

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №1 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-1.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/33TVN117.pdf>

Статья опубликована 27.02.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Катасонов М.В., Лескин А.И., Кочетков А.В., Сыроежкина М.А., Щеголева Н.В., Задворнов В.Ю.
Математическая модель прогнозирования аварийности дорожного движения на сети автомобильных дорог и в местах концентрации дорожно-транспортных происшествий // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №1 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/33TVN117.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 625.7/8:656.13.05

Катасонов Максим Викторович

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Россия, Волгоград
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: max.inga@rambler.ru

Лескин Андрей Иванович

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Россия, Волгоград
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: leskien@inbox.ru

Кочетков Андрей Викторович

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Россия, Пермь
Доктор технических наук, профессор
E-mail: soni.81@mail.ru

Сыроежкина Марина Анатольевна

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Россия, Волгоград
Студент
E-mail: maryssir@mail.ru

Щеголева Наталья Вячеславовна

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Россия, Саратов
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: shegoleva123@mail.ru

Задворнов Виталий Юрьевич

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Россия, Пермь
Аспирант
E-mail: zv.59@mail.ru

**Математическая модель
прогнозирования аварийности дорожного движения
на сети автомобильных дорог и в местах концентрации
дорожно-транспортных происшествий**

Аннотация. Для принятия рациональных решений по повышению безопасности дорожного движения представляется целесообразным исследовать зависимость уровня аварийности от состояния автомобильных дорог по области в целом и на участках концентрации дорожно-транспортных происшествий. Решение поставленных задач невозможно без статистического анализа уровня развития и технического состояния дорожной

сети и работы автотранспорта по административным районам области. При существующем уровне финансирования ремонта и содержания дорожной сети, даже незначительное увеличение грузо- и пассажирооборота в административных районах области приведет к увеличению общего количества дорожно-транспортных происшествий. При перестройке участков концентрации дорожно-транспортных происшествий в первую очередь необходимо обращать внимание на повышение сцепных качеств покрытия и уширение проезжей части. В случае ограниченной видимости и наличия кривых малого радиуса необходима установка дорожных знаков и выполнение горизонтальной разметки с учетом специфики участка автомобильной дороги.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие; аварийность; безопасность; дорожное движение; ремонт; искусственная неровность; автомобильная дорога; транспортное средство; колесо; дорожное покрытие; скорость; проезд

Введение

По результатам проведенного ранее анализа уровня аварийности движения на автомобильных дорогах общего пользования Волгоградской области установлено, что в связи с хроническим недоремонтом дорожной сети, до 30% ДТП связано с влиянием дорожных условий.

Для принятия рациональных решений по повышению безопасности дорожного движения представляется целесообразным исследовать зависимость уровня аварийности от состояния автомобильных дорогах по области в целом и на участках концентрации ДТП.

Решение первой из поставленных задач невозможно без статистического анализа уровня развития и технического состояния дорожной сети и работы автотранспорта по административным районам Волгоградской области.

Анализ состояния сети области показывает, что к 2016 г. плотность дорожной сети общего пользования с твердым покрытием достигла 140 км/тыс. км². Это превышает средний показатель по РФ, однако уступает областям Южного федерального округа (рисунок 1).

