

УДК 004.02:004.5:004.9

*Касимов Омил Камалович  
Ташкентский государственный  
транспортный университет  
Узбекистан, город Ташкент*

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ КОРРЕКЦИИ ТРАЕКТОРИИ ВОДИТЕЛЕМ ПРИ ЭКСТРЕННОМ ТОРМОЖЕНИИ**

*Аннотация: В статье анализируются возможности коррекции траектории водителем при экстренном торможении легкового автомобиля со снаряженной массой и полной массой при скоростях торможения 60 км/ч и 80 км/ч. Приводится анализ, что критический угол разворота, зависит от начальной скорости торможения, коэффициента сцепления и загрузки автомобиля. Делается выводы по результатам теоретических исследований.*

*Kasimov Omil Kamalovich  
Tashkent State Transport University  
Uzbekistan, Toshkent city*

## **METHODS OF MATHEMATICAL MODELING PASSENGER CAR BRAKING PROCESS.**

*Annotation: The article substantiates the variable parameters when modeling the braking process of a passenger car and their boundary values. The paper considers the output data obtained as a result of modeling the braking process of a passenger car. The analysis of the behavior of a car during braking during the reaction time of the driver is given.*

Для того чтобы оценить возможность коррекции траектории автомобиля при экстренном торможении при помощи рулевого управления, из общего массива выходных данных были выделены варианты, в которых задние колеса автомобиля блокируются, табл.1 ( $V_a = 60$  км/ч) и

табл.2 ( $V_a = 80$  км/ч).

Полученные варианты можно разбить на три группы:

- автомобиль укладывается в коридор безопасности;
- автомобиль выходит за пределы коридора или допустимого курсового угла, но при этом имеется возможность коррекции его траектории при помощи рулевого управления;
- автомобиль попадает в неуправляемый занос.

Таблица 1.

Код варианта	Снаряженная масса				Полная масса			
	Курсовой угол, град		Время блок. колес, с		Курсовой угол, град		Время блок. колес, с	
	Конеч. значение	T=1,5 с	<u>1л</u> 2л	<u>1п</u> 2п	Конеч. значение	T=1,5 с	<u>1л</u> 2л	<u>1п</u> 2п
a1x	-	-	-	-	24,025	6,838	<u>Нбл</u> 0,400	<u>1,600</u> 0,400
a1y	45,103	9,664	<u>нбл</u> 0,233	<u>1,800</u> 0,233	35,444	5,979	<u>Нбл</u> 0,533	<u>нбл</u> 0,500
b1y	34,412	7,364	<u>нбл</u> 0,200	<u>1,100</u> 0,200	41,871	6,899	<u>Нбл</u> 0,300	<u>1,800</u> 0,300
a2x	31,538	5,767	<u>нбл</u> 0,233	<u>0,433</u> 0,233	41,770	12,080	<u>Нбл</u> 0,400	<u>1,200</u> 0,400
a2y	65,842	16,464	<u>нбл</u> 0,233	<u>1,300</u> 0,233	8,397	5,027	<u>Нбл</u> нбл	<u>нбл</u> 0,467
b2y	46,506	9,299	<u>нбл</u> 0,200	<u>0,467</u> 0,200	61,469	11,764	<u>Нбл</u> 0,300	<u>1,200</u> 0,300
c2y	-	-	-	-	16,995	2,404	<u>Нбл</u> 0,267	<u>0,300</u> 0,267
a3x	70,599	19,904	<u>нбл</u> 0,233	<u>0,400</u> 0,233	71,294	18,970	<u>Нбл</u> 0,467	<u>1,000</u> 0,400
a3y	83,233	21,538	<u>нбл</u> 0,233	<u>0,900</u> 0,233	11,750	7,166	<u>Нбл</u> нбл	<u>нбл</u> 0,433
b3x	40,954	8,190	<u>нбл</u> 0,200	<u>0,200</u> 0,200	57,888	11,186	<u>Нбл</u> 0,300	<u>0,300</u> 0,300

b3y	63,478	13,066	<u>нбл</u> 0,200	<u>0,367</u> 0,200	77,813	15,301	<u>Нбл</u> 0,300	<u>1,800</u> 0,300
c3y	-	-	-	-	40,721	4,814	<u>Нбл</u> 0,267	<u>0,200</u> 0,267

Таблица 2.

Код варианта	Снаряженная масса				Полная масса			
	Курсовой угол, град		Время блок. колес, с		Курсовой угол, град		Время блок. колес, с	
	Конеч. значение	T=1,5 с	<u>1л</u> 2л	<u>1п</u> 2п	Конеч. значение	T=1,5 с	<u>1л</u> 2л	<u>1п</u> 2п
a1x	39,981	4,601	<u>нбл</u> 0,200	<u>0,467</u> 0,200	86,587	8,968	<u>Нбл</u> 0,400	<u>1,300</u> 0,400
a1y	105,620	13,349	<u>нбл</u> 0,233	<u>1,500</u> 0,233	34,210	8,172	<u>Нбл</u> 0,600	<u>нбл</u> 0,500
b1y	81,228	8,934	<u>4,100</u> 0,200	<u>1,000</u> 0,200	99,205	9,278	<u>Нбл</u> 0,300	<u>1,500</u> 0,300
a2x	95,055	12,416	<u>нбл</u> 0,233	<u>0,433</u> 0,233	107,538	15,287	<u>Нбл</u> 0,400	<u>1,100</u> 0,400
a2y	108,619	20,667	<u>нбл</u> 0,233	<u>1,100</u> 0,233	24,115	7,204	<u>Нбл</u> нбл	<u>нбл</u> 0,467
b2x	-	-	-	-	55,724	4,048	<u>3,700</u> 0,300	<u>0,300</u> 0,300
b2y	88,375	11,624	<u>4,700</u> 0,200	<u>0,467</u> 0,200	105,967	14,652	<u>Нбл</u> 0,300	<u>1,100</u> 0,300
c2y	-	-	-	-	68,726	3,074	<u>Нбл</u> 0,267	<u>0,300</u> 0,267
a3x	111,188	23,028	<u>нбл</u> 0,233	<u>0,400</u> 0,233	118,691	23,284	<u>Нбл</u> 0,500	<u>0,900</u> 0,400
a3y	113,386	26,214	<u>нбл</u> 0,233	<u>0,900</u> 0,233	28,486	9,826	<u>Нбл</u> 3,700	<u>1,400</u> 0,433
b3x	86,787	10,452	<u>4,400</u> 0,200	<u>0,200</u> 0,200	104,345	13,990	<u>Нбл</u> 0,300	<u>0,300</u> 0,300
b3y	86,767	16,037	<u>нбл</u> 0,200	<u>0,367</u> 0,200	110,170	18,695	<u>Нбл</u> 0,300	<u>0,800</u> 0,300

c3x	-	-	-	-	59,768	2,739	<u>4,300</u> 0,267	<u>0,200</u> 0,267
c3y	41,478	1,174	<u>нбл</u> 0,200	<u>0,200</u> 0,200	88,435	6,092	<u>Нбл</u> 0,267	<u>0,200</u> 0,267

Первую группу можно выделить сравнивая выходные параметры процесса торможения с нормативными значениями. Для определения границы между второй и третьей группами были выполнены проверочные расчеты с введением функции управляющего воздействия водителя. При этом угол поворота управляемых колес задавался равным  $-(\delta_1 - \psi, -)$ . Корректировка траектории считалась удовлетворительной, если занос прекращался и автомобиль не выходил за пределы коридора безопасности.

Анализ полученных при проверочном расчете данных показывает, что при торможении со скорости 60 км/ч и  $K_{h1}=0,05$  наблюдается только управляемый занос, причем наибольший курсовой угол соответствует случаю торможения автомобиля с УДТС равной 0,65, со снаряженной массой на дороге с  $\phi_{сц} = 0,8$ , а с полной массой на дороге с  $\phi_{сц} = 0,7$ .

При коэффициенте осевой неравномерности  $K_{h1}=0,09$  неуправляемый занос наблюдается при торможении автомобиля с пониженной эффективностью передней оси ( $\gamma=0,65$ ) на дороге с  $\phi_{сц} = 0,7...0,8$  в снаряженной массе и с  $\phi_{сц} = 0,7$  в полной массе, а при номинальной эффективности передней оси только в полной массе на дороге с  $\phi_{сц} = 0,8$ .

При коэффициенте осевой неравномерности  $K_{h1}=0,13$  практически во всех случаях имеет место неуправляемый занос, исключение составляют варианты торможения груженого автомобиля с  $\gamma=0,65$  на дороге с  $\phi_{сц} = 0,8$  и  $\phi_{сц} = 0,6$  и порожнего автомобиля с номинальной УДТС и  $\phi_{сц} = 0,7$ .

Установлено, что критический угол разворота, зависит от начальной скорости торможения, коэффициента сцепления и загрузки автомобиля. Для скорости 60 км/ч критический угол составлял 16...20°, а для 80 км/ч -

14...18°. Полученные данные хорошо совпадают с выводами о том, что для большинства современных легковых автомобилей, при достижении курсового угла в 15...20°, наступает неуправляемый занос.

