

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2018-17-3-255-260>

УДК 625.725.724:625.096:656.1

Влияние вертикальной кривой на безопасность движения по автомобильной дороге

Канд. техн. наук, доц. Д. Д. Селюков¹⁾, инж. Н. В. Вишняков¹⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2018
Belarusian National Technical University, 2018

Реферат. Статья посвящена актуальной проблеме обеспечения безопасности движения на участках вертикальной кривой автомобильной дороги. Приведен анализ работ, выполняемых по проектированию, разбивке и устройству проектной линии автомобильной дороги. Проанализировано изменение скорости движения транспортного средства в зависимости от длины кривой и максимального продольного уклона проектной линии автомобильной дороги. Представлены статистические данные об аварийности в Республике Беларусь за ряд лет на участках кривых проектной линии автомобильных дорог. Дается сравнение разности отметок точки на параболе, вписываемой в перелом проектной линии автомобильной дороги двумя методами. Приведены погрешности: геодезических измерений в превышениях при разбивке дорожного покрытия; высотных отметок по оси покрытия при строительстве дорожного покрытия. Возникновение центробежной силы приводит к изменению сдвигающей и удерживающей сил. Превышение сдвигающей силы над удерживающей ведет к самопроизвольному скольжению в направлении вектора сдвигающей силы. На основе системно-функционально-деятельного детерминированного метода разработаны технические решения, которые защищены патентами на изобретения Республики Беларусь и обеспечивают безопасность проезда участков автомобильных дорог с таким видом кривых в продольном профиле. При строительстве и приемке дороги в эксплуатацию необходимо контролировать выносу элементов кривых в продольном профиле по результатам исполнительных съемок, а при эксплуатации – информировать водителя о безопасной скорости проезда по таким участкам.

Ключевые слова: автомобильная дорога, вертикальная кривая, скорость движения, центробежная сила, сдвигающая и удерживающая силы, безопасность движения

Для цитирования: Селюков Д. Д. Влияние вертикальной кривой на безопасность движения по автомобильной дороге / Д. Д. Селюков, Н. В. Вишняков // *Наука и техника*. 2018. Т. 17, № 3. С. 255–260. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2018-17-3-255-260>

Influence of Vertical Curve on Highway Traffic Safety

D. D. Selyukov¹⁾, N. V. Vishnyakov¹⁾

¹⁾Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The paper is devoted to a challenging problem of ensuring traffic safety on the sections of a highway vertical curve and it provides an analysis for works concerning design, lay-out and organization of a project roadway. A change in vehicle speed has been analyzed depending on the length of a curve and a maximum longitudinal slope of a project roadway. The paper presents statistical data about accidents in the Republic of Belarus for several years on the sections of curves pertaining to project roadways. Comparative analysis of difference between point marks on a parabola is given in the paper and the parabola is inscribed in the fracture of the project roadway while using two methods. The paper presents the following errors: geodetic measurements in excesses while laying out pavement, elevation points along pavement axis while making road pavement. Emergence of centrifugal force causes a change in shearing and holding forces. Excess of the shearing force on the holding one leads to spontaneous sliding in the direction of a shearing force vector. Technical solutions have been developed on the basis of systematic functional and active deterministic method. The solutions are protected by invention patents of the Republic of Belarus and they ensure safety passages of highway sections with this type of curves in a longitudinal profile. While constructing and accepting a road for operation it is necessary to control references of curve elements in the longitudinal

Адрес для переписки

Селюков Дмитрий Дмитриевич
Белорусский национальный технический университет
просп. Независимости, 150,
220013, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 369-93-63
d.selukov@bntu.by

Address for correspondence

Selukov Dmitry D.
Belarusian National Technical University
150 Nezavisimosty Ave.,
220013, Minsk, Republic of Belarus
Tel.: +375 17 369-93-63
d.selukov@bntu.by

profile according to the results of executive surveys and in case of operation it is necessary to inform a driver about a safety speed for a passage through such sections

Keywords: automobile road, vertical curve, speed, centrifugal force, shearing and holding forces, traffic safety

For citation: Selyukov D. D., Vishnyakov N. V. (2018) Influence of Vertical Curve on Highway Traffic Safety. *Science and Technique*. 17 (3), 255–260. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2018-17-3-255-260> (in Russian)

Состояние объекта исследования

Вертикальная кривая трассы – часть оси трассы проектируемого сооружения, представляющая собой кривую, лежащую в вертикальной плоскости и сопрягающая перелом продольного профиля при изменении уклона. При определении минимального радиуса вертикальной кривой предложены технический подход, подсчет объема земляных работ и разные критерии. Минимальный радиус вертикальной кривой определяют из условий:

- выпуклой – расчетная геометрическая видимость водителем поверхности дороги

$$R_{\text{вып}} = L^2/2h, \tag{1}$$

где L – расчетное расстояние видимости поверхности дороги; h – возвышение глаз водителя над покрытием дороги;

- вогнутой – видимость в темное время суток при свете фар и перегрузке рессор

$$R_{\text{вог}} = S^2/2(h_{\text{ф}} + S\sin\alpha), \tag{2}$$

где S – расчетное расстояние видимости при свете фар; $h_{\text{ф}}$ – возвышение центра фары над поверхностью дороги; α – угол распространения пучка лучей фар;

$$R_{\text{вог}} = v^2/b, \tag{3}$$

v – скорость движения, м/с; b – центробежное ускорение, м/с² [1, с. 92–94].

При определении минимального радиуса вертикальной кривой не учитывают:

- уменьшение сцепного веса транспортного средства при движении по выпуклой кривой;
- равенство сдвигающих и удерживающих сил, действующих на транспортное средство;
- влияние вертикальной кривой на аварийность [2, с. 44–106, 116–127];
- изменение радиуса кривизны и величины центробежной силы;
- зрительное восприятие водителя;
- повышение функциональной напряженности водителя;
- воздействие водителя на органы управления транспортным средством;
- снижение (повышение) скорости движения;
- причины возникновения дорожно-транспортного происшествия (ДТП).

На подходе к вертикальной кривой водитель приспособливает режим и скорость к предстоящим условиям дорожного движения в соответствии с длиной подъема (спуска) и величиной продольного уклона (рис. 1).

Возникновение, изменение и действие центробежной силы на транспортное средство зависят не только от признаков, учтенных законами физики:

$$C = mv^2/R = Gv^2/(127R), \tag{4}$$

где m – масса; v – скорость движения, м/с; R – радиус круговой кривой; G – вес автомобиля.

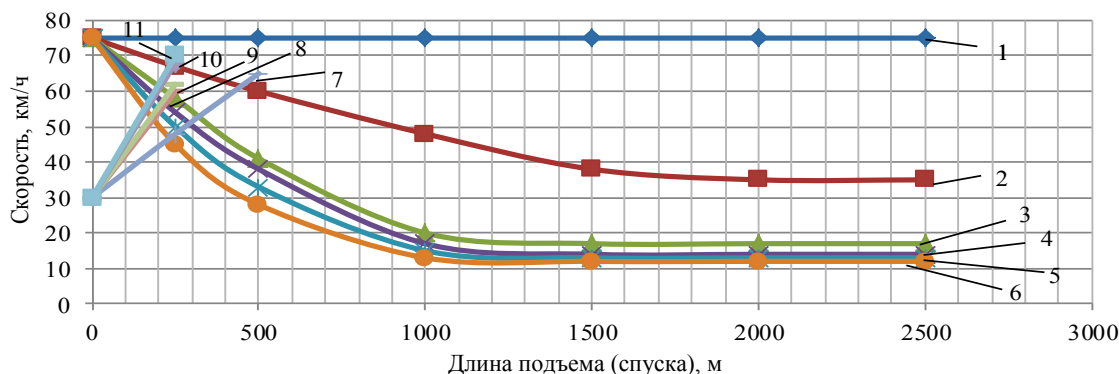


Рис. 1. Зависимость скорости грузового автомобиля от длины и продольного уклона подъема и спуска, по данным США [3, с. 52, рис. 4.12]: при подъеме, ‰: 1 – 0; 2 – 20; 3 – 40; 4 – 50; 5 – 60; 6 – 70; при спуске: 7 – 20; 8 – 40; 9 – 50; 10 – 60; 11 – 70

Fig. 1. Dependence of truck speed on length and longitudinal slope of ascending and descending according to USA data [3, p. 52, fig. 4.12]: with gradient, ‰: 1 – 0; 2 – 20; 3 – 40; 4 – 50; 5 – 60; 6 – 70; with descent: 7 – 20; 8 – 40; 9 – 50; 10 – 60; 11 – 70

Они зависят также от погрешностей, связанных с проектированием, геодезическими разбивочными работами, выноской проекта в натуру, от работы дорожно-строительной техники при устройстве дорожного покрытия.

В качестве вертикальной кривой можно применять ряд геометрических кривых [4], но наибольшее распространение получила квадратичная парабола [1, с. 91]. Отметки на вертикальной квадратичной параболе автомобильной дороги определяют двумя способами [5]:

– первый – начало декартовых координат x располагается в вершине кривой, ось x горизонтальная:

$$H_n = H_{\text{вк}} \pm \frac{l_n^2}{2R}, \quad (5)$$

где H_n – отметка n -й точки, отстоящей от вершины кривой на расстоянии l_n , м; $H_{\text{вк}}$ – отметка вершины вертикальной кривой, м; l_n – расстояние от вершины кривой до n -й точки, м; R – радиус вертикальной кривой, м;

– второй – начало декартовых координат x располагается в начале или конце закругления, а ось x направляется по касательной к вертикальной кривой в точке начала или конца закругления:

$$H_m = H_{\text{нк}} \pm l_m i_{\text{нк}} \mp \frac{l_m^2}{2R}, \quad (6)$$

где H_m – отметка m -й точки, отстоящей от начала кривой на расстоянии l_m , м; $H_{\text{нк}}$ – то же начала кривой, м; l_m – расстояние от начала кривой до точки m , м; $i_{\text{нк}}$ – продольный уклон в начале кривой, доли ед.

В формуле (5) знак «плюс» принимают для вертикальной вогнутой, а «минус» – для верти-

кальной выпуклой кривой. В (6) перед предпоследним слагаемым принимают: «плюс» – для подъема, «минус» – для спуска.

В случае знаков «плюс/минус» перед последним слагаемым в (6) знак «минус» принимается для выпуклых кривых, а знак «плюс» – для вогнутых.

В пределах одной кривой в плане и продольном профиле радиус изменяется от пяти до двадцати раз и в 73,2 % случаев не соответствует проектным данным. В действующих нормах проектирования автомобильных дорог не отражена «ответственность дорог» за степень опасности движения по ним транспортных средств [6, с. 8–9].

Переломы прямых продольного профиля рекомендуется сопрягать вертикальными кривыми (в зависимости от категории дороги при алгебраической разности уклонов от 2 ‰) [7, с. 10, п. 5.3.5]. При проезде перелома колеса транспортного средства испытывают удар pG , который пропорционален алгебраической разности уклонов ω :

$$pG = \omega Gv^2/2g13, \quad (7)$$

где G – масса транспортного средства, кг; v – скорость движения, км/ч; g – ускорение силы тяжести, м/с² [8, с. 194].

Допуск погрешностей отметок поверхности при устройстве дорожного покрытия на вертикальной кривой должен определяться требованиями безопасности движения. В настоящее время он определяется погрешностями геодезических измерений и точностью работы дорожно-строительной техники при устройстве дорожного покрытия (табл. 1).

Таблица 1

Предельные нормативные погрешности высотных отметок при устройстве дорожного покрытия

Limiting specified errors of elevation points while making pavement

Категория дороги		Предельная погрешность высотных отметок по оси дороги, мм		
		при геодезических измерениях превышений [9]	при строительстве дорожного покрытия [10]	
			Не более 10 % результатов	Не более 5 % результатов
I–III	По длине до 1000 м	30	–	–
IV–V		50	–	–
I	По длине до 100 м	15	–	–
II–III		20	–	–
IV–V		30	–	–
I–V	При оценке «отлично»	–	–	±100 (20)
I–V	При оценке «хорошо»	–	±100 (20)	–

Примечание. В скобках приведены погрешности при применении машин с автоматической системой задания вертикальных отметок.

Техническое разрешение проблем безопасности дорожного движения в бывшем СССР положено В. Ф. Бабковым [2, 11–18]. К первоочередным задачам он относил учет требований психофизиологической безопасности движения, ровности и шероховатости дорожного покрытия при проектировании элементов трассы автомобильных дорог [12].

Исследование объекта

Из 178 стран мира в 2008 г. число погибших в ДТП на 100 тыс. жителей, чел.: минимальное значение в Голландии – 4,8; максимальное в Египте – 41,6; в Беларуси – 15,7; в России – 25,2, в среднем в мире – 16,6. Изменение сдвигающей и удерживающей сил зависит от возникновения, изменения и действия центробежной силы, действующей на транспортное средство, а нарушение их равенства приводит к ДТП (табл. 2).

Одна из причин ДТП на вертикальной кривой в продольном профиле автомобильной дороги и в зонах ее влияния – это возникновение на таких участках центробежной силы.

Центробежная сила равна нулю при движении транспортных средств по прямолинейным участкам продольного профиля автомобильной дороги. При переходе перелома и переходе от прямого продольного профиля к вертикальной кривой или от вертикальной кривой к прямому продольному профилю транспортные средства испытывают удар, прижатие к покрытию и ослабление давления на покрытие. Радиус кривизны квадратичной параболы увеличивается по мере удаления от вершины кривой (табл. 3).

Радиус кривизны ρ вертикальной квадратичной параболы определяем из выражения

$$\rho = R(1 + l^2/R^2)^{3/2}, \quad (8)$$

где R – радиус вертикальной кривой, м; l – расстояние от вершины кривой до начала (конца) кривой, м.

Центробежная сила, приведенная в табл. 3, увеличивается в случае, когда:

- фактическая скорость больше расчетной скорости для дорог I–V категорий;
- фактический радиус вертикальной кривой меньше нормативного значения;
- полная масса автомобиля больше расчетной массы.

Таблица 2

Показатели аварийности на улично-дорожной сети Беларуси на вертикальной кривой в продольном профиле с 2000 по 2012 г.
Accident rates for Belarusian street road network on vertical curve of longitudinal profile from 2000 to 2012

Наименование		Год						
		2000 ¹⁾	2001 ²⁾	2002 ²⁾	2003 ³⁾	2004 ³⁾	2011 ⁴⁾	2012 ⁴⁾
Вертикальная кривая в продольном профиле	ДТП/%	52/0,8	66/1,0	51/0,7	40/0,6	35/0,5	84/1,4	39/0,7
	Погибшие/%	13/0,8	25/1,6	18/1,0	9/0,5	29/1,7	29/2,4	7/0,7
	Раненые/%	64/1,0	88/1,4	73/1,0	63/0,9	58/0,8	77/1,2	45/0,8
Вершина подъема	ДТП/%	21/0,3	24/0,4	19/0,3	31/0,4	25/0,3	11/0,2	5/0,1
	Погибшие/%	10/0,6	12/0,7	9/0,5	10/0,6	11/0,7	4/0,3	1/0,1
	Раненые/%	21/0,3	28/0,4	26/0,3	34/0,5	22/0,3	13/0,2	4/0,1
Конец спуска	ДТП/%	27/0,4	27/0,4	29/0,4	12/0,2	27/0,4	10/0,2	8/0,2
	Погибшие/%	16/1,0	13/0,8	14/0,8	3/0,2	16/0,9	4/0,3	4/0,3
	Раненые/%	28/0,4	29/0,4	23/0,3	15/0,2	25/0,3	8/0,1	9/0,2
Всего по элементам плана и продольного профиля	ДТП, чел.	6413	6324	7204	7194	7218	5897	5187
	Погибшие, чел.	1600	1596	1728	1764	1688	1200	1039
	Раненые, чел.	6492	6401	7472	7361	7522	6334	5569

