

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПРИВЕДЕНИЯ НА ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ И ПРИМЫКАНИЯХ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Дорохин С.В., Скрыпников А.В., Смирнов М.Ю.

ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия» (394087 г. Воронеж, ул. Тимирязева, д.8) [rivelenasoul@mail.ru](mailto:rivelenasoul@mail.ru);

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (394036, г. Воронеж, проспект Революции, 19) [skrypnikovvsafe@mail.ru](mailto:skrypnikovvsafe@mail.ru);

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет» (424000 Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3) [rivelenasoul@mail.ru](mailto:rivelenasoul@mail.ru)

Целью экспериментального исследования являлось определение реальных коэффициентов приведения автомобилей при движении на пересечении или примыкании. Для определения коэффициентов приведения на пересечении или примыкании в ходе эксперимента регистрировался временной интервал между моментом прохождения последовательными автомобилями линии пересечения. Как показала статистическая обработка данных по каждой категории автомобилей, распределение временных интервалов между автомобилями при рассасывании очереди на примыканиях и пересечениях подчиняется нормальному закону. Выравнивание статистических рядов проводилось при условии сохранения математического ожидания и дисперсии. Оценка согласованности теоретического и статистического распределений интервалов между автомобилями выполнялось по критерию А.А. Колмогорова. Авторами установлено, что наиболее значимыми объективными факторами, влияющими на коэффициент приведения, являются габариты, тормозная и тяговая динамика транспортного средства, целесообразно нормирование этих коэффициентов приведения унифицировать с отечественными и международными нормативными документами, определяющими эффективность торможения и других параметров технического состояния и соответствующую классификацию по категориям, в частности с соответствующим проектом ГОСТ. Авторы предлагают для расчетов по организации дорожного движения необходимо ориентироваться на характеристики транспортного потока, соответствующие пропускной способности полосы движения и поэтому определять значения применительно к скоростному режиму 50 км/ч.

Ключевые слова: автомобильная дорога, безопасность, скорость движения, транспортный поток, динамический габарит

## PILOT STUDY OF COEFFICIENT OF REDUCTION ON CROSSINGS AND ADJUNCTIONS OF FOREST HIGHWAYS

Dorokhin S.V., Skrypnikov A.V., Smirnov M.Y.

Voronezh State Academy of Forestry Engineering (394087, Voronezh, Timiryazeva, 8) [rivelenasoul@mail.ru](mailto:rivelenasoul@mail.ru);

Voronezh state university of engineering technologies (394036, Voronezh, Revolution Avenue, 19) [skrypnikovvsafe@mail.ru](mailto:skrypnikovvsafe@mail.ru);

Volga State University of Technology (424000, Republic of Mari El, Yoshkar-Ola, Lenin Square, 3) [rivelenasoul@mail.ru](mailto:rivelenasoul@mail.ru)

The purpose of a pilot study was determination of real coefficients of reduction of cars at the movement on crossing or an adjunction. For determination of coefficients of reduction on crossing or an adjunction during experiment the time interval between the passing moment consecutive cars of the line of crossing was registered. As statistical data processing on each category of cars showed, distribution of time intervals between cars at dissolution of turn on adjunctions and crossings submits to the normal law. Alignment of statistical ranks was carried out on condition of preservation of a population mean and dispersion. An assessment of coherence of theoretical and statistical distributions of intervals between cars it was carried out by A.A. Kolmogorov's criterion. By authors it is established that the most significant objective factors influencing reduction coefficient are dimensions, brake and traction dynamics of the vehicle, it is expedient to unify rationing of these coefficients of reduction with the domestic and international normative documents defining efficiency of braking and other parameters of technical condition and the corresponding classification by categories, in particular with the state standard specification corresponding project. Authors offer for calculations for the organization of traffic it is necessary to be guided by the characteristics of a transport stream corresponding to lane capacity and therefore to define values in relation to the high-speed mode of 50 km/h.

Keywords: highway, safety, movement speed, transport stream, dynamic dimension

Целью экспериментального исследования являлось определение реальных коэффициентов приведения автомобилей при движении на пересечении или примыкании.

