УДК 656.1/.5

© О. В. Щербакова, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: w.olga.v_ne@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-3-265-272

© O. V. Shcherbakova, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: w.olga.v_ne@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЕТА УСТАНОВИВШЕГОСЯ ЗАМЕДЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОПОЕЗДА ПО ТОРМОЗНОМУ СЛЕДУ

IMPROVING THE CALCULATION OF THE ROAD-TRAIN STEADY DECELERATION BY THE LENGTH OF THE BRAKING PATH

Представлены актуализированные значения установившегося замедления при определении скорости движения автопоезда по следам тормозного юза на основании оценки технического состояния рабочей тормозной системы ТС в составе тягача Scania R 114 LA 4×2 LA 340 SLA VIN № 9BSR4X20003592673 и полуприцепа Schmitz Cargobull SPR 24 VIN № WSM00000003146303 по оценочным показателям эффективной работы тормозной системы по результатам проведенных исследований на новом тормозном роликовом стенде IW 7 Eurosystem.

Ключевые слова: автопоезд, стендовые испытания, роликовый тормозной стенд, рабочая тормозная система, скорость движения, следы тормозного юза, установившееся замедление, техническое состояние.

The paper presents the updated values of the steady deceleration at determining the road-train speed by the length of the braking path. The study uses the results of evaluation of the technical condition of the vehicle braking system of the R 114 LA 4×2 LA 340 SLA VIN no. 9BSR4X20003592673 Scania tractor unit and the Schmitz Cargobull SPR 24 VIN no. WSM00000003146303 semi-trailer. The operation of the brake system is assessed by results of the research conducted at the new IW 7 Eurosystem brake roller tester.

Keywords: road train, bench tests, roller brake tester, operation braking system, traveling speed, braking path, steady deceleration, technical condition.

Поведение автопоезда является менее определенным, чем одиночного транспортного средства (ТС) ввиду конструктивных особенностей (сочлененно соединенных звеньев), его значительного веса и габаритов, а также более низких тормозных свойств, управляемости и устойчивости. Во время движения прицепное звено постоянно отклоняется в стороны от траектории движения автомобиля-тягача, что повышает опасность при совершении маневра, действие тормозов тягача и звеньев автопоезда асинхронное, вследствие чего происходит или накатывание полуприцепа на тягач, или растяжение автопоезда, на определенных скоростях возникают поперечные колебания в горизонтальной плоскости, дополнительные движения происходят в точке сцепки.

Если значение тормозной силы не превышает условий, при которых наступает торможение ко-

лес юзом, движение автопоезда, в том числе в повороте, при торможении будет управляемым. Если тормозная сила превышает силу сцепления, колеса блокируются, происходит юз и шины скользят по опорной поверхности, это приводит к складыванию автопоезда. В случае если происходит юз колес передней оси или колес тягача со стороны внешнего радиуса поворота, что приводит к складыванию автопоезда. Причиной возникновения нарушения устойчивости при торможении автомобиля в горизонтальной плоскости могут быть различные силы сцепления с дорожным покрытием с правой и левой стороны автомобиля, как следствие, тормозная сила на колесах правой и левой стороны автомобиля будет неодинаковой, что повлечет появление поворачивающего момента. Наступление юза колес ввиду резкого снижения коэффициента сцепле-

ния колес с дорогой неравномерно по бортам автопоезда, выезда одной стороной на гололед, сухой песок или мокрый участок дороги также приводит к складыванию автопоезда. Резкое затормаживание тягача при наезде на препятствие, столкновении с изменением траектории движения тягача относительно траектории движения полуприцепа ввиду действия значительных инерционных сил также ведет к складыванию автопоезда.

Учитывая вышеизложенное, необходимо рассчитывать установившееся замедление на основе эффективности работы рабочей тормозной системы (РТС) современного ТС по оценочным показателям тормозных свойств ТС, установленным ГОСТ Р 51709–2001 для стендовых испытаний. Отсюда получается [1, 5, 6]:

$$j_{\text{уст}} = \frac{\sum_{\text{тор}}}{G_a} g, \quad (1)$$

где $j_{\text{уст}}$ — установившееся замедление, м/с²; $P_{\text{тор}}$ — тормозные силы автопоезда, Н; G_a — вес автопоезда, кг.