¹⁾ Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2001 г.: аналит. сб. / под общ. ред. А. С. Шурко. Минск: МВД Республики Беларусь, 2002. С. 29.

²⁾ Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2002 г.: аналит. сб. / под общ. ред. А. С. Шурко. Минск: МВД Республики Беларусь, 2003. С. 30.

³⁾ Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2004 г.: аналит. сб. / под общ. ред. В. Л. Филистовича. Минск: МВД Республики Беларусь, 2005. С. 30.

⁴⁾ Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2012 г.: аналит. сб. / под общ. ред. Н. А. Мельченко. Минск: МВД Республики Беларусь, 2013. С. 42.

**Изменение радиуса кривизны и центробежной силы на вертикальной кривой
на автомобильной дороге I–V категорий**

Change in radius of curve and centrifugal force on vertical curve for highway of I–V categories

Наименование показателя	Категория дороги				
	I	II	III	IV	V
Максимальный продольный уклон, ‰	40	40	50	60	70
Минимальный радиус вертикальной выпуклой кривой, м	25000	15000	8000	4000	1500
Максимальная длина вертикальной выпуклой кривой, м	1000	600	400	240	105
Радиус кривизны в начале и конце вертикальной выпуклой кривой, м	25060	15036	8030	4021	1523
Центробежная сила в начале и конце вертикальной выпуклой кривой, кг	109,8	134,5	174,9	223,5	331,9
Центробежная сила в вершине вертикальной выпуклой кривой, кг	110,1	134,8	175,5	224,7	337,0
Минимальный радиус вертикальной вогнутой кривой, м	8000	6000	4000	2500	1500
Радиус кривизны в начале и конце вертикальной вогнутой кривой, м	8030	6014	4021	2514	1523
Центробежная сила в начале и конце вертикальной вогнутой кривой, кг	342,8	336,2	349,2	357,5	331,9
Центробежная сила в вершине вертикальной вогнутой кривой, кг	344,0	337,0	351,1	359,5	337,0

Примечание. Предельные значения вертикальной кривой приняты согласно ТКП 45-3.03-19–2006, полная масса расчетного автомобиля ГАЗ-24 составляет 1820 кг.

Перенос начала декартовых координат x в начало или конец закругления вызывает увеличение радиуса кривизны и незначительное уменьшение центробежной силы по сравнению с центробежной силой в вершине кривой.

Погрешность при определении отметок на вертикальной кривой по (2) устанавливаем по выражению

$$\Delta h = \frac{x^2}{2R \cos \arctg(i_{нк})} - \frac{x^2}{2R}. \quad (9)$$

Максимальное значение погрешности при определении отметок на вертикальной выпуклой и вогнутой кривых Δh принято при: $x = 2R_{\text{вып}} i_{нк, \text{max}}$; $x = 2R_{\text{вог}} i_{нк, \text{max}}$; $i_{нк} = i_{\text{max}}$. Для выпуклой кривой оно изменяется от 18 до 32 мм, а для вогнутой – от 6 до 22 мм.

Вопросы проектирования вертикальных кривых с учетом показателей аварийности при движении по ним транспортных средств в период эксплуатации требуют дальнейшего анализа и учета при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог.