Для определения коэффициентов приведения на пересечении или примыкании в ходе эксперимента регистрировался временной интервал между моментом прохождения последовательными автомобилями линии пересечения.

Полученные данные группировались по выбранным категориям автомобилей: легковые, грузовые категории  $N_2$ , грузовые категории  $N_3$ , автопоезда категории  $N_3$ , автобусы  $M_3$ . С целью получения более достоверных результатов, значения интервалов первых трех пар автомобилей в пачке не учитывались, так как поток насыщения в этом случае еще не является установившемся.

Как показала статистическая обработка данных по каждой категории автомобилей, распределение временных интервалов между автомобилями при рассасывании очереди на примыканиях и пересечениях подчиняется нормальному закону. Параметры законов распределения для каждой категории автомобилей представлены в таблице 1, при этом приняты следующие обозначения:

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение интервала, с;

$P(\lambda)$  – вероятность согласования теоретического и статистического распределения.

Таблица 1

Параметры законов распределения интервалов между автомобилями

Категория автомобиля		Интервал, с	$\sigma$	$P(\lambda)$
Легковой	$M_1$	$1,9 \pm 0,7$	0,38	0,71
Грузовой	$N_2$	$3,1 \pm 1,1$	0,58	0,86
Грузовой	$N_3$	$3,6 \pm 1,5$	0,74	0,9
Автопоезд	$N_2$	$3,7 \pm 1,7$	0,88	0,52
Автопоезд	$N_3$	$4,4 \pm 1,7$	0,87	0,78
Автобус	$M_3$	$3,7 \pm 1,9$	0,94	0,91

Выравнивание статистических рядов проводилось при условии сохранения математического ожидания и дисперсии. Оценка согласованности теоретического и статистического распределений интервалов между автомобилями выполнялось по критерию А.А. Колмогорова. Гистограммы и выравнивающие кривые распределений интервалов между автомобилями определенных категорий показаны на рисунках 1-7.

Коэффициент приведения данной категории к легковому автомобилю определяется, в

случае движения на пересечении или примыкании, по формуле

$$K = \frac{m_i}{m_{\text{Л}}} \quad (3.24)$$

где  $m_i$  – математическое ожидание временного интервала между автомобилями данной категории, с;

$m_{\text{Л}}$  – математическое ожидание временного интервала между легковыми автомобилями, с.

Значения коэффициентов приведения, полученные путем обработки результатов экспериментальных исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

Значения коэффициентов приведения автомобилей при движении через пересечения

Категория автомобиля		Коэффициент приведения
Грузовой	$N_2$	1,6
Грузовой	$N_3$	1,8
Автопоезд	$N_2$	2,0
Автопоезд	$N_3$	2,3
Автобус	$M_3$	2,0

Анализ имеющихся публикаций, теоретическое и экспериментальные исследования вопроса приведения смешанного транспортного потока к условному «эквивалентному» потоку легковых автомобилей, выполнение в рамках данного исследования, показывают, что он является значительно более сложным, чем это может показаться на первый взгляд.

Нужно отметить, что углубление в этот вопрос позволяет, прежде всего, отметить необходимость использования понятия эквивалентного (приведенного) потока, в чем некоторыми специалистами вообще выражается сомнение.



Рисунок 1. Распределение интервалов между легковыми автомобилями: 1- гистограмма; 2 – теоретическое распределение

