

DOI: 10.34220/2311-8873-2025-114-124



УДК 629.07

UDC 629.07

2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УПРАВЛЯЕМОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МАНЁВРОВ «ПЕРЕСТАВКА» И «ДВИЖЕНИЕ ПО УСЕЧЁННОЙ ТРАЕКТОРИИ»**

**ANALYTICAL COMPARISON OF VEHICLE CONTROL PERFORMANCE WHEN EXECUTING THE "RE-ORDER" AND "MOVEMENT ALONG A TRUNCED TRAJECTORY" MANEUVERS**

**Молев Юрий Игоревич,**

д.т.н., профессор кафедры «Строительные и дорожные машины», Нижегородский государственный технический университет, г. Нижний Новгород, e-mail: [moleff@yandex.ru](mailto:moleff@yandex.ru)

**Molev Yuri Igorevich,**

doctor of technical sciences, professor of the department of "Construction and road machinery", Nizhny Novgorod state technical university, Nizhny Novgorod, e-mail: [moleff@yandex.ru](mailto:moleff@yandex.ru)

✉<sup>1</sup> **Черевастов Максим Геннадьевич,**

аспирант кафедры «Строительные и дорожные машины», Нижегородский государственный технический университет, г. Нижний Новгород, e-mail: [chermaxim\\_1978@mail.ru](mailto:chermaxim_1978@mail.ru)

✉<sup>1</sup> **Cherevastov Maksim Gennadievich,**

postgraduate student of the department of "Construction and road machines", Nizhny Novgorod state technical university, Nizhny Novgorod, e-mail: [chermaxim\\_1978@mail.ru](mailto:chermaxim_1978@mail.ru)

**Лазаревич Светлана Валерьевна,**

к.ф.н., заведующий кафедрой «Иностранные языки», Нижегородский государственный технический университет, г. Нижний Новгород, e-mail: [s.lazarevich@ntu.ru](mailto:s.lazarevich@ntu.ru)

**Lazarevich Svetlana Valerievna,**

candidate of philological sciences, head of the department of "Foreign languages", Nizhny Novgorod state technical university, Nizhny Novgorod, e-mail: [s.lazarevich@ntu.ru](mailto:s.lazarevich@ntu.ru)

**Ерофеева Алла Васильевна,**

к.п.н., доцент кафедры «Иностранные языки», Нижегородский государственный технический университет, г. Нижний Новгород, e-mail: [a.erofeeva@mail.ru](mailto:a.erofeeva@mail.ru)

**Erofeeva Alla Vasilievna,**

candidate of pedagogical sciences, associate professor of the department of "Foreign Languages", Nizhny Novgorod state technical university, Nizhny Novgorod, e-mail: [a.erofeeva@mail.ru](mailto:a.erofeeva@mail.ru)

**Аннотация.** Изложены результаты сравнения показателей управляемости автомобилей при выполнении манёвров «переставка» и «движение по усечённой траектории». Показано, что оба манёвра характеризуются таким показателем как величина бокового ускорения. Так как нормирование параметров управляемости (величина бокового перемещения для движения по усечённой синусоиде и скорость выполнения манёвра при переставке) напрямую зависят от максимальной величины бокового ускорения, была установлена взаимо-

**Annotation.** The results of comparing the controllability indicators of cars when performing the "rearrangement" and "movement along a truncated trajectory" maneuvers are presented. It is shown that both maneuvers are characterized by such an indicator as the magnitude of lateral acceleration. Since the normalization of controllability parameters (the value of lateral displacement for movement along a truncated sine wave and the speed of maneuver execution during rearrangement) directly depend on the maximum value of lateral acceleration, a relationship was established

связь между оценочными показателями данных манёвров. Полученные данные позволили расширить границу применения манёвра «движения по усечённой синусоиде» на автомобили, на которых не установлена система стабилизации курсовой устойчивости, и установить предельные значения перемещения таких автомобилей.

**Ключевые слова:** УПРАВЛЯЕМОСТЬ, ТРАЕКТОРИЯ, БОКОВОЕ УСКОРЕНИЕ, ОТКЛОНЕНИЕ, «ПЕРЕСТАВКА», «ДВИЖЕНИЕ ПО УСЕЧЁННОЙ СИНУСОИДЕ».

between the estimated indicators of these maneuvers. The data obtained made it possible to expand the scope of the "movement along a truncated sine wave" maneuver for cars that do not have a course stability stabilization system installed and to set limit values for the movement of such cars.

**Keywords:** CONTROLLABILITY, TRAJECTORY, LATERAL ACCELERATION, DEVIATION, "REARRANGEMENT", "MOVEMENT ALONG A TRUNCATED SINE WAVE".