При движении транспортного средства по автомобильной дороге на вертикальной кривой на него действует центробежная сила, вызывающая изменение сдвигающей и удерживающей сил. Это приводит к тому, что критическая скорость, при которой происходит самопроизвольное скольжение, меньше критической скорости

при движении на прямом участке продольного профиля автомобильной дороги.

ВЫВОДЫ

1. Вид геометрического очертания проектной линии, отметки и радиус кривизны поверхности дорожного покрытия вертикальной кривой в местах концентрации ДТП указывают на наличие центробежной силы в вершине кривой вызывающей изменение сдвигающей и удерживающей сил, действующих на транспортное средство.

2. При проектировании, строительстве и приемке построенной автомобильной дороги в эксплуатацию необходимо повысить контроль над соответствием ее участка на вертикальной кривой безопасности движения, а при эксплуатации – информировать водителя о безопасной скорости проезда вертикальной кривой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабков, В. Ф. Проектирование автомобильных дорог / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев. М.: Транспорт, 1979. Ч. 1. 367 с.
2. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В. Ф. Бабков. М.: Транспорт, 1982. 288 с.
3. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: справочник / В. У. Ренкин, П. Клафи, С. Халберт; пер. с англ. М.: Транспорт, 1981. 592 с.
4. Ганьшин, В. Н. Таблицы для разбивки круговых кривых / В. Н. Ганьшин, Л. С. Хренов. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1961. 304 с.