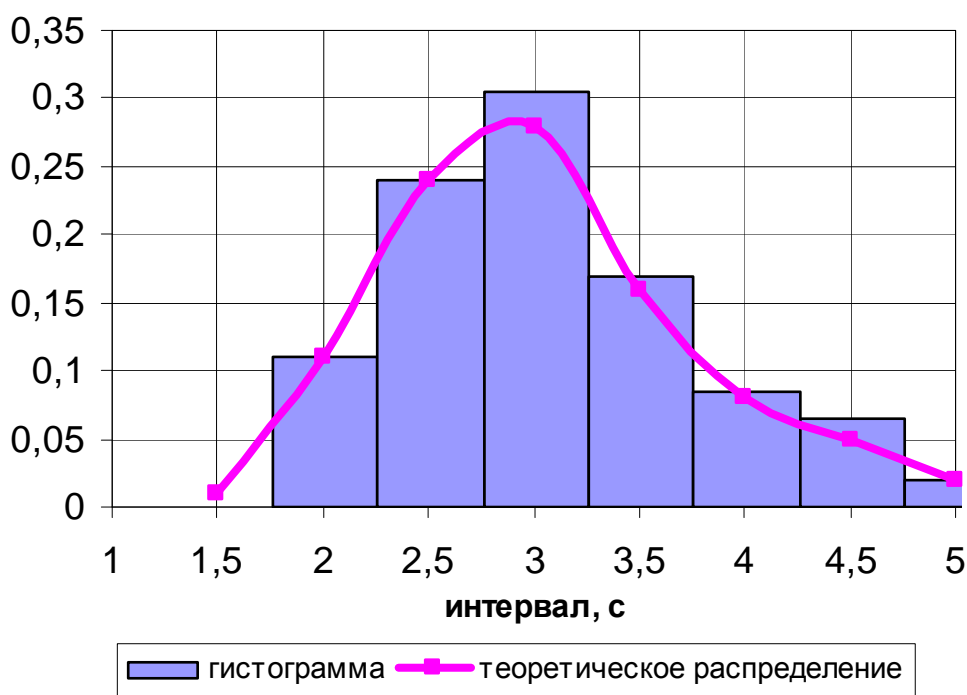


Рисунок 2. Распределение интервалов между грузовыми автомобилями (ЗИЛ-130)  
 $N_2$ : 1 – гистограмма; 2 – теоретическое распределение

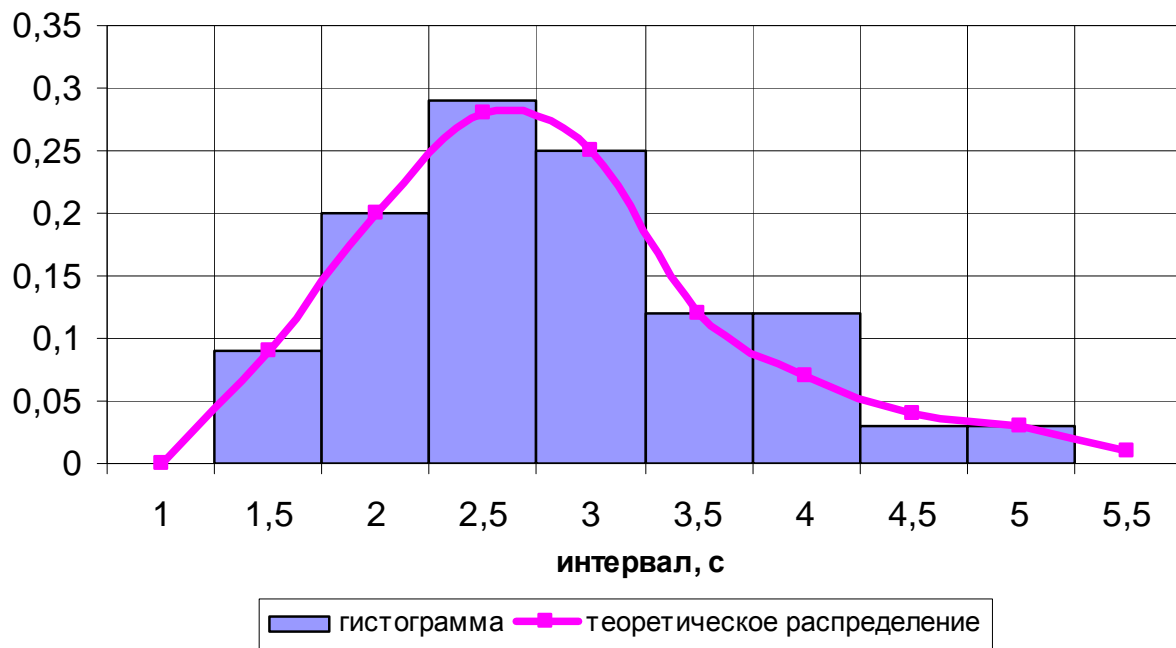


Рисунок 3. Распределение интервалов между грузовыми автомобилями (МАЗ, КРАЗ) категории  $N_3$ : 1 – гистограмма; 2 – теоретическое распределение