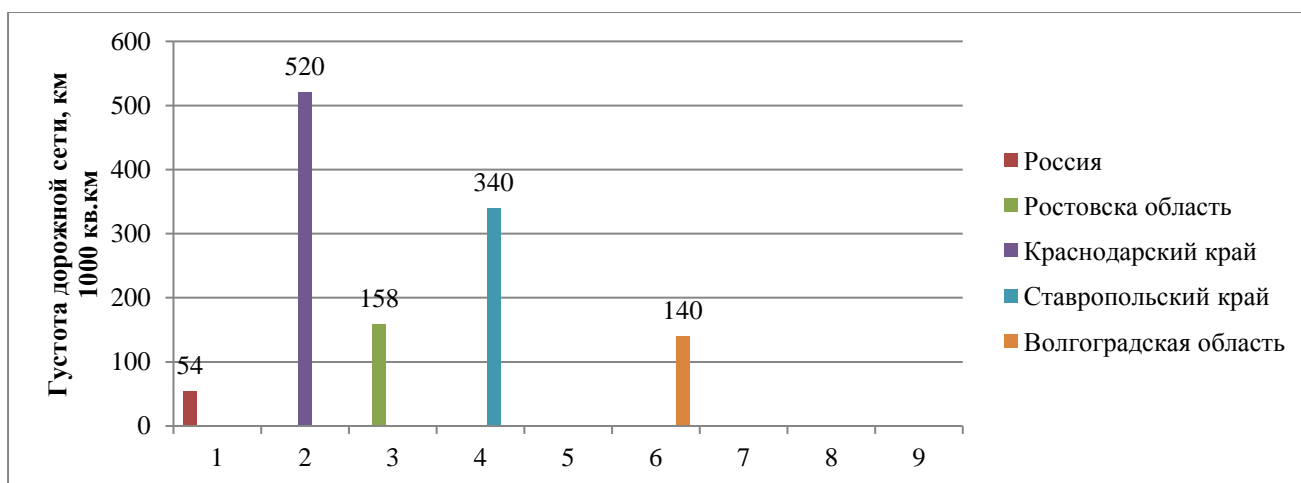


Рисунок 1. Плотность дорожной сети по областям Южного федерального округа (рис. авт.)

Уровень развития дорожной сети по районам показывает неоднородность плотности протяженности дорог на 1000 кв. км площади. Наибольшая плотность дорожной сети в Городищенском, Камышинском, Среднеахтубинском, Новониколаевском, Новоаннинском районах с развитой промышленностью и сельским хозяйством.

Наиболее отсталые в транспортном развитии районы Заволжья, это Старополтавский и Палласовский районы области (таблица 1).

Таблица 1

Перечень региональных и межмуниципальных дорог по административным районам Волгоградской области за 2016 г. (Постановление Администрации Волгоградской области в ред. от 12.09.2016 № 504-п)

Район	Протяженность дорог, км		Удельный вес дорог с твердым покрытием в общей протяженности, %	Плотность дорог общего пользования с твердым покрытием (км на 1000 км ² территории)
	Всего	с твердым покрытием		
Алексеевский	287,44	264,49	91,4	106,9
Быковский	357,23	290,03	78,8	84,0
Городищенский	285,09	230,62	84,7	122,4
Даниловский	329,82	230,32	70,7	79,2
Дубовский	208,15	187,55	92,8	100,3
Еланский	266,95	244,05	90,1	90,3
Жирновский	329,67	249,17	74,8	81,6
Иловлинский	340,45	293,95	90,2	86,7
Калачевский	469,67	353,97	83,8	77,6
Камышинский	343,75	300,85	90,4	113,3
Киквидзенский	196,72	196,72	94,7	86,3
Клетский	301,46	252,88	80,4	67,7
Котельниковский	304,02	304,02	100	85,4
Котовский	240,09	230,09	97,3	93,9
Кумылженский	304,43	285,93	92,9	89,9
Ленинский	284,4	220,84	75,1	81,9
Михайловский	342,07	322,62	95,2	105,1
Нехаевский	275,40	221,4	80,0	99,2
Николаевский	283,05	215,25	69,4	55,4
Новоаннинский	301,17	292,17	97,5	112,8
Новониколаевский	294,0	250,05	86,8	121,9
Октябрьский	381,47	297,49	77,0	75,7
Ольховский	256,56	225,86	86,0	66,9
Палласовский	384,42	327,07	69,4	21,9
Руднянский	293,81	193,81	64,5	93,2
Светлоярский	228,89	160,79	77,0	69,9
Серафимовичский	366,51	296,63	82,4	67,6
Среднеахтубинский	319,83	238,03	76,5	119,2
Старополтавский	314,54	217,64	64,8	49,6
Суровикинский	239,93	222,57	89,3	75,7
Урюпинский	406,43	371,03	90,6	103,8
Фроловский	308,24	259,58	85,6	91,5
Чернышковский	254,06	174,27	64,6	59,2

Аналитическая часть

Анализ распределения региональных и межмуниципальных автомобильных дорог по техническим категориям показал, что в сети дорог имеется:

- дорог 2 технической категории - 329,83 км;
- дорог 3 технической категории - 1438,37 км;

- дорог 4 технической категории - 8077,46 км, из которых 7965,59 км дорог с твердым усовершенствованным покрытием, а 111,77 км с покрытием переходного типа.