<sup>1</sup> Автор для ведения переписки

## 1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

Одним из самых распространённых обстоятельств возникновения аварий на дорогах с пострадавшими являются действия водителя, которые классифицируются сотрудниками ГИБДД как «не справился с управлением». При этом повреждения автомобиля возникают либо когда он выехал за пределы полосы движения при прямолинейном движении (ввиду потери устойчивости), либо при выполнении того или иного манёвра (ввиду недостаточной или избыточной управляемости). По статистическим данным только выезд за пределы дороги явился причиной 9,3 % ДТП в первой половине 2024 года, результатом чего явилось 14,4 % погибших. [1]. При этом чёткие критерии причин возникновения данной ситуации, позволяющие определить, имела ли место ошибка водителя или данный процесс был обусловлен конструктивными особенностями транспортного средства, отсутствуют [2-4]. Данная тенденция усугубляется тем, что в настоящее время стандартные требования к управляемости транспортных средств отсутствуют. На международном уровне вступили в действие глобальные технические Правила ООН № 8 (Правила ЕЭК ООН № 140), подразумевающие использование оценки управляемости движения транспортного средства по усечённой синусоиде, однако в нашей стране они не получили широкого распространения, так как их обязательное применение распространяется только на автомобили, оснащённые системами курсовой устойчивости [5]. Соответствие требованиям, установленными данными Правилами для основного парка машин, не требуется. Вместе с тем, распространение действия указанных способов проверки управляемости транспортных средств на автомобили, не оснащённые системами стабилизации курсовой устойчивости, позволило бы гармонизировать требования к управляемости транспортных средств для их допуска к эксплуатации на дорогах.

## 2 Материалы и методы

Решение данной задачи является возможным при нахождении корреляции между показателями управляемости при выполнении манёвров «движение по усечённой траектории» и «переставка». Так как для выполнения манёвра «переставка» минимально-допустимые требования разработаны [6, 7], то используя полученную корреляцию можно получить и минимально-допустимые требования к выполнению манёвра «движение по усечённой траектории». Для этого необходимо сравнить варианты траекторий движения автомобилей в условиях близких значений величин боковых ускорений [8, 9], например, когда воздействие на управляемые колёса является стандартизированным. Общий вид управляющего воздействия показан на рис. 1.

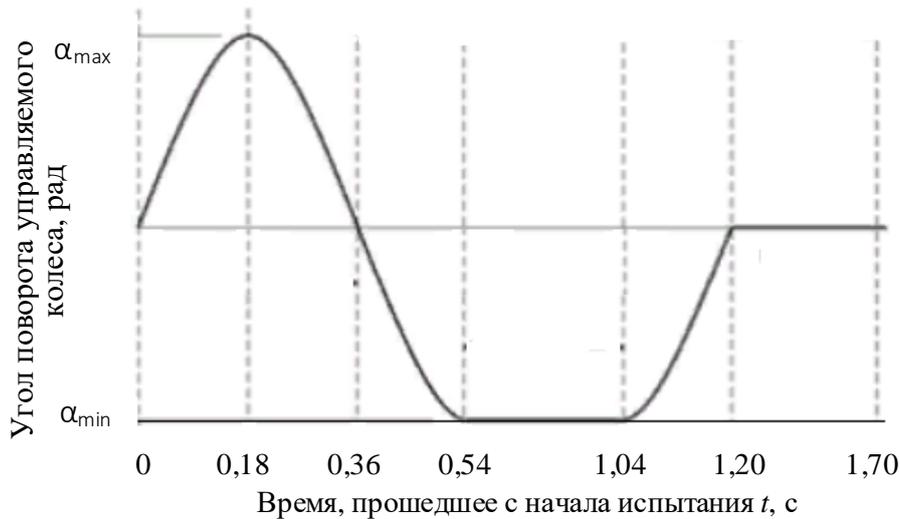


Рисунок 1 – Закон управляющего воздействия на управляемые колёса при испытании на соответствие требованиям глобальных технических Правилам ООН № 8

Максимальный угол поворота управляемых колёс на предварительном этапе испытаний выбирается из условия, что максимальное боковое ускорение автомобиля будет равняться  $0,3g$ . Тогда для абсолютно-управляемого транспортного средства, движение которого полностью повторяет управляющее воздействие. Параметры движения определяются из выражений:

$$a = V^2/R < 0,3g \rightarrow R > V^2/0,3g = 168 ; R = S / d\alpha = Vdt / d\alpha \rightarrow d\alpha / dt = V / R = 0,1322 ;$$

$$y = V \int_0^{t_i} \sin \alpha(t) dt; \quad x = V \int_0^{t_i} \cos \alpha(t) dt; \quad \alpha(t) = \frac{d\alpha}{dt} t = 0,1322 \cdot 0,18 = 0,024 \text{ рад} ,$$

где  $a$  – боковое ускорение транспортного средства,  $\text{м/с}^2$ ;  $V$  – постоянная горизонтальная скорость движения, равная  $80 \text{ км/ч}$  или  $22,22 \text{ м/с}$ ,  $R$  – радиус кривизны траектории,  $\text{м}$ ;  $\alpha$  – угол поворота управляемых колёс,  $\text{рад}$ ;  $t$  – длительность процесса,  $\text{с}$ , (согласно рис. 1 взято время, соответствующее амплитудному значению угла поворота  $0,18 \text{ с}$ );  $d\alpha/dt$  – скорость поворота управляемых колёс,  $\text{рад/с}$ ,  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