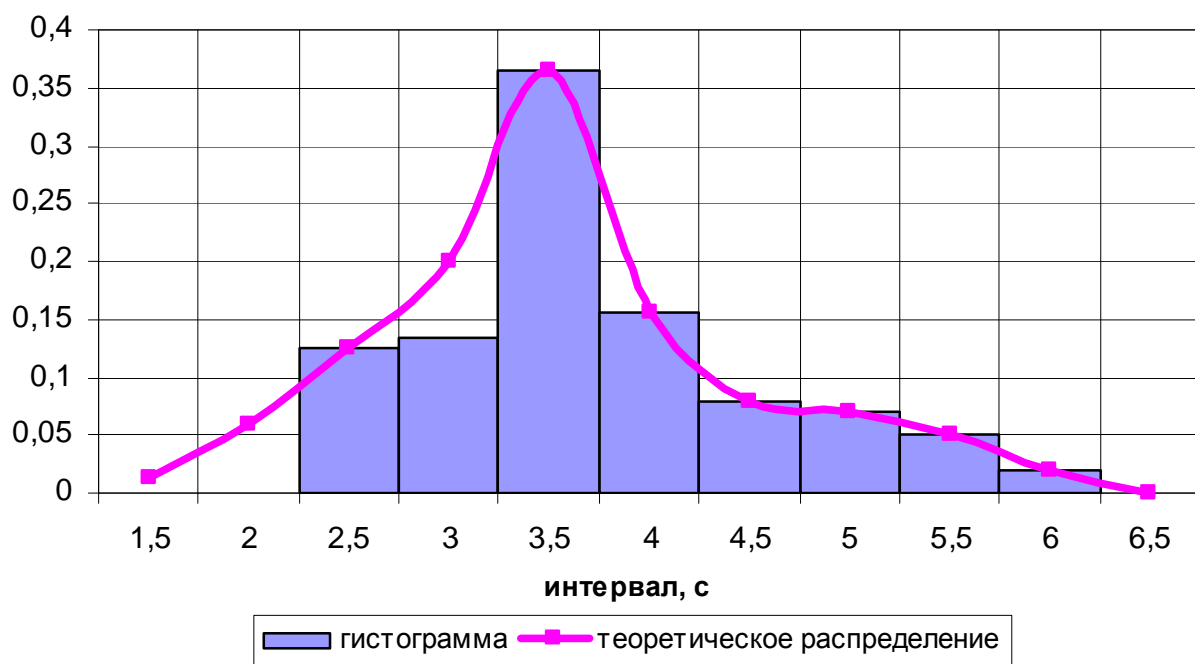


Рисунок 4. Распределение интервалов между автопоездами категории  $N_2$ : 1 – гистограмма; 2 – теоретическое распределение