При меньшем значении курсового угла коррекция траектории при помощи рулевого управления возможна и наступление заноса зависит от правильности действий водителя, однако при этом управляемые колеса автомобиля не должны быть заблокированными.

По результатам теоретических исследований можно сделать следующие выводы:

1. При испытаниях автомобилей в условиях, предписанных ГОСТ I 25478-91, следует учитывать, что курсовой угол и величина бокового отклонения существенно зависят не только от величины осевой неравномерности тормозных сил, но и от распределения тормозных сил по осям и коэффициента сцепления колес с дорогой при изменении его в пределах, соответствующих типу покрытия указанного в ГОСТ.

Снижение эффективности тормозов передней оси и увеличение коэффициента сцепления колес с дорогой при одинаковой осевой неравномерности тормозных сил приводят к росту бокового отклонения и курсового угла, однако это справедливо для случая экстренного торможения, сопровождающегося блокировкой задних колес. Если регулятор тормозных сил исправен и блокировка задних колес отсутствует, то отклонения автомобиля от заданного курса минимальны.

2. Наиболее опасным сочетанием параметров тормозной системы с точки зрения потери устойчивости при торможении, является снижение эффективности тормозов передней оси и наличие на ней неравномерности тормозных сил. Причем экстренное торможение груженого автомобиля более опасно чем снаряженного, что объясняется тем что величина и время действия разворачивающего момента от неравномерности тормозных сил передней оси больше, чем у снаряженного автомобиля.

3. Неравномерность тормозных сил задней оси автомобиля влияет на устойчивость при торможении значительно меньше чем передней оси и при ее наличии автомобиль выходит за пределы норматива по эффективности торможения быстрее, чем за пределы норматива по устойчивости.

4. Автомобиль при экстренном торможении сохраняет устойчивость только в случае блокирования колес обоих осей или при отсутствии блокирования колес задней оси, независимо от наличия блокировки передних колес.

5. Анализ вариантов показал, что применительно к легковым автомобилям, соблюдение норматива  $\gamma=0,64$  и осевой неравномерности тормозных сил на обоих осях  $K_h=0,09$  не гарантирует устойчивости автомобиля при экстренном торможении, что указывает на имеющиеся недостатки в принятой системе нормирования показателей тормозных свойств. В основном эти недостатки являются следствием того, что не учитывается реальная реализация тормозных сил и их распределение по осям. Простое ужесточение нормативов, с целью приближения их к значениям соответствующим новым автомобилям в условиях эксплуатации неэффективно, поскольку значительно увеличивает затраты на поддержание технического состояния подвижного состава на необходимом уровне. Кроме того, ужесточение к примеру коэффициента  $K_{h1}$  до величины 0,05, что меньше, чем допускается для новых автомобилей ( $K_{h1h}=0,08$ ) в ряде случаев не гарантирует устойчивости автомобиля. Таким образом требуется новая методика нормирования показателей устойчивости автомобиля, учитывающая динамику процесса торможения в эксплуатационных условиях.

#### **Использованные источники:**

1. Топалиди В.А., Касимов О.К. Имитационная модель процесса

- торможения легкового автомобиля. Труды ТАДИ, Ташкент, 2004.
2. Касимов О.К., Топалиди В.А. Особенности нормирования показателей устойчивости при торможении легковых автомобилей. Труды МНТК, том 2, Ташкент, 2006, С.106...108.
3. Касимов, О. К., & Ражапова, С. С. (2020). КРИТЕРИИ СОХРАНЕНИЯ УПРАВЛЕМОСТИ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ЭКСТРЕННОМ ТОРМОЖЕНИИ. *Экономика и социум*, (6), 716-719.  
<https://elibrary.ru/item.asp?id=44002984>
4. Касимов, О. К., & Ражапова, С. С. (2020). ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН. *Экономика и социум*, (6), 710-715. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44002983>
5. Касимов, О. К., & Ражапова, С. С. (2019). ИТС В АВТОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН. *Экономика и социум*, (4), 393-397. <https://elibrary.ru/item.asp?id=38595079>
6. INTELLIGENCE OF TRANSPORT SERVICES IS A PRIORITY OF SYSTEM EFFICIENCY. SS Rajapova - ... : Innovative, educational, natural and social sciences, 2021. <https://cyberleninka.ru/article/n/intelligence-of-transport-services-is-a-priority-of-system-efficiency/viewer>