Для заключительного этапа испытаний угол поворота управляемых колёс увеличивают в пять раз. Тогда:

$$d\alpha/dt = 5 \cdot 0,024 / 0,18 = 0,66;$$

$$R = V / (d\alpha/dt) = 33,33;$$

$$a = V^2 / R = (22,22)^2 / 33,33 = 14,96 \text{ или } 1,5g.$$

Учёт колёсной базы ( $L$ ) при моделировании рассматриваемого движения сводится к тому, что угол поворота управляемых колёс будет таким, чтобы обеспечивать заданные значения бокового ускорения. Радиус кривизны траектории в этом случае будет определяться как:

$$R = L / d\alpha = V^2 / 0,3g \rightarrow d\alpha = \frac{L \cdot 0,3g}{V^2}; \quad \alpha(t) = d\alpha \cdot t = \frac{L \cdot 0,3g}{V^2} \cdot 0,18 = 0,001L.$$

Для заключительного этапа испытаний (с увеличением угла поворота управляемых колес в пять раз) с учетом колесной базы  $\alpha(t) = 0,005L$ ;  $d\alpha / dt \approx \alpha(t) / 0,18 = 0,03L$  рад/с;

$R = 1 / 0,03 = 33,33$  м. При этом значения бокового ускорения и поперечной скорости останутся неизменными.

### 3 Результаты исследований

Траектория движения абсолютно управляемого тела при управляющем воздействии, задаваемом требованиями глобальных технических Правил ООН № 8, примет вид, показанный на рис. 2, а изменение его поперечной скорости движения ускорения – на рис. 3 и 4.



Рисунок 2 – Теоретическая траектория движения абсолютно управляемого объекта при управляющем воздействии, задаваемом требованиями глобальных технических Правил ООН № 8

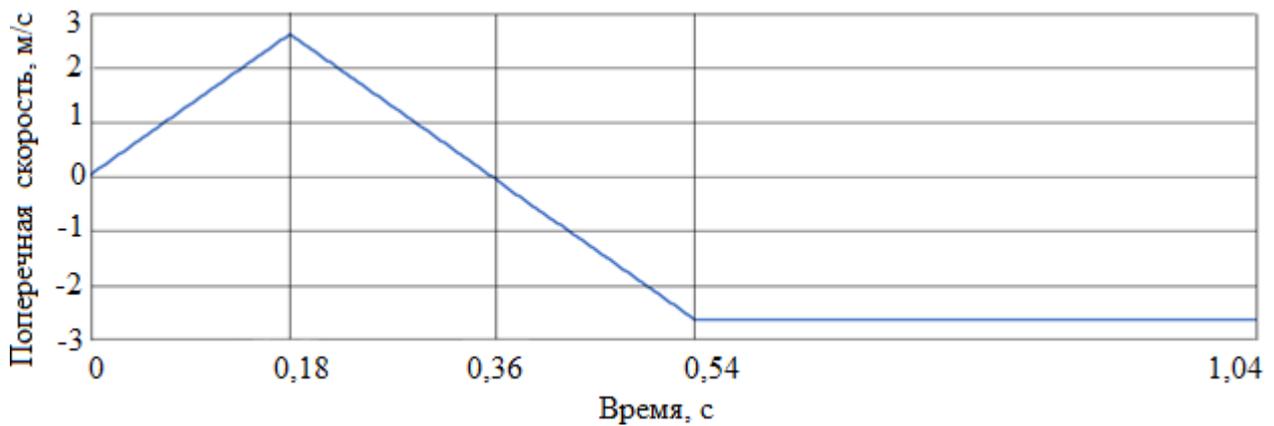


Рисунок 3 – Теоретическое изменение поперечной скорости движения абсолютно управляемого объекта при управляющем воздействии, задаваемом требованиями глобальных технических Правил ООН № 8

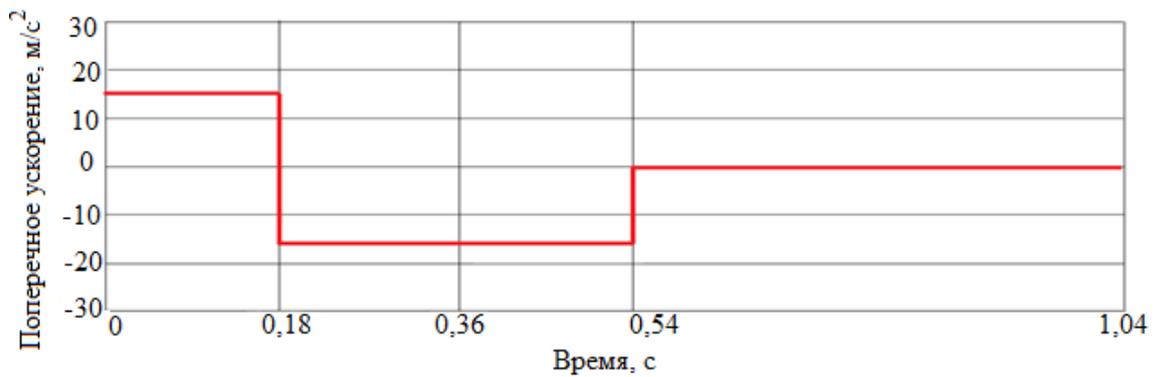


Рисунок 4 – Теоретическое изменение поперечного ускорения движения абсолютно управляемого объекта при управляющем воздействии, задаваемом требованиями глобальных технических Правил ООН № 8

Фактически любой объект не является абсолютно управляемым и при выполнении манёвра траектория его движения будет находиться между идеальной и реальной траекториями. Так как глобальные технические Правила ООН № 8 величину бокового перемещения автомобиля определяют как двойной интеграл от величины бокового ускорения по времени, то имея фактическое значение отклонения траектории можно определить какое реальное боковое ускорение может быть реализовано на реальном объекте испытаний:

$$a = 1,5g(1 - \Delta S / 2,037),$$

где  $\Delta S$  – величина отклонения траектории движения испытуемого транспортного средства от идеальной, м.

Полученная зависимость в графическом виде приведена на рис. 5.

Для выполнения манёвра «переставка» также может быть получена идеализированная траектория движения, показанная на рис.7. Тогда связь между геометрическими и скоростными параметрами движения при выполнении данного испытания может быть выражена зависимостями:

$$S = 2R \sin \alpha + l \cos \alpha,$$

$$B = 2R(1 - \cos \alpha) + l \sin \alpha,$$

$$l = \frac{B - 2R(1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha},$$

$$R = \frac{S - \frac{B - 2R(1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha} \cos \alpha}{2 \sin \alpha},$$

где  $B$  – величина поперечного смещения транспортного средства при перестроении (исходя из схемы проведения испытаний, приведённой на рис. 6, минимальное значение данного параметра будет равняться сумме ширины транспортного средства и минимального бокового интервала, равного 0,25 м);  $l$  – полное расстояние, проходимое автомобилем при прямолинейном положении колёс,  $l \cdot \cos \alpha$  – расстояние, проходимое автомобилем при прямолинейном положении колёс в продольном, а  $l \cdot \sin \alpha$  – в поперечном направлении; при максимально эффективном выполнении манёвра данная величина должна равняться 0;  $R \cdot \sin \alpha$  – расстояние, прохо-

димое автомобилем при испытании в продольном направлении в условиях поворота управляемых колёс; при максимально эффективном выполнении манёвра данная величина должна равняться половине длины участка перестроения  $S$ , что составляет 10 м. (см. рис.7)

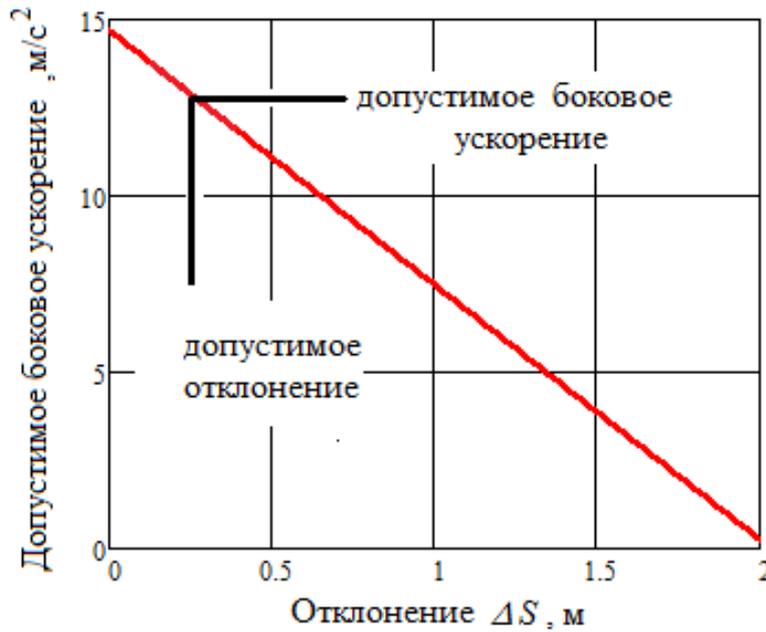
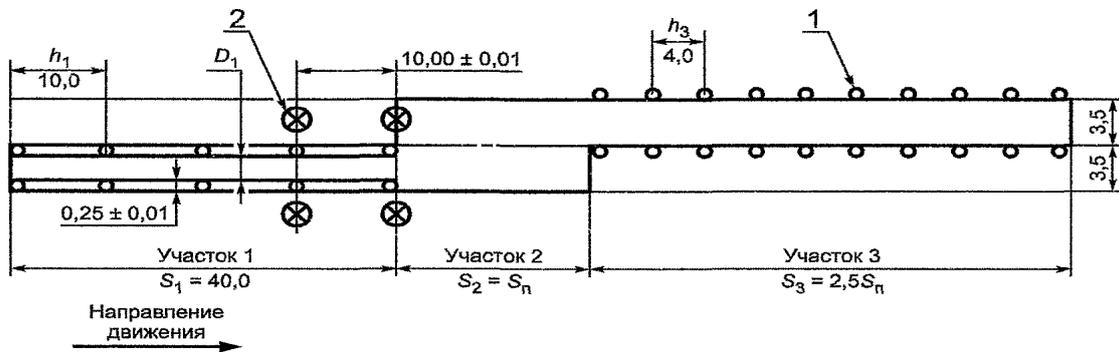
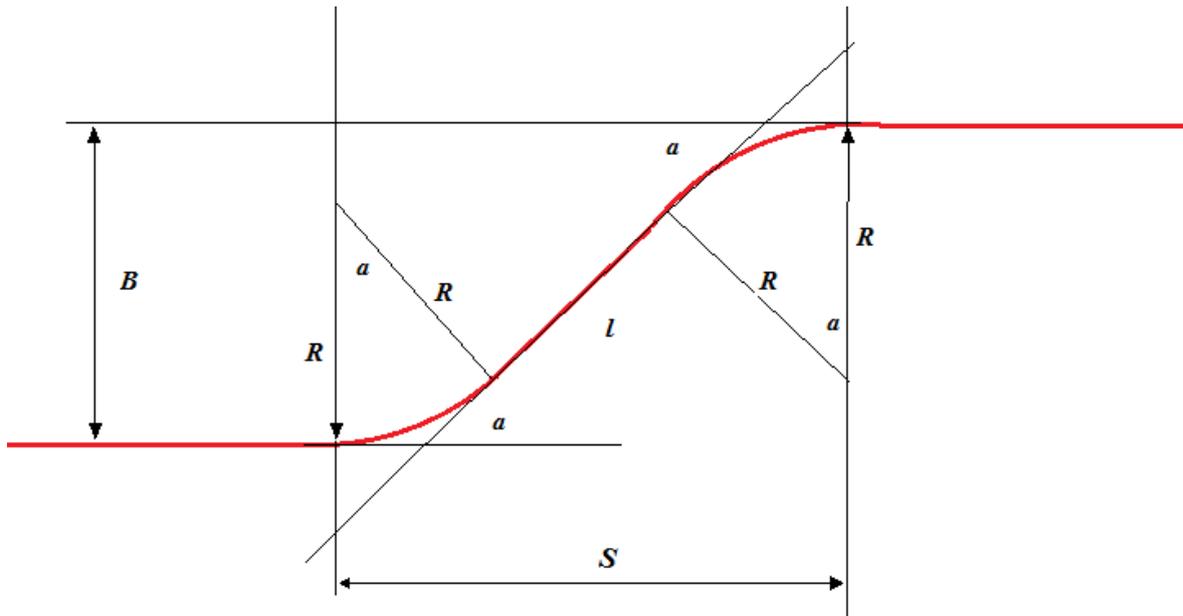


Рисунок 5 – График зависимости между отклонениями движения испытуемого автомобиля от идеальной траектории и допустимыми боковыми ускорениями



1 – вертикальные ограничители разметки коридоров движения; 2 – датчики измерения скорости;  $h_1$  и  $h_3$  – шаги установки ограничителей на разных участках;  $D$  – ширина коридора, м

Рисунок 6 – Схема испытаний для выполнения манёвра «переставка» [6]



$S$  – длина участка, на котором автомобиль должен перестроиться, м;  $B$  – величина бокового смещения транспортного средства при перестроении, м.;  $R$  – радиус кривизны траектории при движении с поворотом управляемых колёс, м.;  $\alpha$  – максимальный угол отклонения автомобиля от прямолинейного движения при движении с поворотом управляемых колёс, рад;  $l$  – длина участка траектории, по которому автомобиль движется без поворота управляемых колёс

Рисунок 7 – Схема идеализированной траектории движения автомобиля при выполнении манёвра «переставка»

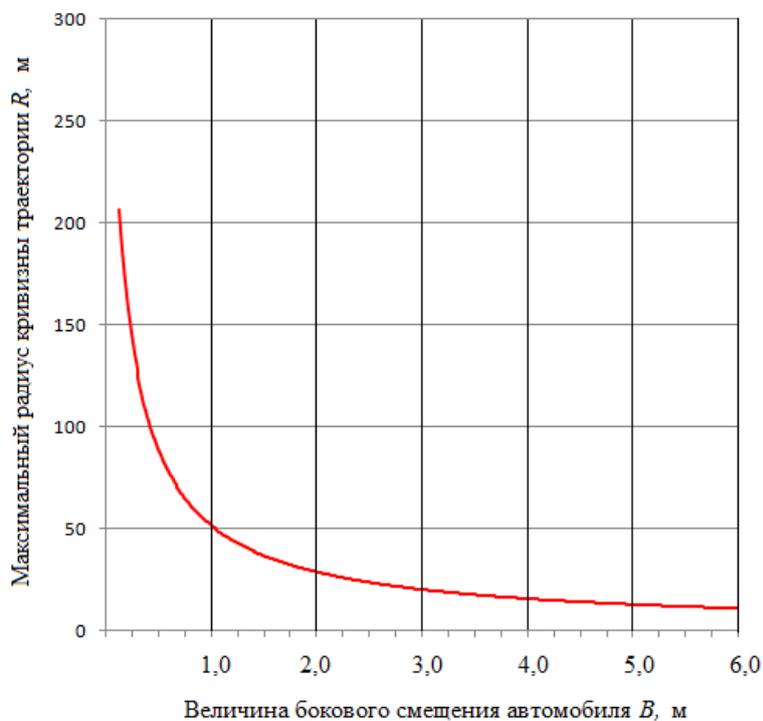
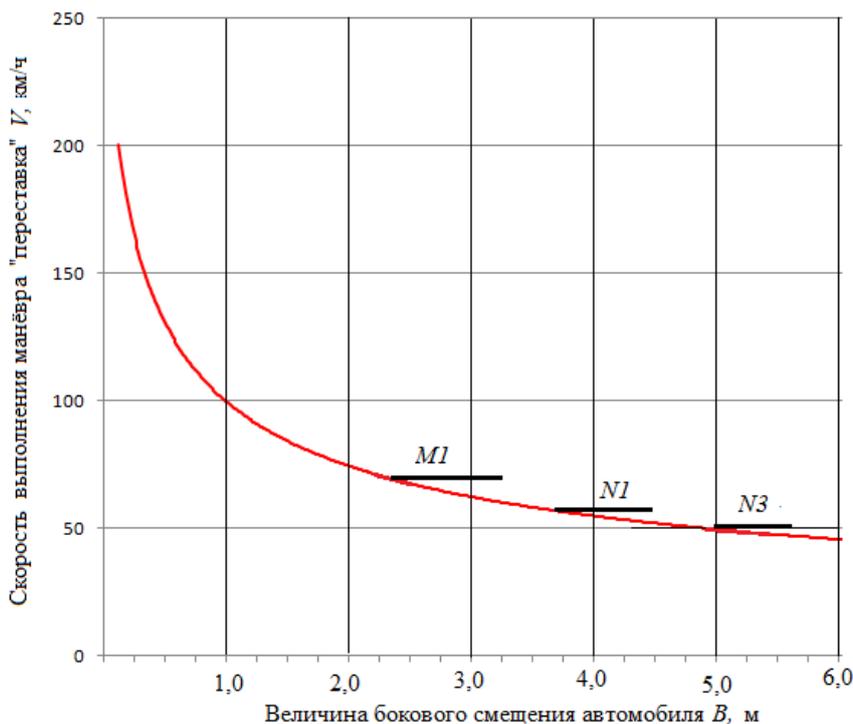


Рисунок 8 – Зависимость между боковым смещением автомобиля и максимально-возможным радиусом кривизны траектории при выполнении манёвра «переставка»

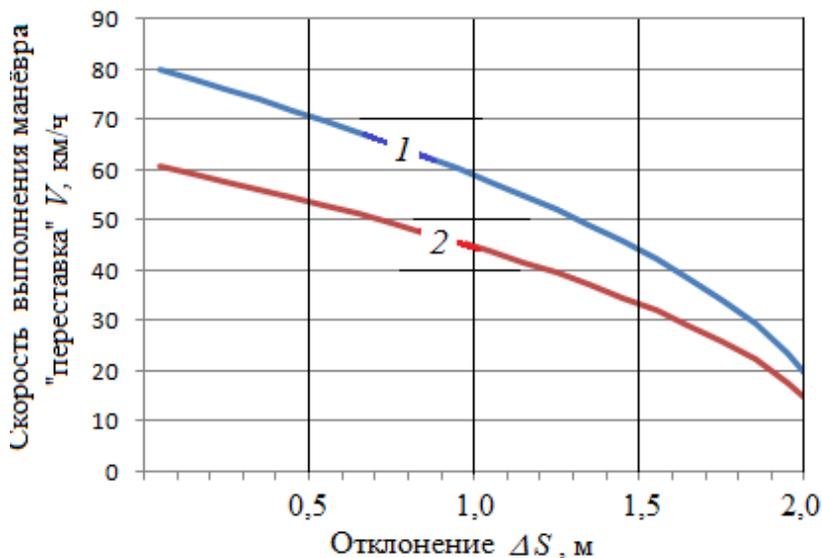


$M1, N1, N3$  – нормативные требования по скоростям различных категорий автомобилей

Рисунок 9 – Зависимость максимально-возможной скорости выполнения манёвра «переставка» от бокового смещения автомобиля (при движении по идеализированной траектории с боковым ускорением, равным  $1,5 g$ )

#### 4 Обсуждение и заключение

Зная необходимый радиус кривизны траектории и допустимую величину бокового ускорения, можно получить предельно-допустимую скорость движения автомобиля при выполнении данного манёвра. В графическом виде данная взаимосвязь показана на рис. 10.



1 – для легковых автомобилей и автомобилей с полной массой не более 3,5 т;  
2 – для грузовых автомобилей с полной массой более 3,5 т.

Рисунок 10 – Взаимосвязь между контролируемыми параметрами при выполнении манёвров «переставка» и «движение по усечённой синусоиде»

Исходя из того, что при испытаниях на выполнение манёвра «переставка» были установлены следующие нормативные требования: минимальная скорость движения для легковых автомобилей категории *M1* – 83 км/ч; для категории *M2* с габаритной длиной до 8 м – 71 км/ч, категории *M* с длиной от 8 до 12 м – 63 км/ч, свыше 12 м – 56 км/ч; для категории *N1* – 70 км/ч, *N2* – 66 км/ч, *N3* – 56 км/ч; для автопоездов с прицепом – 47 км/ч, для седельных автопоездов – 52 км/ч, для автопоездов с прицепом – 50 км/ч. Данные параметры можно перевести в боковые ускорения с учётом того, что максимальный радиус кривизны траектории будет соответствовать условию, когда длина прямолинейного участка траектории будет отсутствовать ( $l=0$ ), а также при минимальном боковом смещении автомобиля  $B$ , которое, согласно нормативным требованиям должно на 0,25 м превышать ширину транспортного средства:

$$a = V^2 / R; R = \frac{S}{4tg\alpha}; \alpha = \arctg \frac{B}{S} \rightarrow R = \frac{S^2}{4B}; a = 4BV^2 / S^2.$$

Тогда минимальное боковое ускорение движения для легковых автомобилей категории *M1* ( $B = 1,75$  м) – 14,5 м/с<sup>2</sup>, для категории *M2* с длиной до 8 м ( $B = 2,25$  м) – 13,7 м/с<sup>2</sup>, категории *M* с длиной от 8 до 12 ( $B = 2,5$  м) – 12 м/с<sup>2</sup>, свыше 12 м ( $B = 2,75$  м) – 10,4 м/с<sup>2</sup>; для категории *N1* ( $B = 2,0$  м.) – 11,8 м/с<sup>2</sup>; *N2* ( $B = 2,25$  м) – 11,8 м/с<sup>2</sup>, *N3* ( $B = 2,5$  м) – 9,45 м/с<sup>2</sup>; для автопоездов с прицепом ( $B = 2,75$  м) – 7,32 м/с<sup>2</sup>, для седельных автопоездов ( $B = 2,75$  м) – 8,9 м/с<sup>2</sup>, для автопоездов с прицепом ( $B = 2,75$  м) – 8,3 м/с<sup>2</sup>. Полученные результаты означают, что при выполнении манёвра движения по усечённой синусоиде максимальное отклонение траектории движения от идеальной для автомобилей категории *M1* может достигать:

$$\Delta S = 2,037 \left(1 - \frac{a}{1,5g}\right).$$

Для легковых автомобилей категории *M1* эта величина составит 0,03 м; для категории *M2* с габаритной длиной до 8 м – 0,14 м., от 8 до 12 м – 0,37 м., свыше 12 м – 0,6 м; для категории *N1* – 0,4 м, *N2* – 0,4 м, *N3* – 0,72 м; для автопоездов с прицепом – 1,02 м., для седельных автопоездов – 0,8 м и для автопоездов с прицепом – 0,9 м. С учётом того, что согласно требованиям глобальных технических Правил ООН № 8, общее боковое перемещение автомобиля должно быть не менее 1,83 м (величина отклонения от идеальной траектории 2,037–1,83 = 0,207 м) автомобили категории *M1* и *M2* с габаритной длиной до 8 м, выполняющие требования по выполнению манёвра «переставка», должны выполнять и требования по выполнению манёвра «движение по усечённой траектории». Требования к транспортным средствам категории *M* с длиной от 8 до 12 м, а также транспортным средствам категории *N1* и *N2* при отсутствии на них систем обеспечения курсовой устойчивости должны быть снижены до минимальной величины бокового перемещения автомобиля равной 1,637 м. Требования к транспортным средствам категории *M* с длиной более 12 м, а также категории *N3* при отсутствии на них систем обеспечения курсовой устойчивости должны быть снижены до минимальной величины бокового перемещения автомобиля, равной 1,317 м, а для автопоездов с прицепом – до 1 м.

Полученные данные могут уточняться для более сложных математических моделей, учитывающих влияние таких факторов как величина бокового увода колёс [9], изменение времени переходного процесса [10], влияние работы подвески [11] и др. В зависимости от степени сложности модели её точность может находиться в пределах от 80 до 95 % [12].

#### Список литературы

- 1 Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 6 месяцев 2024 года. Информационно-аналитический обзор. М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2024–36 с.
- 2 Бутылин, В.Г. Активная безопасность [Текст] / В.Г. Бутылин, М.С. Высоцкий, В.Г. Иванов,

И.И. Лещенко. – Минск: Белавтотракторостроение, 2002 –183 с.

3 Бахмутов, С.В. Анализ методов формирования требований к безопасности эксплуатируемых транспортных средств: Учеб. пособие /С.В. Бахмутов, В.В. Ломакин, В.В. Селифонов, С.Г. Зубрицкий, А.А. Ахмедов, К.Е. Карпунин. – М. : МГТУ «МАМИ», 2007. – 72с.

4 Зеликов, В. А. Анализ факторов, отражающих поведение водителей в сложной дорожной обстановке / В. А. Зеликов, Ю. В. Струков, Г. Н. Климова, Г. А. Денисов, С. В. Внукова, Э. А. Черников, В. В. Разгоняева //Воронежский научно-технический вестник. – 2024. – Т. 3, № 3 (49). – С. 41-52.

5 Черевастов, М.Г. Влияние переоборудования автомобилей на активную безопасность транспортных средств/ У.Ш. Вахидов, В.С. Макаров, Ю.И. Молев, М.Г. Черевастов// Вестник гражданских инженеров.2024. – №2 (103). – С. 125-132

6 Карпов В.В. Разработка методов оценки безопасности манёвра автомобиля. специальность 05.05.03 "Колесные и гусеничные машины»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Волгоград, 2006. – 153 с.