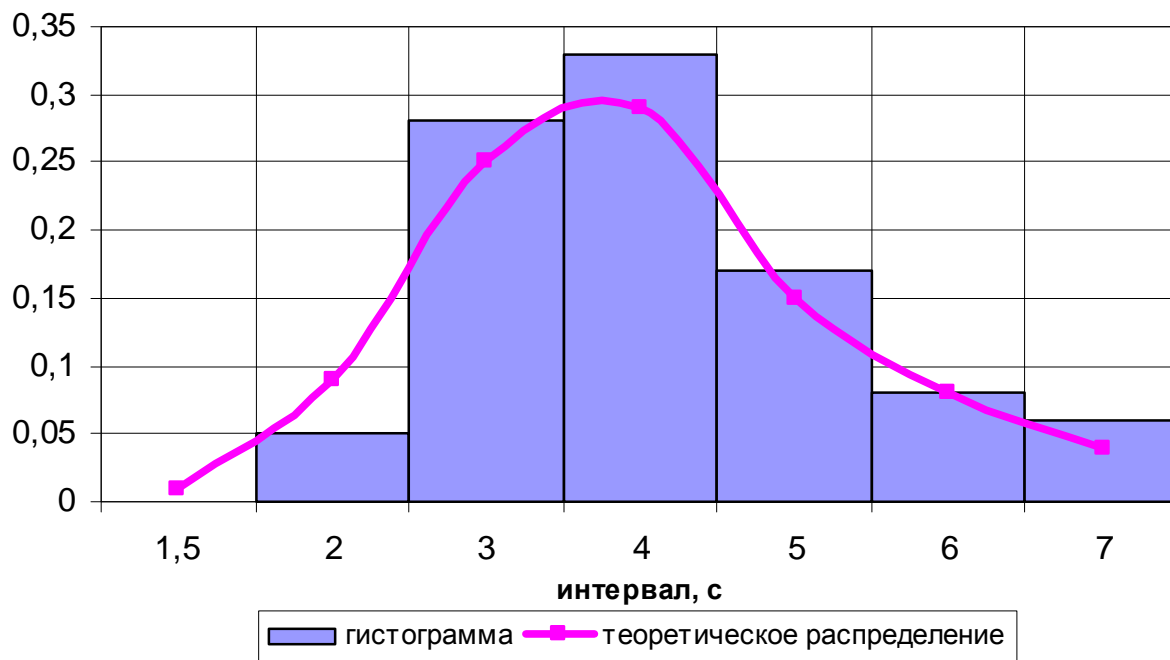


Рисунок 5. Распределение интервалов между автопоездами категории  $N_3$ : 1 – гистограмма; 2 – теоретическое распределение

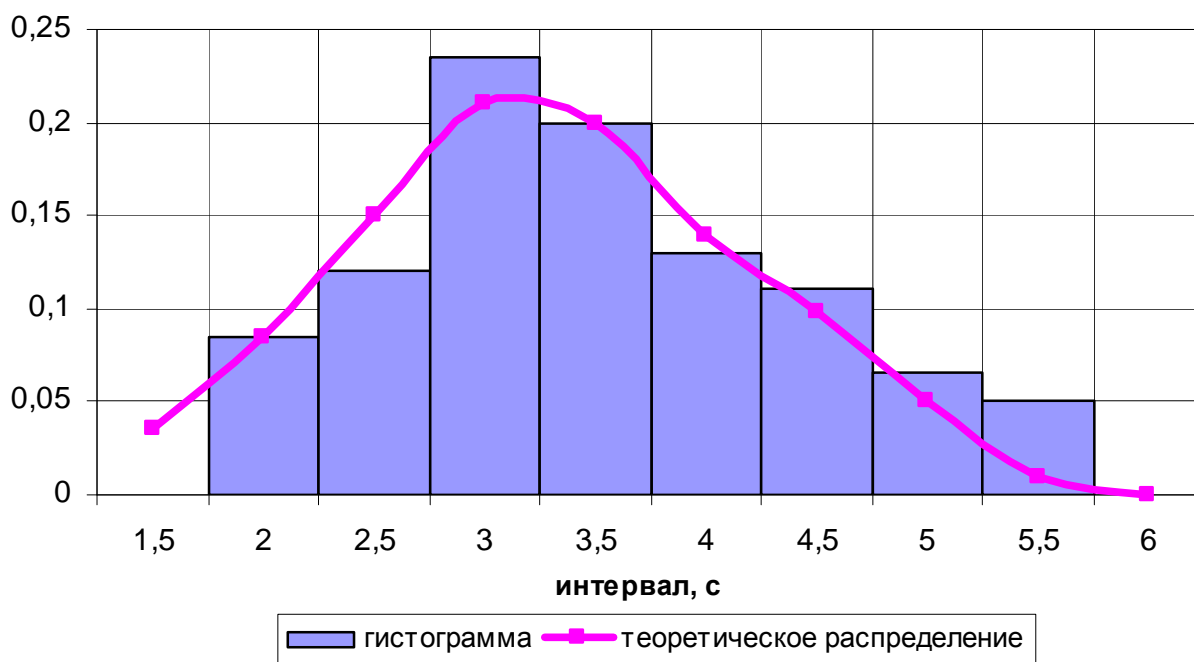


Рисунок 6. Распределение интервалов между автобусами категории  $M_3$ : 1 – гистограмма; 2 – теоретическое распределение

