были пересчитаны по модулю на соответствующие проценты входа в состав интегрированного фактора. Графики указанных процентов приведены далее на рисунках 3–8 [6].

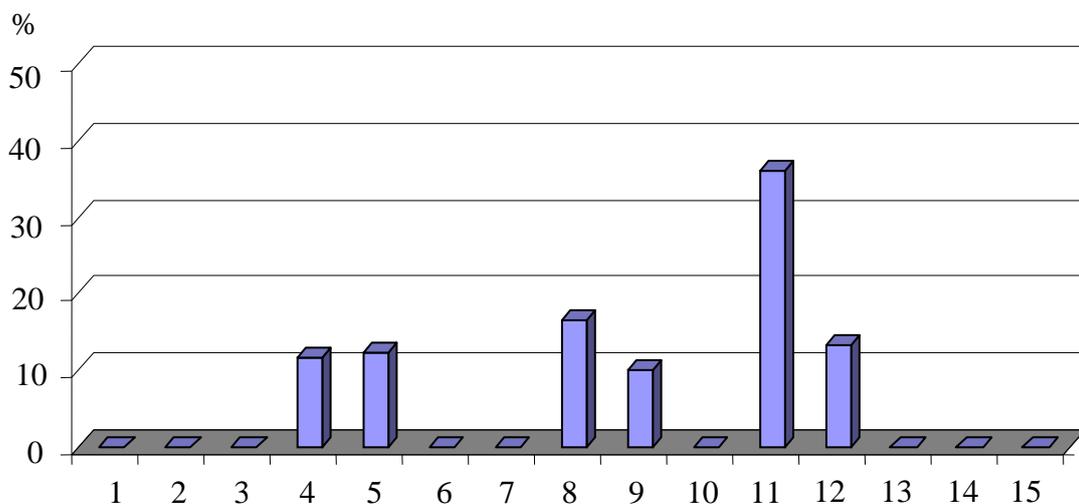


Рисунок 3 – Процент вхождения в состав интегрированного фактора $F1$ элементарных характеристик условий движения соответственно таблицам 2 и 3

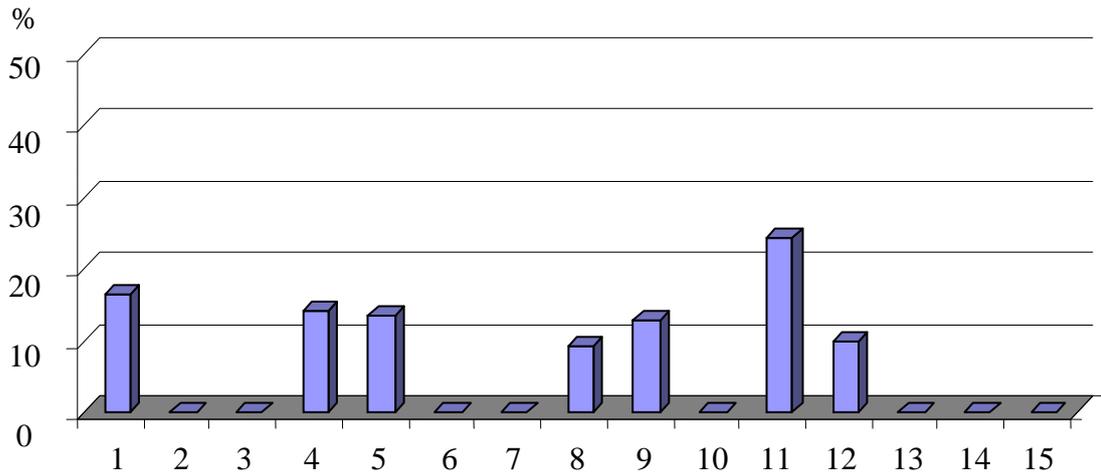


Рисунок 4 – Процент вхождения в состав интегрированного фактора F_2 элементарных характеристик условий движения соответственно таблицам 2 и 3

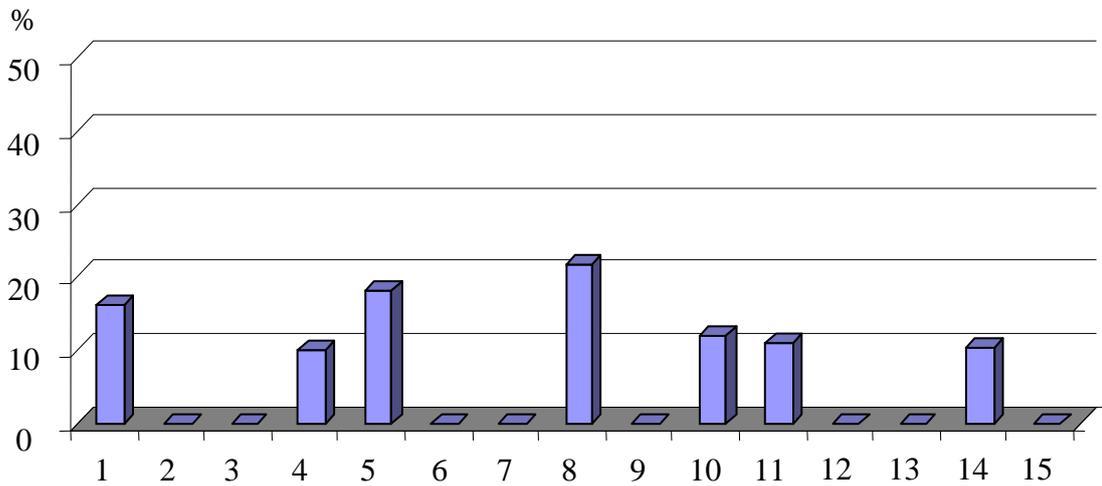


Рисунок 5 – Процент вхождения в состав интегрированного фактора F_3 элементарных характеристик условий движения соответственно таблицам 2 и 3

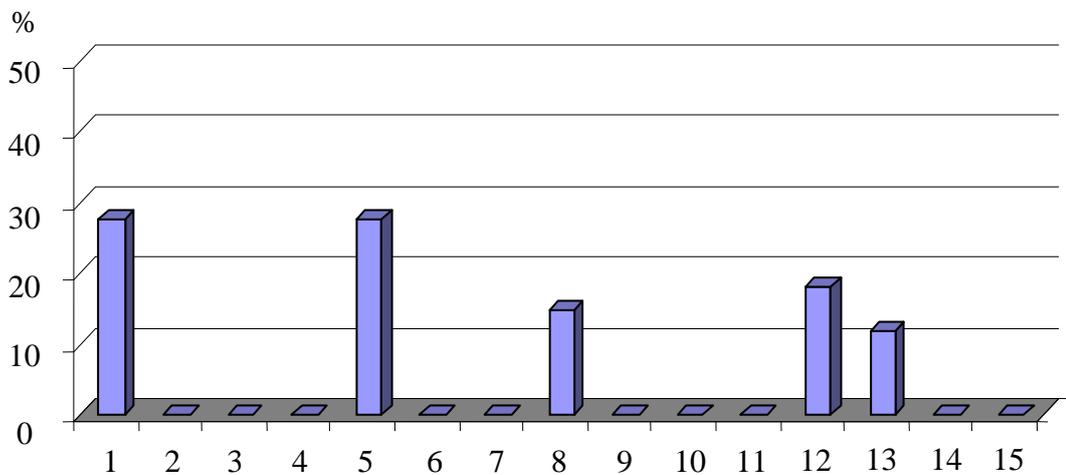


Рисунок 6 – Процент вхождения в состав интегрированного фактора F_4 элементарных характеристик условий движения соответственно таблицам 2 и 3

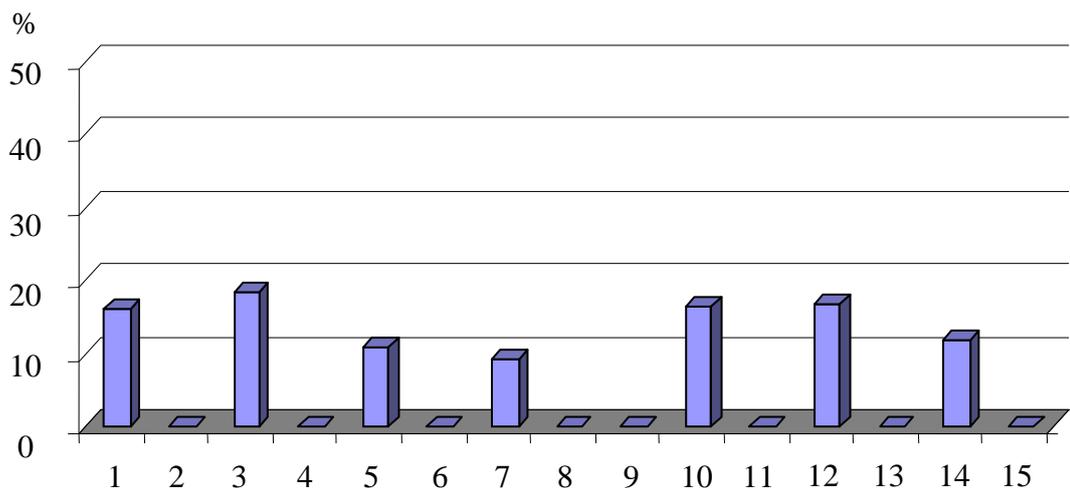


Рисунок 7 – Процент вхождения в состав интегрированного фактора $F5$ элементарных характеристик условий движения соответственно таблицам 2 и 3

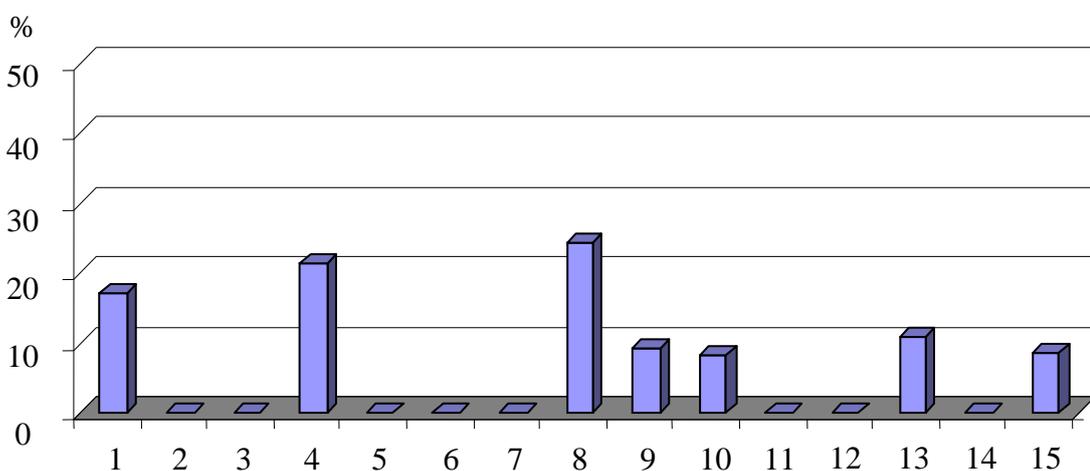


Рисунок 8 – Процент вхождения в состав интегрированного фактора $F6$ элементарных характеристик условий движения соответственно таблицам 2 и 3

При 15 элементарных характеристиках средний равномерный процент влияния каждого признака в составе фактора составляет 7 %, поэтому поиск наиболее влиятельных элементарных характеристик выполняем в условиях большего значения указанного процента.

Результаты определения главных интегральных факторов влияния условий движения на аварийность участков дорог общего пользования

Интегральные факторы влияния условий движения будут иметь в своем составе следующие элементарные характеристики (номера характеристик представлены в порядке уменьшения процента влияния):

$F1$: 11, 8, 12, 5, 4, 9;	принимаем 11, 8, 12;
$F2$: 11, 1, 4, 5, 9, 12, 8;	принимаем 11, 1, 4;
$F3$: 8, 5, 1, 10, 11, 4, 14;	принимаем 8, 5, 1;
$F4$: 5, 1, 12, 8, 13;	принимаем 5, 1, 12;
$F5$: 3, 1, 10, 12, 14, 5, 7;	принимаем 3, 1, 10;
$F6$: 8, 4, 1, 13, 9, 10, 15;	принимаем 8, 4, 1.

Обобщая элементарные характеристики условий движения в каждом интегральном факторе влияния, необходимо сформулировать их определение:

F1: учитывает наличие и длину населенных пунктов, прямых участков и количество полос движения на этих участках; в обобщенном виде предполагает системное влияние на аварийность наличия прямых многополосных участков дорог, проходящих сквозь населенные пункты;

F2: учитывает наличие и длину населенных пунктов, интенсивность движения и наличие уклона проезжей части; в обобщенном виде предполагает системное влияние на аварийность наличия интенсивных участков дорог с уклоном, проходящих сквозь населенные пункты;

F3: учитывает наличие и длину прямых участков, наличие и длину участков с радиусами и интенсивность движения на них; в обобщенном виде предполагает системное влияние на аварийность геометрии пространственной траектории движения транспортного потока, определяемой пространственной осью дороги;

F4: учитывает наличие и длину участков с радиусами, интенсивность движения, число полос движения на них; в обобщенном виде предполагает системное влияние на аварийность геометрии пространственной траектории движения транспортного потока, определяемой пространственной осью дороги на кривых в плане;

F5: учитывает наличие пересечений дорог, интенсивность движения и ширину обочин в их области; в обобщенном виде предполагает системное влияние на аварийность геометрии пространственных траекторий движения транспортных потоков на пересечениях дорог в одном уровне, определяемое геометрией перекрестков дорог в одном уровне;

F6: учитывает наличие и длину прямых участков, наличие уклона проезжей части и интенсивность движения на них; в обобщенном виде предполагает системное влияние на аварийность геометрии пространственной траектории движения транспортного потока в профиле дороги.