Результаты обследования сети автомобильных дорог Волгоградской области показали следующее:

- 49% закруглений имеют радиусы горизонтальных кривых меньше нормативного значения;
- 55% протяженности обследованных дорог имеют поперечные уклоны проезжей части неудовлетворяющие нормам;
- 4% протяженности обследованных дорог имеют просадки проезжей части;
- колейность встречается на 129 км, что составляет 15% от протяженности обследованных дорог;
- сетка трещин встречается на 304 км, что составляет 32% от протяженности дорог;
- 10% протяженности дорог имеют выбоины;
- 28% дорог имеют неудовлетворительную ровность.

Низкое техническое состояние дорожной сети, в условиях роста интенсивности движения, не может отрицательно не влиять на общий уровень аварийности движения.

По данным ГИБДД в области зафиксировано 21470 грузовых и 365854 легковых автомобилей. В ближайшем будущем прогнозируется дальнейшее увеличение парка автомобилей. Ежегодно грузооборот в области увеличивается на 8-10%.

Как показал статистических анализ работы автомобильного транспорта 26 административных районов области по перевозке грузов и пассажиров за период 2013-2016 гг., количество дорожно-транспортных происшествий на сети автомобильных дорог общего пользования напрямую зависит от плотности автомобильных дорог, грузооборота и пассажирооборота на ней.

Коэффициент множественной регрессии достаточно высокий и равен 0,74. Указанная зависимость имеет вид:

$$N_{ДТП} = 0,0343 \cdot P^{0,1896} \cdot G^{0,4090} \cdot Q^{0,2934} \quad (1)$$

где: $N_{ДТП}$ - количество ДТП; P - плотность дорожной сети района, км/1000 кв. км; G - грузооборот в районе тыс. т/км; Q - пассажирооборот в районе тыс. пасс./км).

Анализ полученной зависимости (1) позволяет сделать заключение, что при существующем состоянии дорожной сети административных районов, количество ДТП в наибольшей степени зависит от грузооборота (коэффициент весомости 0,409), менее значимыми являются пассажирооборот (коэффициент весомости 0,2934) и плотность дорожной сети (коэффициент весомости 0,1896).

Выполненный статистический анализ позволяет сделать вывод о том, что при существующем уровне финансирования ремонта и содержания дорожной сети, даже незначительное увеличение грузо- и пассажирооборота в административных районах области приведет к увеличению общего количества дорожно-транспортных происшествий.

Прогноз изменения уровня аварийности в Михайловском, Среднеахтубинском и Камышинском административных районах области показывает, что прирост объема грузо- и

пассажироперевозок на 5% приводит к увеличению количества ДТП (по сравнению с уровнем 2016 г.) на 3% (рисунок 2).

Можно сделать заключение, что снижение общего уровня аварийности невозможно без увеличения объемов финансирования ремонта и содержания сети автомобильных дорог области.

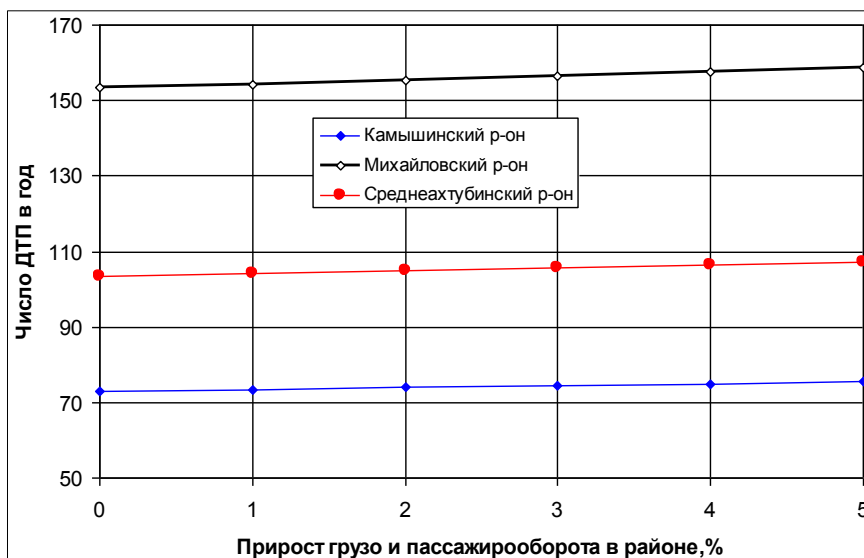


Рисунок 2. Прогноз роста дорожно-транспортных происшествий в зависимости от прироста грузо- и пассажирооборота (рис. авт.)

Как показывает анализ ДТП, происходит рост влияния дорожных условий на вероятность возникновения ДТП.

При недостаточном финансировании отрасли представляется целесообразным проводить политику концентрации финансовых и материальных средств на аварийно-опасных участках дорожной сети области. Такой подход позволит более эффективно использовать имеющиеся в отрасли ресурсы на реализацию действующей областной целевой программы «Обеспечение безопасности дорожного движения на территории Волгоградской области».

Проводимый с этой целью анализ аварийности дорожного движения на дорогах области за 2013-2016 гг. позволил выделить 25 участков концентрации дорожно-транспортных происшествий. Детальное обследование с помощью ходовой дорожной лаборатории позволило оценить влияние интенсивности и состава движения, транспортно-эксплуатационного состояния выделенных участков на уровень аварийности дорожного движения [1-6].

При обследовании аварийных участков фиксировались основные факторы, влияющие на аварийности движения: интенсивность движения (N), доля легковых автомобилей в составе потока (α), коэффициент сцепления (ϕ), ширина проезжей части (P), радиус горизонтальной кривой (R), расстояние видимости (L), ровность покрытия (S), доля участков в деформированных покрытием (a).

Корреляционный анализ показал, степень влияния каждого из указанных факторов в отдельности на уровень аварийности незначительна (таблица 2). Наибольшее влияние на аварийность оказывает интенсивность движения (коэффициент корреляции -0,69).

Учитывая, что влияние дорожных условий на безопасность движения происходит комплексно, представляется целесообразным оценивать их влияние на уровень аварийности с помощью уравнения множественной регрессии нелинейного вида.

Таблица 2

Коэффициент корреляции дорожных условий на уровень аварийности (сост. авт.)

Дорожный фактор	Коэффициент корреляции
Интенсивность движения	-0,69
Доля легковых автомобилей	-0,56
Коэффициент сцепления	0,08
Ширина проезжей части	-0,45
Радиус горизонтальной кривой	0,59
Расстояние видимости	0,44
Ровность покрытия	0,019
Доля участков с деформированным покрытием	0,18

Результаты корреляционно-регрессионного анализа подтвердили правильность гипотезы. Коэффициент множественной корреляции увеличился до 0,89.

Степень влияния каждого из перечисленных выше фактора при совместном их влиянии на уровень аварийности в местах концентрации ДТП можно описать уравнением вида:

$$Z = 2935,18 \cdot N^{-0,9819} \cdot \varphi^{0,4512} \cdot p^{0,4806} \cdot R^{-0,0707} \cdot L^{-0,0329} \cdot S^{0,1015} \quad (2)$$

где Z - коэффициент относительной аварийности (количество ДТП, приходящееся на 1 млн. авт.-км), рассчитывается по формуле:

$$Z = \frac{n \cdot 10^6}{N \cdot L \cdot m \cdot 365}, \quad (3)$$

где: n - количество ДТП на участке дороги за расчетный период; N - среднегодовая суточная интенсивность движения, авт./сут.; L - длина рассматриваемого участка, км.; m - число лет в расчетном периоде (для дорог I-III категории - 3 года, IV-V категории - 5 лет); φ - коэффициент сцепления; P - ширина проезжей части, м; R - радиус горизонтальной кривой, м; L - расстояние видимости, м, %; S - ровность покрытия, оцениваемая по показаниям толчкомера, см/км.

Оценка точности моделирования относительного коэффициента аварийности в зависимости от дорожных условий приведена на рисунке 3.

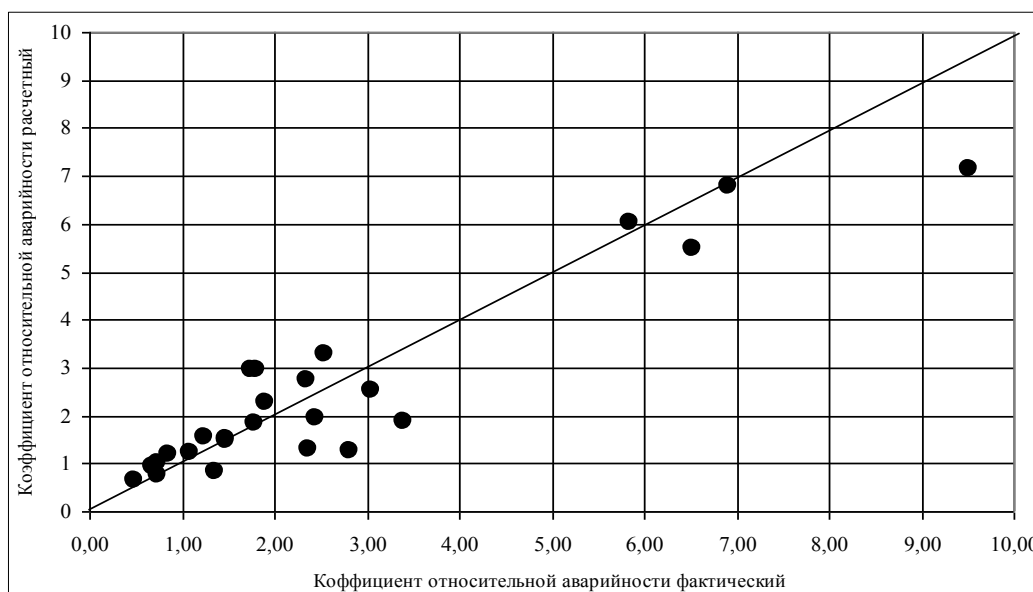


Рисунок 3. Оценка точности прогнозирования коэффициента относительной аварийности на участках концентрации ДТП в зависимости от дорожных условий (рис. авт.)

Результаты регрессионного анализа, представленные уравнением (2), позволяют определить, по значению коэффициентов весомости (показателю степени) дорожных факторов, наиболее эффективные мероприятия по снижению количества ДТП на аварийных участках дорожной сети области, прогнозировать снижение уровня аварийности в зависимости от планируемых видов и объемов ремонтных работ.

Анализ уравнения (2) показывает, что наибольшее влияние на аварийность оказывает интенсивность движения (коэффициент весомости -0,9819).

Из дорожных условий в наибольшей степени на уровень аварийности оказывают: коэффициент сцепления (коэффициент весомости 0,4512) и ширина проезжей части (коэффициент весомости 0,4806).

Для снижения уровня аварийности на участках концентрации ДТП в первую очередь необходимо обратить внимание на мероприятия по повышению сцепным качеств дорожного покрытия и уширение проезжей части участков дорог.

Выводы. Обсуждение результатов

Следует отметить, что влияние дорожной разметки на аварийно-опасных участках оценить было невозможно вследствие ее значительного износа. Влияние радиуса кривых, расстояние видимости и ровности покрытия незначительно, вследствие наличия на участках предупреждающих и ограничивающих дорожных знаков.

Выполненный регрессионный анализ позволяет сделать вывод, что при перестройке участков концентрации ДТП в первую очередь необходимо обращать внимание на повышение сцепных качеств покрытия и уширение проезжей части.

В случае ограниченной видимости и наличия кривых малого радиуса необходима установка дорожных знаков и выполнение горизонтальной разметки с учетом специфики участка дороги.

Серьезной методической проблемой повышения безопасности дорожного движения является проблема правильной расстановки знаков и нанесения разметки на автомобильных дорогах.

Нередко встречаются такие ситуации, когда водители транспортных средств, реагируя на знак ограничивающий скорость (например, перед кривой в плане), снижают скорость до значения, указанного на знаке, а при движении по участку дороги убеждаются в том, что такого снижения скорости не требовалось. После проезда нескольких участков дороги с неточной информацией на знаках водители перестают снижать скорость и попадают в аварию на действительно опасном участке, где знак показывал правильное значение допустимой скорости, но был проигнорирован по аналогии с предшествующими знаками как необоснованно установленный.

В Саратовском государственном техническом университете имени Гагарина Ю.А. разработана методика, позволяющая в зависимости от величины параметра опасного геометрического элемента дороги (A) и качества его исполнения (σ_A) устанавливать значение допустимой скорости автомобиля по величине приемлемого риска [7].

Установленное таким способом значение скорости следует указывать на знаках типа 3.24, ограничивающих обеспеченную скорость, с обеих сторон опасного участка дороги. При этом на стойке (под знаком с величиной допустимой скорости) рекомендуется размещать табличку (знак дополнительной информации) с указанием риска, на который пойдет водитель, реализуя эту скорость.

Вряд ли у водителя, обученного воспринимать дополнительную информацию, появится желание превысить указанную на знаке скорость или совершить запрещенный маневр, если он будет видеть относительное число происшествий при достижении (или незначительном превышении) указанной на знаке скорости.

Умению читать такие таблички легко обучить участников движения во время подготовки (переподготовки).

Дополнительные материалы по теме исследования содержатся в [8-12].

ЛИТЕРАТУРА

1. Катасонов М.В. Оценка влияния дорожных условий на безопасность движения автомобильных дорог Волгоградской области. Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли юга России. Материалы V Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Министерство образования и науки Российской Федерации, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет. 2011. С. 101-104.
2. Сильянов В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц, учеб. для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» - М.: Академия, 2008. 110 с.
3. Справочная энциклопедия дорожника. 5 том. Ремонт и содержание автомобильных дорог. Под редакцией заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, д-ра техн. наук, проф. А.П. Васильева. - М.: Информавтор. 2004.
4. Катасонов М.В., Лескин А.И., Кочетков А.В. Методика определения геометрических факторов проезда автомобилями искусственных неровностей // Интернет-журнал «Наукоедение», Т. 8, №2 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/102TVN216.pdf> (доступ свободный. Загл. с экрана. Яз. Англ. англ., рус. DOI: 10.15862/102TVN216).
5. Кочетков А.В., Беляев Д.С., Шашков И.Г. Прямой метод оценки взаимодействия колеса транспортного средства и неровностей дорожного покрытия / Интернет-журнал «Наукоедение». 2013. №4 (17). С. 38.
6. Определение динамических характеристик процесса взаимодействия транспортных средств с накопленными неровностями автомобильных дорог / Кочетков А.В., Беляев Д.С., Шашков И.Г. Интернет-журнал «Наукоедение». 2013. №4 (17). С. 35.
7. Столяров В.В. Совершенствование методов применения принципов технического регулирования в дорожной деятельности: моногр. / В.В. Столяров, А.П. Бажанов. - Пенза: ПГУАС, 2014. 212 с.
8. Анохин Б.Б., Кочетков А.В. Техническое нормирование габаритов приближения автомобильных дорог / Грузовик. 2015. №9. С. 27-34.
9. Захаров О.В., Погораздов В.В., Кочетков А.В. Методические основы гармонического анализа круглограмм / Метрология. 2004. №6. С. 3.
10. Перспективы развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве / А.В. Кочетков, Л.В. Янковский // Инновационный транспорт. 2014. №1 (11). С. 42-45.
11. Организационно-экономический механизм инновационной деятельности дорожного хозяйства / С.П. Аржанухина, А.А. Сухов, А.В. Кочетков, Л.В. Янковский // Инновационный Вестник Регион. 2012. №4. С. 40-45.
12. Проектирование структуры информационного обеспечения системы менеджмента качества дорожного хозяйства / А.В. Кочетков, В.Ю. Гладков, Д.М. Немчинов / Интернет-журнал «Наукоедение». 2013. №3 (16). С. 72.

Katasonov Maksim Viktorovich

Volgograd state technical university, Russia, Volgograd
E-mail: max.inga@rambler.ru

Leskin Andrey Ivanovich

Volgograd state technical university, Russia, Volgograd
E-mail: leskien@inbox.ru

Kochetkov Andrey Viktorovich

Perm national research polytechnical university, Russia, Perm
E-mail: soni.81@mail.ru

Syroezhkina Marina Anatol'evna

Volgograd state technical university, Russia, Volgograd
E-mail: maryssir@mail.ru

Shchegoleva Natalya Vyacheslavovna

Saratov state technical university of Gagarin Yu.A., Russia, Volgograd
E-mail: shegoleva123@mail.ru

Zadvornov Vitalij Jur'evich

Perm national research polytechnical university, Russia, Perm
E-mail: zv.59@mail.ru

Mathematical model of forecasting of accident rate of traffic for networks of highways and in places of concentration of road accidents

Abstract. For adoption of rational decisions on increase of traffic safety it is advisable to investigate dependence of level of accident rate on a state highways on area in general and on sites of concentration of road accidents. The solution of objectives is impossible without statistical analysis of a level of development and technical condition of a road network and work of motor transport on administrative regions of area. At the existing level of financing of repair and the maintenance of a road network, even the insignificant increase gruzo-and a passenger turnover in administrative regions of area will lead to increase in total of road accidents. At reorganization of sites of concentration of road accidents first of all it is necessary to pay attention to increase of coupling qualities of a covering and broadening of the carriageway. In case of limited visibility and existence of curves of small radius installation of road signs and performance of a horizontal marking taking into account specifics of a site of the highway is necessary.

Keywords: road accident; accident rate; safety; traffic; repair; hump; highway; vehicle; wheel; paving; speed; journey