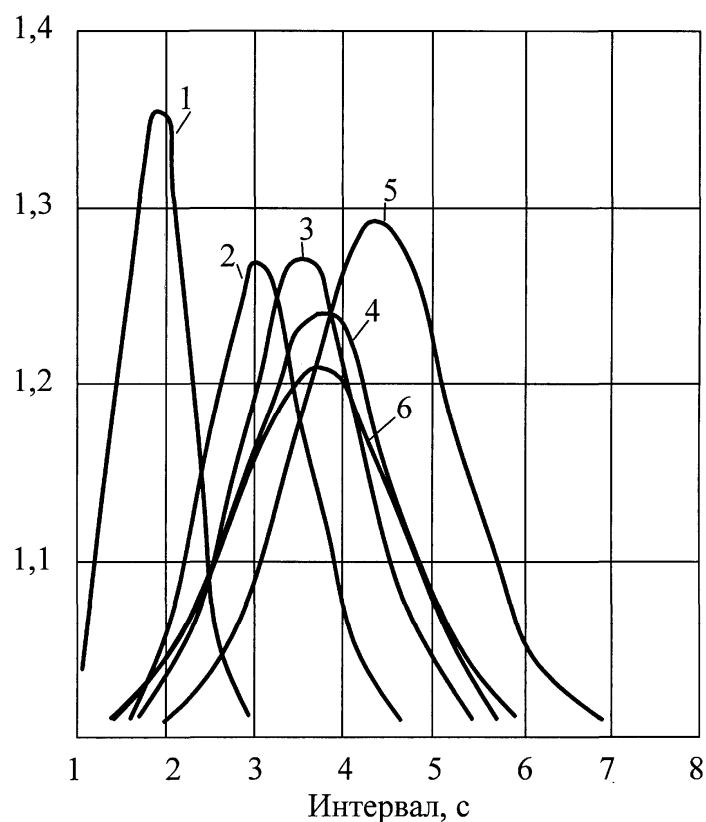


Рисунок 7. Распределение интервалов между автомобилями (1 – легковые; 2 – грузовые категории  $N_2$ ; 3 – грузовые категории  $N_3$ ; 4 – автопоезда категории  $N_2$ ; 5 – автопоезда категории  $N_3$ ; 6 – автобусы категории  $M_3$ )

Задача состоит в том, чтобы определить, какой участок дороги занимает то или иное транспортное средство при движении с определенной установившейся скоростью, или каков динамический габарит автомобиля, определяющий наибольшую допустимую (по условию безопасности) плотность потока при максимальной интенсивности соответствующей пропускной способности полосы движения.

Рассматриваемый вопрос представляет интерес, прежде всего, при решении задач определения пропускной способности на магистралях. Сложность заключается, прежде всего, в том, что на величину фактического динамического габарита  $L_d$  оказывает влияние большее число субъективных и объективных факторов и их сочетание создает широкий спектр конкретных значений  $K_p$ , которые и выявились при натуральных исследованиях. Даже теоретические исследования показывают, что величина  $K_p$  для данного автомобиля, например, ЗИЛ-130, если его рассчитать с учетом наиболее существенных факторов, не может быть выражена однозначно, а должна представлять собой набор характеристик. Если отбросить также субъективные факторы как время реакции конкретного водителя (точнее его субъективную оценку своего времени реакции), точность оценки расстояния, тормозных

свойств своего автомобиля и вероятностной оценки необходимости экстренного торможения, можно указать, прежде всего, на два главных объективных фактора, определяющих расчетную величину дистанции безопасности ( $L_d$ ):

- тип и тормозная характеристика движущегося впереди автомобиля (то есть «лидера»);
- степень загрузки лидера (если это грузовой автомобиль).