Расчет итогового коэффициента аварийности [6] предполагает произведение значений всех элементарных характеристик условий движения для характерных участков дороги. Сформулированные интегральные факторы влияния на аварийность на участках дорог позволяют усовершенствовать расчет итогового коэффициента аварийности путем перемножения значений элементарных характеристик условий движения, входящих в фактор, в пределах каждого из шести интегральных факторов, и суммирования значений между факторами. Оставшиеся элементарные характеристики предлагается объединить в седьмой фактор неопределенности. Указанное решение предложено, исходя из положений теории вероятностей о расчете вероятности появления нескольких случайных событий.

Таким образом, расчетная формула итогового коэффициента аварийности примет вид:

$$K_{ав} = K_{F1} + K_{F2} + K_{F3} + K_{F4} + K_{F5} + K_{F6} + K_{F7}, \quad (2)$$

$$K_{F1} = K_8 \cdot K_{14} \cdot K_{16},$$

$$K_{F2} = K_1 \cdot K_4 \cdot K_{14},$$

$$K_{F3} = K_1 \cdot K_5 \cdot K_8,$$

$$K_{F4} = K_1 \cdot K_5 \cdot K_{16},$$

$$K_{F5} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_{11},$$

$$K_{F6} = K_1 \cdot K_4 \cdot K_8,$$

$$K_{F7} = K_2 \cdot K_{6(1)} \cdot K_{6(2)} \cdot K_{17} \cdot K_{18(1)} \cdot K_{18(2)} \cdot$$

Выводы

Исследованы обобщенные тенденции изменения показателей аварийности в зависимости от характеристик условий движения транспортных потоков на участках дорог общего пользования. Установлено, что характеристики условий движения транспортных потоков влияют на показатели аварийности не только в рамках отдельных значений характеристик, но и в рамках их системных совокупностей, которые выявлены в работе, и им даны определения.

С учетом полученных результатов усовершенствована методика оценки безопасности условий дорожного движения за счет введения итогового коэффициента аварийности, для которого разработана новая формула расчета.

В дальнейшем по решению сформулированной в работе научной задачи предполагается проверить полученные результаты теоретических исследований экспериментально и уточнить шкалу оценивания для итогового коэффициента аварийности, с рекомендациями по конструированию автомобильных дорог.

Список литературы

1. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения (архив) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gibdd.ru/stat/archive/> (дата обращения: 22.03.2016).
2. Клиновштейн, Г. И. Организация дорожного движения / Г. И. Клиновштейн, В. И. Коноплянко. – М.: МАДИ, 1977. – 60 с.
3. Chowdhury, D. Statistical physics of vehicular traffic and some related systems / D. Chowdhury, L. Santen, A. Schadschneider // Phys. Rep. – 2000. – V. 329. – P. 199–329.
4. He, Guoguang. Transportations System. Jn: Proceedings of the 8th IFAC Symposium of Transportation Systems / Guoguang He, Gerhard Noth // Chania. – Greece, 1997. – Vol. 2, 16–18 June. – P. 512–521.
5. Шевяков, А. П. Организация движения на автомобильных магистралях / А. П. Шевяков – М.: Транспорт, 1985. – 90 с.
6. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В. Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
7. Дудников, А. Н. Возможность оптимизации условий движения транспортного потока коэффициентами аварийности / А. Н. Дудников, Н. Н. Дудникова // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Зб. наук. пр. – К.: НТУ, 2004. – № 71. – С. 260–266.
8. Многомерный статистический анализ в экономике / [Л. А. Сошникова, В. Н. Тамашевич, Г. Уебе, М. Шефер]. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 598 с.
9. Бабков, В. Ф. Современные автомобильные магистрали / В. Ф. Бабков. – [2-е изд.]. – М.: Транспорт, 1974. – 279 с.
10. Дудніков, О. М. Комплексні характеристики дорожніх умов щодо оцінки безпеки руху / О. М. Дудніков, Н. М. Дуднікова // Вісник НТУ. Науково-технічний збірник, присвячений 60-річчю заснування університету. – К.: НТУ, 2004. – С. 203–206.