Принимая во внимание (1), расчет актуальных значений установившегося замедления необходимо выполнять на основе технически исправной тормозной системы современного ТС, оборудованного современными системами электронной безопасности.

Таким образом, автором были выполнены исследования и измерены оценочные показатели тормозных свойств автопоезда Scania R 114 LA 4x2 LA 340 SLA VIN № 9BSR4X20003592673 и полуприцепа Schmitz Cargobull SPR 24 VIN № WSM00000003146303 на новом тормозном стенде IW 7 Eurosystem. Оценка эффективности работы РТС ТС по требованиям ГОСТ Р 51709–2001 «Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки» показала, что РТС исследуемого автопоезда находится в исправном состоянии. Для выведения соответствующих уравнений регрессии и расчета установившегося замедления ТС автором взяты данные эксперимента с участием вышеуказанного автопоезда в снаряженном состоянии, представленные в табл. 1–2.

Построение уравнений линейной регрессии начинается с решения вопросов отбора факторов и выбора типа уравнения регрессии [9].

Основная цель уравнений регрессии — построить модель с большим числом факторов, определив при этом влияние каждого из них в отдельности, а также совокупное их воздействие на моделируемый показатель.

Факторы, влияющие на установившееся замедление, — это тормозная сила и вес автопоезда, в связи с чем выбран следующий тип линейной модели — уравнение параболической регрессии [9]:

$$Y = f(x) = a \cdot x^2 + b \cdot x + c, \quad (2)$$

где $X = X(X_1, X_2, \dots, X_m)$ — вектор независимых (объясняющих) переменных; b — эмпирические коэффициенты регрессии; Y — зависимая (объясняемая) переменная.

В соответствии с выбранной моделью уравнения регрессии для нахождения ее параметров использован метод наименьших квадратов и составлена система нормальных уравнений для полинома второй степени (параболы) [9]:

$$\begin{cases} a \cdot n + b \sum x + c \sum x^2 = \sum y \\ a \sum x + b \sum x^2 + c \sum x^3 = \sum x \cdot y \\ a \sum x^2 + b \sum x^3 + c \sum x^4 = \sum x^2 \cdot y. \end{cases}$$

Решив представленную систему уравнений, определим параметры уравнения регрессии:

$$a_2 = -0,000213, a_1 = 0,107, a_0 = -0,0113.$$

Таким образом, уравнение параболической регрессии установившегося замедления для автопоезда со снаряженной массой определено следующей функцией:

$$y = -0,000213x^2 + 0,107x - 1,257.$$

С целью подтверждения адекватности и применимости линейных параболических уравнений регрессии по результатам проведенного эксперимента, необходимо выполнить их оценку и математическое обоснование.

Вычислим среднюю ошибку аппроксимации этой функции [9]:

$$A = \frac{\sum |y_i - y(x)| : y_i}{n} 100 \%; \quad (3)$$

$$A = \frac{0,0132}{10} 100 \% = 0,13 \%.$$

Показатель $A = 0,05 \%$ близок к нулю, что показывает высокую точность уравнения параболической регрессии.

Эмпирическое корреляционное отношение η вычисляется для всех форм связи и служит для измерения тесноты зависимости. Изменяется оно

Таблица 1

Значения параметров тормозной силы x в зависимости от времени

Тип ТС	Точка измерения	Тормозная сила x , кН									
Тягач Scania R 114 LA 4x2 LA 340 SLA	Левое колесо передней оси	18,93	19,23	19,77	19,23	18,98	18,79	18,68	18,64	18,62	18,62
	Правое колесо передней оси	18,43	18,66	18,76	18,70	18,55	18,43	18,00	17,79	17,68	17,32
	Левое колесо задней оси	9,82	10,11	11,12	11,08	11,03	11,00	10,78	10,60	10,50	10,43
	Правое колесо задней оси	11,50	11,54	11,63	11,50	11,42	11,21	11,03	10,98	10,86	10,54
Полуприцеп Schmitz Cargobull SPR 24	Левое колесо задней оси	3,78	3,78	4,16	4,15	4,13	4,10	4,08	4,05	4,02	4,00
	Правое колесо задней оси	3,38	3,38	4,10	4,09	4,07	4,06	4,05	4,04	4,01	3,97