7 Кисулenco, Б. В. Методология формирования требований к безопасности автотранспортных средств, реализуемых в их конструкции при проектировании: специальность 05.05.03 "Колесные и гусеничные машины": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / – Москва, 2011. – 32 с.

8 Ходес, И. В. Методология прогнозирования управляемости колесной машины: специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» и 05.05.03 "Колесные и гусеничные машины»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук М.: РГБ, 2006. – 377 с.

9 Нгуен, М. Т. Методика расчетной оценки траекторной управляемости автомобиля по относительным боковым смещениям и ускорениям: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Нгуен Мань Тхе, 2012. – 160 с.

10 Гудков, В. В. Анализ влияния основных внешних сил и реакций на величину бокового увода управляемых и неуправляемых колес при криволинейном движении двухосного автомобиля / В. В. Гудков, П. А. Сокол, А. В. Василенко, А. Н. Янин //Воронежский научно-технический вестник. – 2024. – Т. 1, № 1 (47). – С. 134-153

11 Черевастов, М.Г. Прямые оценки качества реакции движения автомобиля на ступенчатое управляющее воздействие /Вахидов У.Ш., Молев Ю.И., Черевастов М.Г., Согин А.В., Слюсарев А.С. // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2018. –№ 3 (122). –С. 111-120.

12 Адекватность управляемости имитационной модели легкого коммерческого автомобиля / В. В. Беляков, А. В. Тумасов, Д. А. Бутин, А. С. Вашурин // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2021. – № 1(132). – С. 62-69.

## References

1 Roadtrafficaccidentsin the RussianFederationfor6months of 2024.Information and analyticalreview. М.: Federal public establishment «Scientific State Institution of Road Safety of the Ministry of the Interior of the Russian Federation» 2024–36 p.

2 Butylin V.G. Activevehiclesafety/ V.G. Butylin, M.S. Vysotsky, V.G. Ivanov, I.I. Leshchenko –Minsk: «Belavtotraktorostroenie» 2002 – 183 p.

3 Bakhmutov S.V. Analysis of methods for formingrequirementsfor the safety of operatedvehicles / S.V. Bakhmutov, V.V. Lomakin, V.V. Selifonov, S.G. Zubrisky, K.E. Akhmedov, K.E. Karpukhin –M.: Moscow State Technical University of Automobile 2007 – 72 p.

4 Zelikov V.A. Analysis of factors reflecting drivers' behavior in difficult road conditions/ V.A. Zelikov Y.V. Strukov, G.N. Klimova, G.A. Denisov, S.V. Vnukova, E.A. Chernikov, V.V. Razgonyaeva // Voronezh scientific-technical bulletin– 2024. –Vol 3, № 3 (49). – p. 41-52

5 Cherevastov M.G. Impact of vehicle conversion aimed at the active vehicle safety / U.Sh. Vakhidov, V.S. Makarov, Y.I. Molev., M.G. Cherevastov // Bulletin of Civil Engineers, 2024, № 2 (103) pp. 125-132

6 Karpov V.V. Development of methods for assessing the safety of a vehiclemaneuver : dis. ... candidate of Technical Sciences : 05.05.03 / V.V. Karpov. – Volgograd., 2006. – 153 p.

7 Kisulenco B.V. Methodology for the formation of requirementsfor the safety of motorvehiclesimplemendedintheirdesignduringdesign: dis. ... doctor of Technical Sciences : 05.05.03 / B.V. Kisulenco –M.: 2011. – 32 p.

8 Khodes I.V. Methodology for predicting the controllability of a wheeledvehicle : dis. ... candidate of Technical Sciences : 05.05.03/05.22.10 / I.V. Khodes. – М., 2006. – 377 p.

9 Nguyen M.T. A method for calculating the trajectory controllability of a car based on relative lateral displacements and accelerations: dis. ... candidate of Technical Sciences : 05.05.03 / M.T. Nguyen. – M., 2012. – 160 p.

10 Gudkov V.V. Analysis of the influence of the main external forces and reactions on the magnitude of the lateral withdrawal of controlled and uncontrolled wheels during the curvilinear movement of a two-axle car/ V.V. Gudkov, P.A. Sokol, A.V. Vasilenko, A.N. Yanin // Voronezh scientific-technical bulletin– 2024. – Vol 1, № 1 (47). – p. 134-153

11 Cherevastov M.G. Direct assessments of the quality of the motor vehicle reaction on step-managed impact/ U.Sh. Vakhidov, Y.I. Molev., M.G. Cherevastov, A.V. Sogin, A.S. Slyusarev // Transactions of NNSTU n. a.R.E. Alekseev / 2018. № 3 (122). – p. 111-120

12 Adequacy simulation model of a light commercial car // V.V. Belyakov, A.V. Tumasov, D.A. Butin., A.S. Vashurin Transactions of NNSTU n. a.R.E. Alekseev / 2021. № 1 (132). – p. 62-69.

© Молев Ю. И., Черевастов М. Г., Лазаревич С. В., Ерофеева А. В., 2025