А. Н. Дудников, Н. Н. Дудникова

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

**Системное влияние условий движения на аварийность участков дорог
общего пользования**

Проблема аварийности на автомобильных дорогах приобрела особую остроту в последнее десятилетие в связи с крайне неэффективным функционированием государственной системы обеспечения безопасности дорожного движения в условиях развития автомобилизации и диспропорции между ростом числа автомобилей и ростом длины улично-дорожной сети, не рассчитанной на современные транспортные потоки в рамках пропускной способности и максимальных скоростей движения.

Исследования аварийности на участках автомобильных дорог общего пользования указывают на то, что кроме элементарных факторов, связанных с водителями, транспортными потоками, автомобилями и дорожными условиями существенное влияние на аварийность оказывают группы отдельных элементарных факторов на уровне некоторых совокупностей. С учетом указанного, формируется научная задача по исследованию совокупностей элементарных факторов, отражающих условия движения, влияющих на показатели аварийности на участках дорог общего пользования.

Поэтому целью работы является формализация системного влияния элементарных характеристик условий движения транспортного потока на аварийность участков дорог общего пользования, путем выявления главных интегральных факторов влияния.

В результате исследованы обобщенные тенденции изменения показателей аварийности в зависимости от характеристик условий движения транспортных потоков на участках дорог общего пользования. Установлено, что характеристики условий движения транспортных потоков влияют на показатели аварийности не только в рамках отдельных значений характеристик, но и в рамках их системных совокупностей, которые выявлены в работе, и им даны определения.

С учетом полученных результатов усовершенствована методика оценки безопасности условий дорожного движения итоговым коэффициентом аварийности, для которого разработана новая формула расчета.

В дальнейшем по решению сформулированной в работе научной задачи предполагается проверить полученные результаты теоретических исследований экспериментально и уточнить шкалу оценивания для итогового коэффициента аварийности, с рекомендациями по конструированию автомобильных дорог.

АВАРИЙНОСТЬ, УСЛОВИЯ ДВИЖЕНИЯ, ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ПРОИСШЕСТВИЕ, ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ, МНОГОМЕРНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

A. N. Dudnikov, N. N. Dudnikova

Automobile and Highway Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka
Systematic Impact of Traffic Conditions on the Accident Rate of Public Road Sections

The problem of the accident rate on highways acquired particular urgency in the last decade due to the extremely inefficient functioning of the traffic safety state system in the conditions of the automobilization development and imbalance between increasing number of cars and increasing length of the road network, not designed for modern traffic flows within the traffic capacity and maximum speeds.

Accident rate study on public road sections indicates that besides elementary factors connected with drivers, traffic flows, road and traffic conditions, a significant impact on the accident rate is exerted by groups of separate elementary factors at the level of some aggregates. In view of this, a scientific problem is formed on the study of elementary factors aggregates reflected road conditions affecting accident rates on public road sections.

Therefore, the aim of the work is to formalize systematic impact of elementary road condition characteristics of traffic flows on the accident rate of public road sections by identifying the main integral factors of the impact.

As a result, integrated trends of the accident rate change depending on the road condition characteristics of traffic flows on public road sections are studied. It is determined that road condition characteristics of traffic flows influence on the accident rate not only within individual values of characteristics but also within their systematic aggregates identified in the work and they are defined.

Based on the obtained results the estimation technique of the traffic safety conditions is improved by the total accident rate factor for which a new calculation formula has been developed.

In the future, on the solution of the scientific problem formulated in the work, it is supposed to verify the results of theoretical studies experimentally and to clarify the grading scale for final accident rate factor with recommendations for the design of highways.

ACCIDENT RATE, ROAD CONDITIONS, TRAFFIC ACCIDENT, INTEGRAL FACTORS, MULTIVARIATE STATISTICAL ANALYSIS

Сведения об авторах:

А. Н. Дудников

SPIN-код: 8393-4943
 Телефон: +38 (066) 418-65-80
 Эл. почта: ANdudnikov@rambler.ru

Н. Н. Дудникова

SPIN-код: 1424-1363
 Телефон: +38 (050) 589-90-37
 Эл. почта: DudnikovaNN@rambler.ru

Статья поступила 26.09.2018

© А. Н. Дудников, Н. Н. Дудникова, 2018

Рецензент: Т. В. Скрыпник, канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»