Так как тормозная динамика при этом заметно изменяется. Так если груженный ЗИЛ-4331 следует за таким же автомобилем, то при скорости 60 км/ч достаточно дистанция около 29 м (динамический габарит 36 м). Если же ЗИЛ-4331 следует за легковым автомобилем типа Lada Granta, то дистанция должна быть увеличена до 41 м (динамический габарит 40 м), соответственно изменяется почти на 30 %.

Очевидно, что оперировать в практических задачах набором коэффициентов приведения для одного типа автомобиля (в зависимости от того за каким и в каком состоянии по нагрузке он следует) бесперспективно. Поэтому следует остановиться на усредненных коэффициентах, причем рассматриваемая на «худший» вариант по сочетанию лидера и ведомого, а именно случая, когда груженный грузовой автомобиль следует за легковым.

Из факторов, объективно влияющих на  $K_p$ , первостепенное значение имеет тормозная динамика. В связи с этим определение следует унифицировать с нормами тормозной динамики, а не разделять просто по величине грузоподъемности, как это сделано в СНИП-60-75 и других нормативных документах. Следует также заметить, что при натурных наблюдениях разделение по грузоподъемности всех автомобилей сложно (а по степени нагруженности иногда и невозможно). А так как, прежде всего, приходится применять при обработке натурных наблюдений за транспортным потоком, это является дополнительным аргументом за то, что  $K_p$  следует назначать по группам автомобилей, а не для каждой модели, хотя теоретические расчеты позволяют назвать конкретные цифры для каждой модели автомобиля и его модификаций в составе автопоезда.

Резюмируя результаты работы надо отметить одну из главных трудностей при проведении натурных наблюдений – это случайный процесс формирования смешанного транспортного потока и практическую невозможность наблюдать поток из одних марок ЗИЛ, МАЗ и т.д. В связи с этим, в натурных экспериментах приходилось обращаться к выборке соответствующих пар автомобилей из потока. Некоторые модели автомобилей, например КРАЗ, на лесовозных дорогах встречаются редко.

Полученные расчетные (теоретические) значения  $K_p$  и фактические наблюдаемые величины расходятся незначительно.

Здесь следует отметить, что для грузовых автомобилей в значительно меньшей мере



проявляется тенденция водителей, по мере роста интенсивности и скорости, занижать величину дистанции. Видимо это следует объяснить, во-первых, спецификой ходовых качеств и пневматического привода тормозов, не позволяющих водителем чувствовать себя столь уверенно в плотном транспортном потоке. Вероятно, сказывается и большая общая профессиональная осторожность водителей грузовых автомобилей.

Учитывая, что наиболее значимыми объективными факторами, влияющими на эквивалентный показатель (коэффициент приведения) являются габариты, тормозная и тяговая динамика транспортного средства, целесообразно нормирование этих коэффициентов приведения унифицировать с отечественными и международными нормативными документами, определяющими эффективность торможения и других параметров технического состояния и соответствующую классификацию по категориям ( $M_1, M_2, M_3, N_1, N_2, N_3$ ), в частности с соответствующим проектом ГОСТ.

Для расчетов по организации дорожного движения необходимо ориентироваться на характеристики транспортного потока, соответствующие пропускной способности полосы движения и поэтому определять значения применительно к скоростному режиму (50 км/ч).