5. Мюллер, Г. Основы трассирования и разбивка автомобильных и железных дорог / Г. Мюллер; Пер. с нем. В. А. Федотова. М.: Транспорт, 1990. 239 с.
6. Столяров, В. В. Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска: в 2 ч. / В. В. Столяров. Саратов: СГТУ, 1994. Ч. 1. 184 с.
7. Автомобильные дороги. Нормы проектирования: ТКП 45-3.03-19–2006. Введ. 01.07.2006. Минск: Минстройархитектуры, 2006. 43 с.
8. Бируля, А. К. Проектирование автомобильных дорог / А. К. Бируля. М.: Автотрансиздат, 1961. Ч. 1. 500 с.
9. ВСН 5-81. Инструкция по разбивочным работам при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений. М.: Транспорт, 1983. 104 с.
10. Автомобильные дороги: СНиП 3.06.03–85. М.: Госстрой СССР, 1986. 112 с.
11. Селюков, Д. Д. Как исключить профессиональные дорожно-транспортные преступления? / Д. Д. Селюков // Дорожная держава. 2016. № 66. С. 89–95.
12. Бабков, В. Ф. Неотложные задачи развития научных исследований в области безопасности и организации движения / В. Ф. Бабков // Труды Московского автомобильно-дорожного института. М.: , 1975. Вып. 95: Учет требований безопасности движения при проектировании автомобильных дорог. С. 3–14.
13. Бабков, В. Ф. За дальнейшее развитие теории проектирования автомобильных дорог / В. Ф. Бабков // Автомобильный транспорт. 1953. № 7. С. 21–24.
14. Селюков, Д. Д. Судебная автодорожная экспертиза дорожно-транспортных происшествий / Д. Д. Селюков. Минск: Харвест, 2005. 416 с.
15. Способ контроля соответствия закругления построенной автомобильной дороги проектным данным: пат. 13313 Респ. Беларусь: МПК E01C 23/00 / Д. Д. Селюков; дата публ.: 30.06.2010.
16. Способ контроля соответствия закругления построенной автомобильной дороги безопасности движения: пат. 15485 Респ. Беларусь: МПК E01C 1/00 / Д. Д. Селюков; дата публ.: 28.02.2012.
17. Закругление автомобильной дороги: пат. 20459 Респ. Беларусь: МПК E01C 1/00 / Д. Д. Селюков; дата публ.: 30.10.2016.
18. Способ контроля соответствия проектным данным построенной автомобильной дороги: пат. 20497 Респ. Беларусь: МПК E 01C 1/00 / Д. Д. Селюков; дата публ.: 30.10.2014.
4. Ganshin V. N., Khrenov L. S. (1961) *Tables for Arrangement of Circular Curves*. Moscow-Leningrad, Goslesbumizdat Publ. 304 (in Russian).
5. Muller H. (1990) *Fundamentals of Road Lay-Out and Setting-Out of Automobile and Railway Roads*. Moscow, Transport. 239 (in Russian).
6. Stolyarov V. V. (1994) *Design of Highways with Due Account of Risk Theory. Part 1*. Saratov, State Technical University of Saratov. 184 (in Russian).
7. ТКП 45-3.03-19–2006. Automobile Roads. Design Standards. Minsk, Publishing House of Ministry of Architecture and Construction, 2006. 43 (in Russian).
8. Birulya A. K. (1961) *Design of Automobile Roads. Part 1*. Moscow, Avtotransizdat Publ. 500 (in Russian).
9. VSN 5-81. *Instruction on Setting-Out Works During Construction. Reconstruction and Capital Repair of Automobile Roads and Artificial Structures*. Moscow, Transport Publ. 104 (in Russian).
10. SNiP [Construction Rules and Regulations] 3.06.03–85. *Automobile Roads*. Moscow, Publishing House of Gosstroy USSR, 1986. 112 (in Russian).
11. Selyukov D. D. (2016) How to Exclude Professional Road and Transport Crimes? *Dorozhnaya Derzhava* [Road Power], (66), 89–95 (in Russian).
12. Babkov V. F. (1975) High Priority Problem Concerning Development of Research Investigations in the Field of Safety and Traffic Organization. *Trudy Moskovskogo Avtomobil'no-Dorozhnogo Instituta. Vyp. 95: Uchet Trebovaniy Bezopasnosti Dvizheniya pri Proektirovanii Avtomobil'nykh Dorog* [Proceedings of the Moscow Automobile and Road Institute. Issue. 95: Accounting for Traffic Safety Requirements in the design of highways]. Moscow, Moscow Automobile and Road Construction Institute, 3–14 (in Russian).
13. Babkov V. F. (1953) For Further Development of Theory for Automobile Road Design. *Avtomobil'nyi Transport* [Automobile Transport], (7), 21–24 (in Russian).
14. Selyukov D. D. (2005) *Judicial Road-Transport Expertise of Road and Traffic Accidents*. Minsk, Harvest Publ. 416 (in Russian).
15. Selyukov D. D. (2010) *Method for Control of Correspondence of Constructed Road Bend to Design Data*. Patent Republic of Belarus No 13313 (in Russian).
16. Selyukov D. D. (2012) *Method for Control of Correspondence of Constructed Road Bend to Traffic Safety*. Patent Republic of Belarus No 15485 (in Russian).
17. Selyukov D. D. (2016) *Bend of Automobile Road*. Patent Republic of Belarus No 20459 (in Russian).
18. Selyukov D. D. (2014) *Method for Control of Correspondence of Constructed Road to Design Data*. Patent Republic of Belarus No 20497 (in Russian).

Поступила 10.02.2017
Подписана в печать 14.04.2017
Опубликована онлайн 29.05.2018

REFERENCES

1. Babkov V. F., Andreev O. V. (1979) *Highway Design. Part 1*. Moscow, Transport Publ. 367 (in Russian).
2. Babkov V. F. (1982) *Road Conditions and Safety Traffic*. Moscow, Transport. 288 (in Russian).
3. Renkin V. U., Klafi P., Khalbert S. (1981) *Automobile Transportation and Organization of Road Traffic*. Moscow, Transport Publ. 592 (in Russian).

Received: 10.02.2017
Accepted: 14.04.2017
Published online: 29.05.2018