Таблица 2

Результаты расчетов параметров автопоезда при снаряженной массе

Измеряемые параметры	Тормозная сила x , кН									
	65,840	66,700	86,060	68,750	68,180	67,540	66,620	66,100	65,690	64,880
	Замедление y , м/с ²									
	4,884	4,947	6,400	5,099	5,057	5,010	4,941	4,903	4,872	4,812

в пределах [0; 1] [9]:

$$\eta = \sqrt{\frac{\sum (\bar{y} - y(x))^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}}; \quad (4)$$

$$\eta = \sqrt{\frac{1,966}{1,967}} = 1,$$

где $\sum (\bar{y} - y(x))^2 = 1,967 - 0,00115 = 1,966$.

В отличие от линейного коэффициента корреляции, он характеризует тесноту нелинейной связи и не характеризует ее направление.

Связи между признаками могут быть слабыми и сильными (тесными). Их критерии оцениваются по шкале Чеддока:

- 0,1 < η < 0,3 — слабая;
- 0,3 < η < 0,5 — умеренная;
- 0,5 < η < 0,7 — заметная;
- 0,7 < η < 0,9 — высокая;
- 0,9 < η < 1 — весьма высокая.

Полученная величина свидетельствует о том, что изменение временного периода x существенно влияет на y .

Определим коэффициент детерминации [9]:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - y(x))^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}; \quad (5)$$

$$R^2 = 1 - \frac{0,00115}{1,967} = 0,9994,$$

т. е. в 99,94 % случаев x влияет на изменение y . Другими словами, точность подбора уравнения тренда высокая. Следовательно, регрессионная модель соответствует модели данных, поскольку значение коэффициента детерминации близко к 1.

Определим при помощи метода Фишера надежность полученного уравнения регрессии на предмет возможности его использования для дальнейшего анализа и прогнозов. Проверка значимости модели регрессии проводится с использованием F -критерия Фишера [9]:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \frac{n - m - 1}{m}; \quad (6)$$

$$F = \frac{0,9994}{1 - 0,9994} \frac{10 - 2 - 1}{2} = 5987,7.$$

Находим из таблицы значений F -критерия Фишера его значения $F_{кр}(2; 7; 0,05) = 4,74$, где m — количество факторов в уравнении тренда ($m = 2$).

Поскольку $F > F_{кр}$, то коэффициент детерминации и в целом уравнение тренда статистически значимы. В данном случае установленная по

выборке связь между переменными уравнения регрессии имеется и в генеральной совокупности данных, из которой она получена. Выполненная выше оценка адекватности линейной модели показала высокую точность и целесообразность применения полученного уравнения параболической регрессии для расчета показателей установившегося замедления.

Полученные таким же методом линейные модели (параболические уравнения регрессии) для автопоезда с различной степенью загрузки представлены в табл. 3 и предназначены для вычисления установившегося замедления в зависимости от силы торможения при торможении автопоездов с пневматической РТС при любой степени загрузки ТС.

Рассчитанные значения установившегося замедления (табл. 4), полученные на основании данных результатов эксперимента, предлагается принимать в качестве актуализированных нормативных данных, отражающих реальную картину процесса торможения автопоезда, с более детальной разбивкой по возможной загрузке ТС, % — 0, 25, 50, 75, 100.

В качестве груза для разбивки по возможной загрузке ТС взяты листы стали марки 12Х18Н10Т толщиной 12 мм и размером 1500×3000 мм по рассчитанному коэффициенту использования грузоподъемности [13]:

$$K_{иг} = \frac{Q_{ф}}{Q_{н}}, \quad (7)$$

где $Q_{ф}$ — количество фактически перевозимого груза; $Q_{н}$ — номинальная грузоподъемность автомобиля.

Таблица 3

Уравнения регрессии параметров установившегося замедления автопоезда в зависимости от загрузки по результатам стендовых испытаний

Степень загрузки	Уравнение регрессии установившегося замедления автопоезда
Снаряженная масса автопоезда	$y = -0,000213x^2 + 0,107x - 1,257$
25 %	$y = 0,000002x^2 + 0,0484x + 0,0212$
50 %	$y = -0,000001x^2 + 0,0364x - 0,00892$
75 %	$y = -3,7 \cdot 10^{-7}x^2 + 0,029x - 0,0113$
100 %	$y = 0,000001x^2 + 0,0238x + 0,0289$

Определение корректирующего коэффициента k_{just} установившегося замедления при торможении автопоездов с пневматической РТС при любой степени загрузки ТС, в том числе для расчета скорости автопоездов, предшествующей столкновению при ДТП, предлагается определять по следующей методике:

1. В случае определения фактического значения установившегося замедления y_{ji} при исследовании или проведении эксперимента его следует сравнить с новыми нормативными значениями и при выполнении условия $y_{ji} > y_{jрасч}$ использовать полученное значение замедления в расчетах, а если условие не выполняется, то вводить в расчетную формулу скорости корректирующий нормативное значение коэффициент:

$$k_{just1} = \frac{y_{ji}}{y_{jрасч}}, \quad (8)$$

где y_{ji} — фактические значения установившегося замедления, полученные при исследовании или диагностировании параметров рабочих процессов ТС на стендах; $y_{jрасч}$ — новые оптимизированные нормативные значения установившегося замедления.

2. В случае невозможности провести необходимые исследования по определению фактического значения установившегося замедления по каким-либо причинам, необходимо использовать $y_{jрасч}$ и вводить его в формулу расчета скорости с корректирующим коэффициентом, вычисляемым следующим образом:

$$k_{just2} = \frac{y_{jрасч}}{j_c}, \quad (9)$$

где j_c — существующие нормативные справочные значения установившегося замедления.

Алгоритм определения значения установившегося замедления или корректирующих его коэффициентов в условиях задачи по определению скорости движения ТС, участвовавшего в ДТП, представлен на рисунке.

Предлагаемая методика определения установившегося замедления автопоезда категории N3+O4 является инструментом по устранению одного из несовершенств действующей методики определения скорости по тормозным следам юза и практики производства автотехнических экспертиз.

Исходя из этого, выполним расчет скорости движения ТС перед торможением с актуальными

Алгоритм определения значения установившегося замедления $j_{уст}$ или корректирующих его $k_{jуст1}$ и $k_{jуст2}$ в условиях задачи по определению скорости движения ТС, участвовавшего в ДТП

значениями установившегося замедления, представленными в табл. 4, и остановочного пути:

- скорость движения автопоезда, км/ч:

$$V_a = 1,8t_3j_{уст}k_{jуст1}k_{jуст2} + \sqrt{25,92j_{уст}k_{jуст1}k_{jуст2}(S_{ю} - Б)}, \quad (10)$$

где t_3 — время нарастания до максимального замедления, с; $k_{jуст1}, k_{jуст2}$ — коэффициенты установившегося замедления, учитывающие тормозную силу колес осей ТС и степень загрузки автомобиля; $S_{ю}$ — следы тормозного юза, м; Б — база ТС, м. $j_{уст}k_{jуст1}k_{jуст2}$ получаем согласно алгорит-

му, представленному на рисунке и в табл. 4, тогда

$$V_a = 1,8 \cdot 0,6 \cdot 6,4 + \sqrt{25,92 \cdot 6,4(32,25 - 11,25)} = 66 \text{ км/ч};$$

- остановочный путь для ТС, не оснащенных антиблокировочной системой, м:

$$S_o = (t_1 + t_2 + 0,5t_3) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{25,92j_{уст}k_{jуст1}k_{jуст2}}, \quad (11)$$

где t_1 — время реакции водителя, с; t_2 — время срабатывания привода тормозов РТС автопоезда, с;

Таблица 4

Результаты расчетов параметров торможения РТС автопоезда при различной степени загрузки

	Вес автомобиля при загрузке с разницей $K_{иг}$				
	Снаряженная масса	Частичная загрузка			Полная масса
		25 %	50 %	75 %	
Суммарная тормозная сила автопоезда, кН	86,060	128,318	275,560	212,489	254,579
Установившееся замедление автопоезда, м/с ²	6,4	6,3	6,2	6,1	6,1

Примечание: представленные результаты получены при расчете с использованием максимальных значений тормозной силы автопоезда в процессе выполнения стендовых испытаний.

Таблица 5

Результаты исследования скорости движения автопоезда при ДТП

Показатели	Загрузка ТС	Существующая методика	Разработанная методика	Отличие, %
Скорость исправного ТС V_a , км/ч	Снаряженная масса	61	66	+7,6
Остановочный путь S_o , м		54,9	57,4	+4,4
Скорость исправного ТС V_a , км/ч	Полная масса	54,4	64,2	+15,3
Остановочный путь S_o , м		51,1	56,4	+9,4

$$S_o = (1,2 + 0,2 + 0,5 \cdot 0,6) \frac{66}{3,6} + \frac{66^2}{25,92 \cdot 6,4} = 57,4 \text{ м.}$$

Выполним расчет тех же параметров по старой методике согласно зависимостям (12) и (13):

- скорость движения автопоезда, км/ч:

$$V_a = 1,8 t_{3j_{уст}} + \sqrt{26 j_{уст} (S_{ю} - B)};$$

$$V_a = 1,8 \cdot 0,6 \cdot 5,5 + \sqrt{25,92 \cdot 5,5 (32,25 - 11,25)} = 61 \text{ км/ч};$$

- остановочный путь для ТС, м:

$$S_o = (t_1 + t_2 + 0,5 t_3) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 j_A}; \quad (13)$$

$$S_o = (1,2 + 0,2 + 0,5 \cdot 0,6) \frac{61}{3,6} + \frac{61^2}{25,92 \cdot 5,5} = 54,9 \text{ м.}$$

Теперь выполним расчет тех же параметров по новой методике (зависимости (10) и (11)) при 100%-ной загрузке автопоезда:

- скорость движения автопоезда:

$$V_a = 1,8 \cdot 0,6 \cdot 6,1 + \sqrt{25,92 \cdot 6,1 (32,25 - 11,25)} = 64,2 \text{ км/ч};$$

- остановочный путь для ТС:

$$S_o = (1,2 + 0,2 + 0,5 \cdot 0,6) \frac{64,2}{3,6} + \frac{64,2^2}{25,92 \cdot 6,1} = 56,4 \text{ м.}$$

Выполним расчет тех же параметров по старой методике:

- скорость движения автопоезда:

$$V_a = 1,8 \cdot 0,6 \cdot 4,5 + \sqrt{25,92 \cdot 4,5 (32,25 - 11,25)} = 54,4 \text{ км/ч};$$

- остановочный путь для ТС:

$$S_o = (1,2 + 0,2 + 0,5 \cdot 0,6) \frac{54,4}{3,6} + \frac{54,4^2}{25,92 \cdot 4,5} = 51,1 \text{ м.}$$

Вышепредставленные значения скорости движения и остановочного пути автопоезда показывают, что современные ТС имеют более высокие параметры движения, в том числе оценочные показатели эффективности работы РТС. При обобщении результатов исследования скорости движения автопоезда при ДТП, представленных в табл. 5, данный факт подтверждается не только теоретически и экспериментально, но и расчетами. Приведенные расчеты скорости движения с различными нагрузками автопоезда показывают отрицательное влияние от использования неактуальных данных установившегося замедления для автопоездов категории N3+O4, утвержденных Федеральным бюджетным учреждением Российского федерального центра судебной экс-

пертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации для автопоездов, производство которых начато после 01.01.1981, одобренных 24 февраля 1995 года [10, 15].

Применение методики повышения оценки достоверности определения скорости движения транспортного средства категории N3+O4 по результатам стендовых испытаний на практике подтвердило ее высокую практическую значимость полученными результатами расчетов. При расчете скорости движения автопоезда и его остановочного пути разница между значениями указанных показателей относительно существующей методики определения скорости по следам торможения составила 11,45 % для скорости движения и 6,9 % для остановочного пути автопоезда.

Представленным исследованием сделана попытка на примере усовершенствования расчетно-методического определения скоростей АТС категории N3+O4 по тормозным следам автопоезда внести посильную лепту в выполнение государственной цели по борьбе с аварийностью на автомобильном транспорте.

Библиографический список

1. Евтюков С. А., Васильев Я. В. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий / под общ. ред. С. А. Евтюкова. СПб.: ООО «Издательство ДНК», 2004. 288 с.
2. Евтюков С. А., Васильев Я. В. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: справочник. СПб.: ООО «Издательство ДНК», 2006. 536 с.
3. Евтюков С. А., Васильев Я. В. ДТП: Расследование, реконструкция и экспертиза. СПб.: ООО «Издательство ДНК», 2008. 390 с.
4. ГОСТ Р 51709–2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. М.: Изд-во стандартов, 2001. 27 с.
5. Литвинов А. С., Фаробин Я. Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. М.: Машиностроение, 1986. 240 с.
6. Судебная автотехническая экспертиза: пособие для экспертов-автотехников, следователей и судей. Ч. II. Теоретические основы и методика экспериментального исследования при производстве автотехнической экспертизы / под ред. В. А. Иларионова. М.: ВНИИСЭ, 1980. 492 с.

7. Пучкин В. А. и др. Оценка дорожной ситуации, предшествовавшей ДТП // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: сб. докл. 8-й междунар. конф. СПб., 2008. С. 359–363.

8. Об утверждении устава Федерального бюджетного учреждения российского федерального Центра судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации: Приказ Министерства юстиции Российской Федерации от 03.03.2014 № 49 (в ред. от 21.01.2016 № 10).

9. Надеждин Е. Н., Смирнова Е. Е. Эконометрика: учеб. пособие / под ред. Е. Н. Надеждина. Тула: АНО ВПО «ИЭУ», 2011. 176 с.

10. Григорян В. Г. Применение в экспертной практике параметров торможения автотранспортных средств: метод. рекомендации для экспертов. М.: ВНИИСЭ, 1995.

11. Постановление Правительства Российской Федерации от 06.10.1994 № 1133 «О судебно-экспертных учреждениях системы Министерства юстиции Российской Федерации».

12. Постановление Правительства Российской Федерации о Федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах» от 30.10.2012 № 1995-р.

13. Никифоров В. В. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок: учеб. пособие. М.: ГроссМедиа, 2008. 192 с.

14. Щукин М. М. Сцепные устройства автомобилей и тягачей: Конструкция, теория, расчет. М.; Л.: Машиностроение, 1961. 211 с.

15. Пучкин В. А. Основы экспертного анализа дорожно-транспортных происшествий: База данных. Экспертная техника. Методы решений. Ростов н/Д: ИПО ПИ ЮФУ, 2010. 400 с.

16. Щербакова О. В. Обоснование математической модели процесса соударения с целью разработки методики повышения оценки точности определения скорости движения автопоезда в начале опрокидывания на криволинейных траекториях // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 2 (55). С. 252–259.

17. Щербакова О. В. Анализ заключений автотехнических экспертиз по дорожно-транспортным происшествиям // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 2 (49). С. 160–163.

References

1. Evtukov S. A., Vasil'ev Ya. V. *Rassledovanie i ehkspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy* [Investigation and examination of the road traffic accidents]. Ed. by Evtukov S. A. St. Petersburg, DNK Publ., 2004, 288 p.

2. Evtyukov S. A., Vasil'ev Ya. V. *Ehkspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy. Spravochnik* [Examination of road traffic accidents. Reference book]. St. Petersburg, DNK Publ., 2006, 536 p.
3. Evtyukov S. A., Vasil'ev Ya. V. *DTP. Rassledovanie, rekonstruktsiya i ehkspertiza* [Road traffic accidents. Investigation, reconstruction and examination]. St. Petersburg, DNK Publ., 2008, 390 p.
4. GOST R 51709–2001. *Avtotransportnye sredstva. Trebovaniya bezopasnosti k tekhnicheskomu sostoyaniyu i metody proverki* [GOST P 51709–2001. Vehicles. Safety requirements to technical condition and control methods]. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 2001, 27 p.
5. Litvinov A. S., Farobin Ya. E. *Avtomobil': Teoriya ehkspluatatsionnykh svoystv* [Automobiles theory of operational properties]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1986, 240 p.
6. *Sudebnaya avtotekhnicheskaya ehkspertiza: posobie dlya ehkspertov-avtotekhnikov, sledovateley i sudey. Ch. II. Teoreticheskie osnovy i metodika ehksperimental'nogo issledovaniya pri proizvodstve avtotekhnicheskoy ehkspertizy* [Judicial auto-technical examination. Guidance for expert auto-technicians, investigators and judges. P. II. Theoretical bases and the technique of pilot study at conducting auto-technical examination]. Ed. by Ilarionov V. A. Moscow, VNIIEh Publ., 1980, 492 p.
7. Puchkin V. A. et al. *Otsenka dorozhnoy situatsii, predshestvovavshey DTP* [Assessment of the road situation preceding the road accident]. *Trudy 8-y mezhdunar. konf. «Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh»* [Proc. of the 8-th Int. conf. "Organization and traffic safety in the large cities"]. St. Petersburg, 2008, pp. 359–363.
8. *Ob utverzhdenii ustava Federal'nogo byudzhnogo uchrezhdeniya rossiyskogo federal'nogo Tsentra sudebnoy ehkspertizy pri Ministerstve yustitsii Rossiyskoy Federatsii: Prikaz Ministerstva yustitsii Rossiyskoy Federatsii ot 03.03.2014 no. 49 (v red. ot 21.01.2016 no. 10)*. [About the adoption of the Charter of Federal Budgetary Institution of The Russian Federal Center of Judicial Examination at the Ministry of Justice of the Russian Federation: The Order of the Ministry of Justice of the Russian Federation of 03.03.2014 no. 49 (in an edition of 21.01.2016 no. 10)].
9. Nadezhdin E. N., Smirnova E. E. *Ehkonometrika. Ucheb. posobie* [Econometrics. Teaching manual]. Ed. by Nadezhdin E. N. Tula, IEhU Publ., 2011, 176 p.
10. Grigoryan V. G. *Primenenie v ehkspertnoy praktike parametrov tormozheniya avtotransportnykh sredstv. Metod. rekomendatsii dlya ehkspertov* [Application in expert practice of vehicles braking parameters. Methodical recommendations for experts]. Moscow, VNIIEh Publ., 1995.
11. *Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 06.10.1994 no. 1133 «O sudebno-ehkspertnykh uchrezhdeniyakh sistemy Ministerstva yustitsii Rossiyskoy Federatsii»* [Resolution of the Government of the Russian Federation of 06.10.1994 no. 1133 "About judicial and expert institutions of the system of the Ministry of Justice of the Russian Federation"].
12. *Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii o Federal'noy tselevoy programme «Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v 2013–2020 godakh» ot 30.10.2012 no. 1995-r* [Resolution of the Government of the Russian Federation on the Federal target program "Increasing the traffic safety in 2013–2020" of 30.10.2012 no. 1995-r].
13. Nikiforov V. V. *Logistika. Transport i sklad v tsepi postavok. Ucheb. posobie* [Logistics. Transport and warehouse in the chain of deliveries. Teaching manual]. Moscow, GrossMedia Publ., 2008, 192 p.
14. Shchukin M. M. *Stepnye ustroystva avtomobiley i tyagachey. Konstruktsiya, teoriya, raschet* [Coupling units of vehicles and tractors. Design, theory, calculation]. Moscow, Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1961, 211 p.
15. Puchkin V. A. *Osnovy ehkspertnogo analiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy. Baza dannykh. Ehkspertnaya tekhnika. Metody resheniy* [Basics of the expert analysis of the road accidents. Database. Expert equipment. Methods of decisions]. Rostov-on-Don, IPO PI YuFU Publ., 2010, 400 p.
16. Shcherbakova O. V. *Obosnovanie matematicheskoy modeli protsessa soudareniya s tsel'yu razrabotki metodiki povysheniya otsenki tochnosti opredeleniya skorosti dvizheniya avtopoezda v nachale oprokidyvaniya na krivolinykh traektoriyakh* [Substantiation of the mathematical model of collision process for developing technique of increasing the accuracy of estimating the speed of the line-haul train at the beginning of overturning on curvilinear trajectory]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 2 (55), pp. 252–259.
17. Shcherbakova O. V. *Analiz zaklyucheniya avtotekhnicheskikh ehkspertiz po dorozhno-transportnym proissheshtviyam* [Analysis of the auto-technical examination reports on road traffic accidents]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2015, no. 2 (49), pp. 160–163.