### Список литературы

1. Камусин А.А., Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В. Лесовозные автопоезда: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов, магистров и бакалавров направления 250400 "Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств" по профилю "Лесоинженерное дело"; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждения высш. проф. образования "Московский гос. ун-т леса". – М., 2012. – 268 с.
2. Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В., Скрыпников А.В. Критерии качества управления светофорной сигнализацией // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного комплекса: межвузовский сборник научных статей. – Воронеж: «ВГЛТА», 2007. – С. 179-181.
3. Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В., Скрыпников А.В., Сухов Д.Ю. Имитационное моделирование транспортного потока для оценки транспортно-эксплуатационных характеристик лесовозных автомобильных дорог // Системы управления и информационные технологии. – Воронеж, 2008. - № 3.2 (33). – С. 276-278.
4. Кондрашова Е.В., Скрыпников А.В., Курьянов В.К. Оценка влияния эксплуатационных условий лесовозных автопоездов на безопасность их движения в САПР // Лес. Наука. Молодежь ВГЛТА - 2002: сб. материалов по итогам научно-исследовательской работы молодых

ученых Воронежской государственной лесотехнической академии за 2001-2002 годы. – Воронеж: ВГЛТА. – Воронеж, 2002. – С. 175-181.

5. Кондрашова Е.В., Скрыпников А.В., Скворцова Т.В. Модель определения экономических границ зон действия поставщиков материалов в условиях вероятностного характера дорожного строительства лесовозных автомобильных дорог // *Фундаментальные исследования*. 2011. - № 8-2. – С. 379-385.

6. Курьянов В.К., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В., Скрыпников А.В. Пропускная способность регулируемого перекрестка // *Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте: межвузовский сборник научных трудов / под ред. В.И. Посметьева*. – Воронеж, 2007. – С. 201-203.

7. Курьянов В.К., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В., Скрыпников А.В. Управление, основанное на средних характеристиках транспортного потока // *Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте: межвузовский сборник научных трудов. / под ред. В.И. Посметьева*. – Воронеж, 2007. – С. 204-209.

8. Курьянов В.К., Рябова О.В., Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В. Условия труда водителей автомобилей. Профессиональный отбор // *Проблемы и перспективы лесного комплекса: материалы межвузовской научно- практической конференции*. – Воронеж, 2005. – С. 234-237.

9. Курьянов В.К., Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В. Комплексное моделирование процесса функционирования автомобильных лесовозных дорог в САПР.– Деп. В ВИНТИ № 1088-В2004 24.06.2004. – 73 с.

10. Курьянов В.К., Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В. Рекомендации по проектированию элементов поперечного профиля на кривых в плане при движении автомобильных поездов // Деп. В ВИНТИ № 1450-В2002 07.08.2002. – 30 с.

11. Курьянов В.К., Скрыпников А.В., Скворцова Т.В., Кондрашова Е.В. Автоматизированный расчет загрязнения атмосферы токсичными компонентами отработанных газов // Деп. В ВИНТИ № 561-В2003 28.03.2003. – 32 с.

12. Курьянов В.К., Скрыпников А.В., Скворцова Т.В., Кондрашова Е.В. Математическая обработка результатов полевых измерений при нивелировании для оценки транспортно-эксплуатационных качеств лесовозных автомобильных дорог. – Деп. В ВИНТИ № 248-В2005 21.02.2005. – 19 с.

13. Логачев В.Н., Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В. Математическая модель процессов загрязнения почв и растений придорожной полосы лесных автомобильных дорог // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2012. - № 2. – С. 121.

14. Рябова О.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В., Скрыпников А.В. Оценка и прогнозирование экологического состояния придорожной полосы в зимний период. – Деп. В ВИНТИ № 1404-B2005 31.10.2005. – 67 с.
15. Рябова О.В., Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В. Расчет экономической эффективности схем организации работ по зимнему содержанию автомобильных дорог при оценке транспортно-эксплуатационных свойств в системе автоматизированного проектирования. – Деп в ВИНТИ № 1316-B2005 14.10.2005. – 35 с.
16. Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В. Алгоритм поиска оптимального транспортного плана с оптимизацией вывозки лесопродукции // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. - № 9. – С. 34-41.
17. Скрыпников А.В., Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В. Комплексное моделирование процесса функционирования дороги в системе автоматизированного проектирования // Транспорт Урала. – 2008. - № 4. – С. 6-9.

**Рецензенты:**

Яковлев К.А., д.т.н., доцент кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», г. Воронеж;

Кондрашова Е.В., д.т.н., профессор кафедры технического сервиса и технологии машиностроения ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж.