



DOI 10.51885/1561-4212\_2025\_4\_59  
MPNТИ 73.31.11

## АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СИЛЫ СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЕСА АВТОМОБИЛЯ С ДОРОЖНЫМ ПОКРЫТИЕМ НА АВАРИЙНО ОПАСНЫХ МЕСТАХ

## АВАРИЯЛЫҚ ҚАУІПТІ ЖЕРЛЕРДЕ АВТОМОБИЛЬ ДОҢҒАЛАҒЫНЫҢ ЖОЛ ТӨСЕМІМЕН ІЛІНІСУ КҮШІН АНЫҚТАУ БОЙЫНША ЕСЕПТЕУ АЛГОРИТМІ

## CALCULATION ALGORITHM FOR DETERMINING THE TRACTION FORCE OF A CAR WHEEL WITH A ROAD SURFACE IN EMERGENCY AREAS

А.К. Киялбаев <sup>1</sup>, Г.С. Бектурсунова <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Казахстан

\*Автор-корреспондент: Бектурсунова Гульнара Сатбаевна, e-mail: kamila\_19jule@mail.ru

### Ключевые слова:

автомобильная дорога,  
скорость движения,  
дорожно-транспортное  
происшествие,  
сцепление, аварийно-  
опасные участки.

### АННОТАЦИЯ

В последние годы на дорогах Республики Казахстан наблюдается увеличение интенсивности транзитного движения. Проведенные исследования показывают, что одной из основных причин дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на республиканских трассах, наряду с ухудшением дорожных условий, является именно этот фактор. Эксплуатационное и техническое состояние дорог фиксируется в существующих карточках учета ДТП довольно формально, что приводит к тому, что данные о ДТП, вызванных состоянием дорог, составляют не более 25 % от общего числа происшествий, несмотря на то, что мы регулярно наблюдаем стихийные транспортные инциденты на дорогах. Разработан алгоритм расчета по определению силы сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием на аварийно-опасных местах. Цель данного алгоритма – определение связи между колесом автомобиля и дорогой, которая характеризуется следующими основными показателями: величиной нагрузки или средним давлением по площади отпечатка колеса; частотой приложения нагрузки; прогибом покрытия; сцеплением колеса с покрытием. Повышение качества дорог будет способствовать повышению скорости движения транспортных средств, повышению безопасности дорожного движения и повышению комфорта для участников движения.

### Түйінді сөздер:

автомобиль жолы,  
қозғалыс жылдамдығы,  
жол-көлік оқиғасы,  
ілінісу, авариялық-қауіпті  
учаскелер

### ТҮЙІНДЕМЕ

Соңғы жылдары Қазақстан Республикасының жолдарында транзиттік қозғалыс қарқынының ұлғаюы байқалады. Жүргізілген зерттеулер республикалық трассалардағы жол-көлік оқиғаларының (ЖКО) негізгі себептерінің бірі жол жағдайларының нашарлауымен қатар дәл осы факторлар болып табылатынын көрсетеді. Жолдардың пайдалану және техникалық жай-күйі қолданыстағы ЖКО есепке алу карточкаларында формальды түрде тіркеледі, бұл жолдардың жай-



күйінен туындаған ЖКО туралы деректердің, біз жолдардағы апатты көлік оқиғаларын үнемі бақылап отырғанымызға қарамастан, оқиғалардың жалпы санының 25 %-нан аспайтынына әкеледі. Авариялық-қауіпті орындарда жол жабыны бар автомобиль дөңгелегінің ілінісу күшін анықтау бойынша есептеу алгоритмі әзірленді. Осы алгоритмнің мақсаты автомобиль доңғалағы мен жол арасындағы байланысты көрсету, олар осындай негізгі көрсеткіштермен сипатталады: жүктеме шамасы немесе доңғалақ бедерінің ауданы бойынша орташа қысым; жүктеме қосымшасының жиілігі; жабынды ию; доңғалақты жабынмен ілінісу. Жолдардың сапасын арттыру көлік құралдарының қозғалыс жылдамдығын арттыруға, жол қозғалысы қауіпсіздігін арттыруға және қозғалысқа қатысушылар үшін жайлылықты арттыруға ықпал ететін болады.

---

**keywords:**

highway, traffic speed,  
traffic accident, clutch,  
accident-hazardous areas.

---

**ABSTRACT**

In recent years, an increase in the intensity of transit traffic has been observed on the roads of the Republic of Kazakhstan. Studies tell that one of the main causes of road accidents (road accidents) on republican highways, along with the deterioration of road conditions, are precisely these factors.. The operational and technical condition of the roads is recorded in the existing accident registration cards quite formally, which leads to the fact that data on road accidents caused by the condition of the roads make up no more than 25% of the total number of accidents, despite the fact that we regularly observe spontaneous traffic incidents on roads. A calculation algorithm has been developed to determine the adhesion force of a car wheel to the road surface at hazardous places. The purpose of this algorithm is to determine the relationship between the wheel of a car and the road, which are characterized by the following main indicators: the magnitude of the load or the average pressure over the area of the imprint of the wheel; frequency of load application; coating deflection; wheel engagement with coating. Improving the quality of roads will help increase the speed of vehicles, improve road safety and increase comfort for road users.

---

**ВВЕДЕНИЕ**

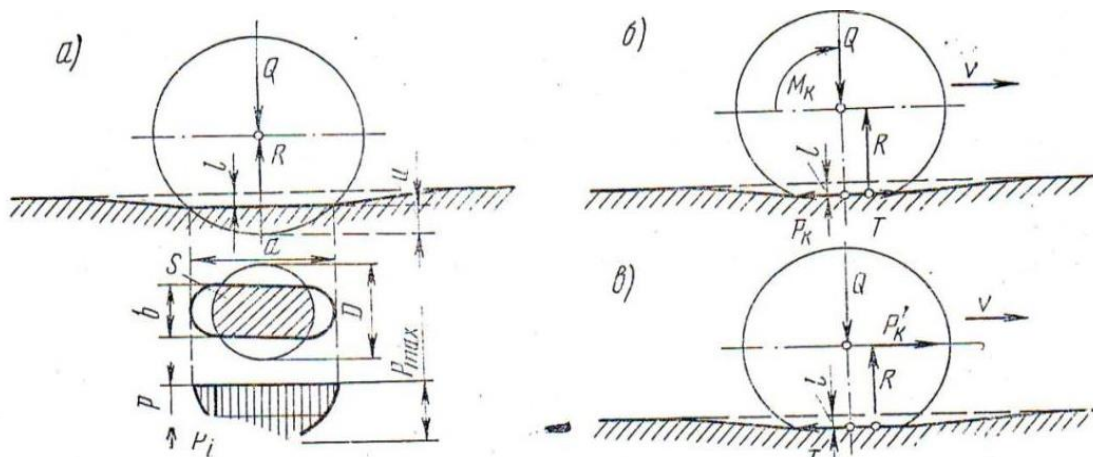
В последние годы на дорогах Республики Казахстан наблюдается рост интенсивности транзитного движения. Проведенные анализы показывают, что одной из главных причин совершения ДТП на дорогах республиканского значения наряду с сопутствующими дорожными условиями является именно этот фактор. Увеличение скорости автомобилей на ровных участках дороги часто приводит к авариям. На сложных участках местности водители сталкиваются с другими факторами, которые ограничивают скорость. В результате даже на хорошо обслуживаемых дорогах аварии могут происходить на горизонтальных участках. Причина может заключаться не только в превышении скорости, но и в психофизиологическом состоянии водителей. (Киялбаев и др., 2023). На ровных и прямолинейных участках дороги водители, как правило, увеличивают скорость, нередко превышая допустимые значения, что значительно повышает риск возникновения аварийных ситуаций. Вместе с тем на более сложных участках местности — таких как подъемы, спуски, кривые в плане, участки с ограниченной видимостью или нестабильным покрытием — водители сталкиваются с иными ограничениями, вынуждающими снижать скорость или маневрировать в условиях повышенной опасности. Однако в действующих протоколах учета ДТП на месте происшествия отсутствует графа «дорожные условия». Это создает затруднения при дальнейшем анализе и определении объективных причин происшествия, а также при установлении степени вины участников ДТП. Введение такой



графы могло бы повысить точность и полноту учета обстоятельств аварии, что особенно актуально в условиях растущей транспортной нагрузки и высокой доли транзитных перевозок по территории Казахстана.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенные исследования показывают, что на дорожную одежду передаются нагрузки. В этом случае реакция со стороны дороги, обозначаемая как  $R = Q$ , прикладывается в центральной части пятна контакта колеса (см. рис. 1, а). Если колесо является ведущим (рис. 1, б), на него дополнительно воздействует крутящий момент  $M_k$ , который создает в зоне контакта окружную силу  $P_k$ , направленную против направления движения. Эта сила вызывает горизонтальную реакцию дороги  $T$ , равную  $P_k$ , что и обеспечивает поступательное движение автомобиля. В случае ведомого колеса (рис. 1, в) на него действует тяговое усилие  $P_k$ , при этом горизонтальная реакция  $T = P_k$  направлена в противоположную сторону от направления движения. Вертикальная реакция  $R$  движущихся колес смещена по следу в сторону движения. Таким образом, при стоянке автомобиля в дорожной одежде и в земляном полотне дороги возникает вертикальная реакция, а при движении — вертикальная и горизонтальная (Киялбай, 2022, Красиков, Немчинов & Пашкин, 1992).



**Рисунок 1.** Расчетная схема сил, передаваемых на дорожную одежду:

а – от неподвижного колеса; б – от ведущего колеса; в – от ведомого колеса.

*Примечание – составлено автором на основе анализа литературы (Сыртанов и др, 2004)*

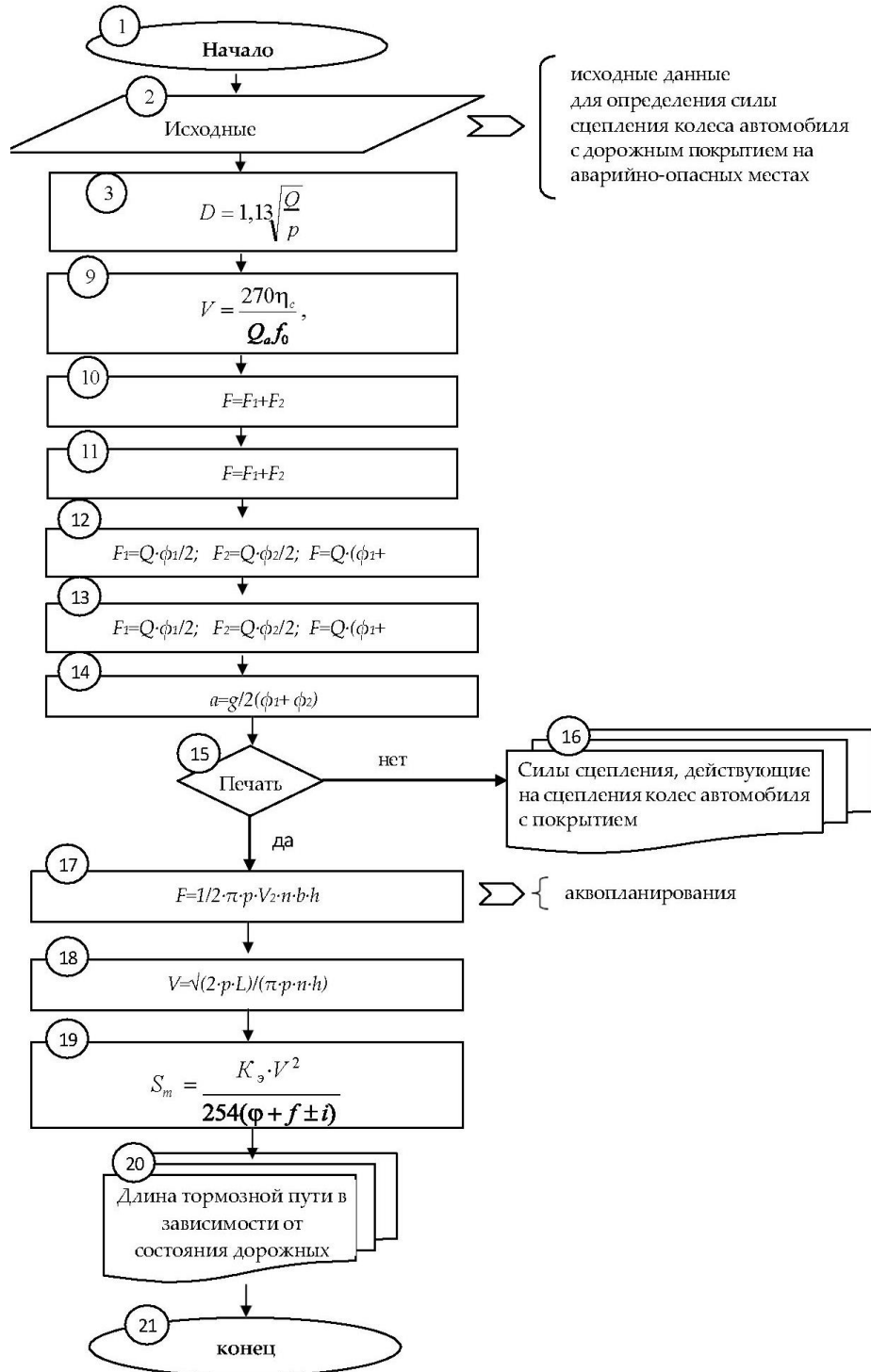
На рис. 2 представлен алгоритм расчета длины тормозного пути автомобиля в зависимости от состояния покрытий.

Взаимодействие автомобиля с дорожным покрытием отражают средним давлением на площадь контакта колеса с дорогой ( $p$ ), частотой воздействия нагрузки, прогибом покрытия ( $l$ ), сопротивлением качению ( $f$ ) и коэффициентом сцепления ( $\varphi$ ). Одним из важнейших показателей является среднее давление, которое определяется как отношение нагрузки ( $Q$ ) к площади контакта колеса с поверхностью ( $S$ ), выраженной в  $\text{см}^2$ :  $p = Q / S$ .

Площадь контакта может учитываться по внешнему контуру в виде эллипса и выступам протектора. При расчетах среднего давления, как правило, ориентируются на площадь контакта по выступам протектора. В расчетах  $p = K_{ж} p_0$ , при вычислении  $p$  площадь отпечатка принимают условно в виде круга диаметром  $D$ , равновеликим площади эллипса.

Диаметр круга вычисляют по формуле:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{p}} \quad (1)$$



**Рисунок 2.** Алгоритм расчета длины тормозного пути в зависимости от состояния дорожных покрытий

Примечание – составлено автором на основе данных (Kiyalbayev et al., 2020).



В зависимости от величины  $p$  в дорожной одежде и полотне возникают напряжения и деформации.

Основной тип движителей транспортных средств на автомобильных дорогах – пневматические колеса. В зависимости от внутреннего давления воздуха  $p_в$  они делятся на пневматики высокого (6-9 кгс/см<sup>2</sup>), среднего (3-6 кгс/см<sup>2</sup>) и низкого (3 кгс/см<sup>2</sup>) давления. По  $p_в$  можно ориентировочно судить о среднем давлении на покрытие одежды

$$p = K_{ж} \cdot p_в, \quad (2)$$

где  $K_{ж}$  – коэффициент, отражающий жесткость шины, который варьируется от 0,8 до 1,5 и при расчете на прочность дорожных одежд принимается 1,1;  $p_в$  – внутреннее давления воздуха.

Пневмоколеса деформируются, и величину их сжатия можно описать таким образом:

$$u = K_y \cdot Q \quad (3)$$

где  $K_y$  – коэффициент, характеризующий упругость шины; зависит от ее конструкции и давления воздуха;  $Q$  – нагрузка на колесо, тс.

Коэффициент сопротивления качению для основных типов покрытий имеет следующие значения:

**Таблица 1.** Коэффициент сопротивления качению

Покрытие	Значения f
Асфальтобетонное (мелкозернистая смесь)	0,005-0,01
Щебеночное, укрепленное органическими вяжущими материалами	0,02-0,03
Щебеночное и гравийное необработанные	0,03-0,06

*Примечание: Примечание: заимствовано из работы (Киялбаев & Киялбай, 2017)*

Сопротивление качению оказывает заметное влияние на скорость движения автомобиля:

$$V = \frac{270 \cdot \eta_c}{Q_a \cdot f_0} \quad (4)$$

где  $\eta_c$  – средняя мощность двигателя, расходуемая на преодоление горизонтальных сил, л. с.;  $Q_a$  – полный вес автомобиля, кгс;  $f_0$  – коэффициент сопротивления качению.

Численные значения коэффициентов  $\varphi$  при  $V$  равном 40-50 км/ч зависят от типа покрытия:

**Таблица 2.** Коэффициент продольного сцепления покрытия

Покрытие и его состояние	Значения $\varphi$
Цементобетонное, сухое	0,85-0,83
Асфальтобетонное (мелкозернистая смесь), сухое	0,75-0,70
То же, влажное	0,40-0,35
Щебеночное, сухое	0,70-0,60
Загрязненное покрытие	0,35-0,25
Снежная уплотненная корка	0,25-0,20
Снежная уплотненная корка	0,20-0,15
Обледенелое покрытие	0,10-0,08

*Примечание – заимствовано из работы (Киялбаев & Киялбай, 2017)*

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Определение силы сцепления при неравномерных эксплуатационных состояниях покрытий, действующих на сцепления колес автомобиля.

Полная сила, действующая на автомобиль при торможении, выражается таким образом (рис. 3) (Васильев et al., 2022, Огар, Логинов & Алексеев, 2006, Куракина, 2014):

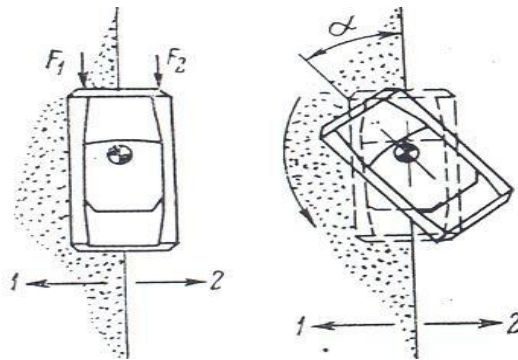
$$F = F_1 + F_2 \quad (5)$$

при этом  $F_1 = Q \cdot \varphi_1 / 2$ ,  $F_2 = Q \cdot \varphi_2 / 2$ ,  $F = Q \cdot (\varphi_1 + \varphi_2) / 2$ ,  
где  $\varphi_1$  – коэффициент продольного сцепления покрытия;  $\varphi_2$  – коэффициент продольного сцепления обочины.

Поскольку  $F = m \cdot a = \frac{Q}{g \cdot a}$ , замедление (а) автомобиля при торможении равно:

$$a = \frac{g}{2(\varphi_1 + \varphi_2)} \quad (6)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения (сила тяжести), м/с<sup>2</sup>.



**Рисунок 3.** Расчетная схема заноса автомобиля на скользкой дороге:

1 – проезжая часть; 2 – обочина;  $\alpha$  – угол разворота автомобиля.

$F$  – полная сила сцепления;  $F_1$  – силы сцепления колес, скользящих по твердому покрытию;  $F_2$  – силы сцепления колес, скользящих по обочине.

*Примечание – составлено автором на основе анализа литературы (Кузнецов Ю.В., 1981)*

2. Определение силы сцепления при различных типах поверхностей, действующих на сцепление колес автомобиля при торможении (Киялбаев & Киялбай, 2017, Шаров & Чижов, 2014, Zakowska, 2016).

При различных типах поверхностей коэффициент сопротивления качению будет иметь разные значения. Например, для грунта обочины коэффициент сопротивления качению ( $f_2$ ) равен 0,06-0,1. В этом случае  $F_2 > F_1$ , где  $F_2$  – силы скольжения при неукрепленной обочине и  $F_1$  – при асфальтобетонном покрытии.

$$F_2 = \frac{Q \cdot (\varphi_2 + f_2)}{2} \quad (7)$$

Полное сопротивление скольжению:

$$F = \frac{Q \cdot (\varphi_1 + \varphi_2 + f_2)}{2} \quad (8)$$



3. Определение силы сцепления при различных типах поверхностей, действующих на сцепление колес автомобиля при движении.

В случае, когда автомобиль частично съезжает на неукрепленную обочину и водитель не успевает применить торможение, важным фактором, способствующим опрокидыванию, становится не разница в коэффициентах сцепления, а различие в коэффициентах сопротивления качению между основным покрытием и обочиной.

Полная сила сопротивления качению равна (Kiyalbayev et al., 2020):

$$F = F_1 + F_2 = \frac{Q \cdot (f_1 + f_2)}{2} \quad (9)$$

Таблица 3. Результаты расчета

V, км/ч	φ		f		Силы, действующие на колеса автомобиля, кг		
	на покрытии	на обочине	на покрытии	на обочине	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F
1	2	3	4	5	6	7	8
20	0,1	0,2	0,02	0,08	1180	1620	2750
	0,3	0,5	0,08	0,14	1810	2332	4412
	0,7	0,5	0,10	0,18	2500	2790	5260
50	0,1	0,2	0,02	0,06	1012	1200	2202
	0,3	0,5	0,08	0,10	1670	1650	3136
	0,7	0,5	0,10	0,16	2100	2270	4380
80	0,1	0,2	0,02	0,06	675	765	1640
	0,3	0,5	0,08	0,10	1457	2200	3247
	0,7	0,5	0,10	0,18	1800	2440	4220

Примечание – составлено автором на основе данных (Kiyalbayev et al., 2020)

4. Аквапланирование – потеря механического сцепления колес с поверхностью покрытия при движении автомобиля с высокой скоростью по мокрому покрытию, в результате чего автомобиль теряет управляемость.

Гидродинамическая подъемная сила равна:

$$F = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot V^2 \cdot n \cdot b \cdot h} \quad (10)$$

где  $\rho$  – плотность воды;  $V$  – скорость движения;  $n$  – степень увеличения глубины воды;  $b$  – ширина беговой дорожки шины;  $h$  – глубина слоя воды.

5. Определение длины тормозного пути. В большинстве случаев причиной ДТП является недооценка водителями сцепных качеств дорожных покрытий. Это прежде всего происходит в зимний период при скользкости покрытий (Сильянов & Домке, 2007, Пегин, 2007). При учете ДТП в местах их совершения работниками дорожной полиции часто допускаются ошибки при определении причин их совершения. Например, при скользкой дороге работники дорожной полиции в карточке ДТП отмечают их как «стекловидный лед» (Kiyalbayev et al., 2020)

Гололед – это один их видов скользкости, который может появляться после жидких осадков с продолжением снижения температуры воздуха. В таких случаях поверхность покрытия для водителя кажется сухой и чистой. Однако при этом коэффициент сцепления снижается до 0,08-0,15, а длина тормозного пути принимает максимальное значение. Рассмотрим этот случай на примере.

Длина тормозного пути в зависимости от эксплуатационного состояния покрытий определяется (Нурланова, Алимгазин & Киялбай, 2019):

$$S_m = \frac{K_3 \cdot V^2}{254 \cdot (\varphi + f \pm i)} \quad (11)$$

где  $K_3$  – коэффициент эффективности срабатывания тормозной системы транспортных средств,  $K_3 = 1,1-1,15$  – для легковых автомобилей;  $K_3 = 1,3-1,4$  – для грузовых автомобилей;  $V$  – скорость движения транспортных средств, км/ч;  $\varphi$  – коэффициент сцепления дорожных покрытий;  $f$  – коэффициент сопротивления качению;  $i$  – продольный уклон дороги (знак «+» показывает, что автомобиль движется на подъем, «-» – на спуск);

Исходные данные:  $V_{л.а.} = 95$  км/ч;  $V_{гр.а.} = 75$  км/ч; коэффициент сцепления сухого, чистого покрытия –  $\varphi = 0,79$ , а на скользком покрытии при снежном накате –  $\varphi = 0,21$ , при гололеде –  $\varphi = 0,11$ .

Алгоритм расчета:

Сухое, чистое покрытие:

$$S_{гр.л.} = \frac{1,1 \cdot 95^2}{254 \cdot (0,79 + 0,02 \pm 0)} = \frac{9927,5}{205,7} = 48,3 м,$$

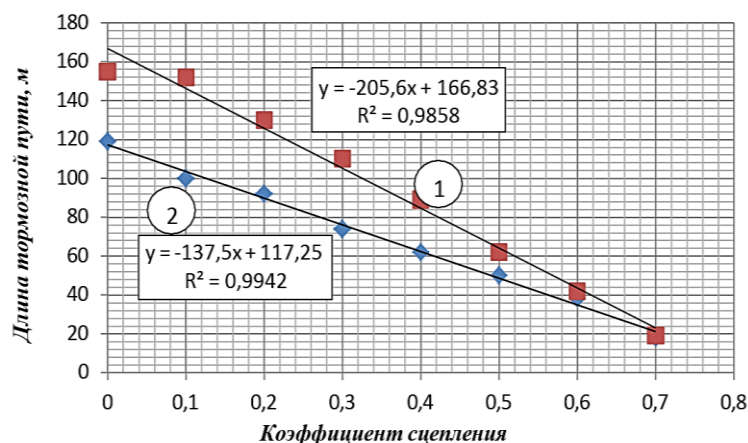
$$S_{л.л.} = \frac{1,7 \cdot 75^2}{254 \cdot (0,79 + 0,02 \pm 0)} = \frac{9562,5}{205,7} = 46,5 м,$$

При скользкой дороге:

$$S_{гр.л.} = \frac{1,1 \cdot 95^2}{254 \cdot (0,11 + 0,02 \pm 0)} = \frac{9927,5}{33,02} = 300,7 м,$$

$$S_{л.л.} = \frac{1,1 \cdot 75^2}{254 \cdot (0,11 + 0,02 \pm 0)} = \frac{9562,5}{33,02} = 289,6 м$$

Результаты расчета представлены на графике (рис. 4).



**Рисунок 4.** Корреляционная зависимость между длиной тормозного пути и коэффициентом сцепления дорожных покрытий: 1 – для грузового автомобиля;

2 – для легкового автомобиля - при скользкой дороге

Примечание – составлено авторами



Фактическая скорость движения транспортных средств в местах совершения ДТП равна:

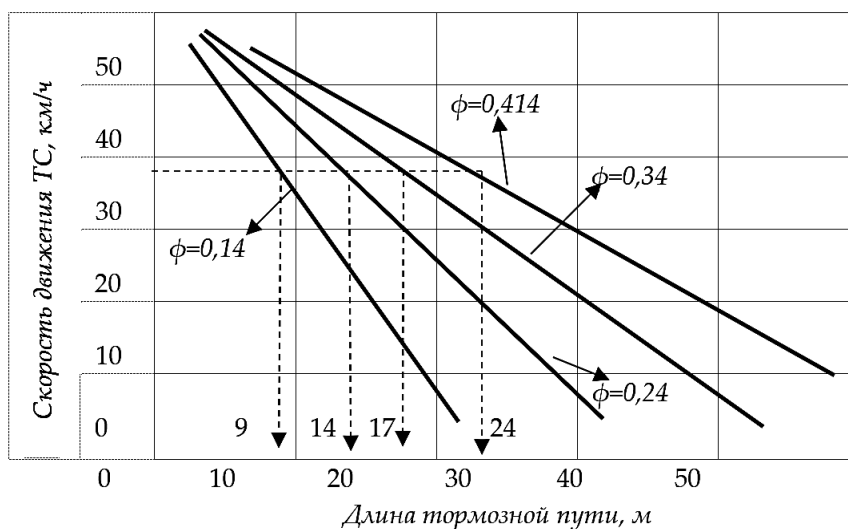
$$V = \sqrt{\frac{254 \cdot S_m \cdot (\varphi + f \pm i)}{K_s}} \quad (12)$$

*Исходные данные.* Скорость автомобиля  $V=55$  км/ч; длина тормозного пути, замеренного на месте происшествия,  $S_m=36,5$  м; состояние асфальтобетонного покрытия – скользкое,  $\varphi=0,19$  (определяется портативным прибором ППК-2); горизонтально-прямой участок,  $i=0$ ;  $K_s=1,74$  – грузовой автомобиль.

*Ход решения.*

$$V = \sqrt{\frac{254 \cdot 36,5 \cdot (0,19 + 0,02 \pm 0)}{1,74}} = \sqrt{\frac{1946,91}{1,74}} = 33,4 \text{ км/ч}$$

*Результаты расчета.* С увеличением длины тормозного пути скорость транспортных средств увеличивается. Однако на увеличение скорости движения транспортных средств существенное влияние оказывает состояние дорожного покрытия: чем коэффициент сцепления колеса автомобиля с покрытием выше, тем максимальная скорость движения принимает свое значение при минимальной длине тормозной пути. Например, скорости движения автомобиля  $V=39$  км/ч соответствуют значения тормозного пути 9, 14, 17 и 24 м при коэффициентах сцепления  $\varphi = 0,14$ ,  $\varphi = 0,24$ ,  $\varphi = 0,34$  и  $\varphi = 0,44$  соответственно (рис. 5). В местах совершения ДТП сначала замеряется длина тормозного пути и определяется предполагаемая скорость автомобиля. При этом не учитываются факторы, влияющие на длину тормозного пути, такие как: вес автомобиля, тип перевозимого груза, коэффициент аэродинамического сопротивления и упругость шин.



**Рисунок 5.** Значение фактической скорости движения в зависимости от длины тормозного пути и состояния дорожного покрытия

*Примечание – составлено автором*

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученное значение коэффициента сцепления характерно для дорожных покрытий с хорошими эксплуатационными свойствами – сухих, чистых и имеющих



выраженную шероховатость. Однако при анализе скорости транспортного средства в момент дорожно-транспортного происшествия необходимо учитывать целый ряд дополнительных факторов, которые могут существенно повлиять на расчетные значения. В первую очередь это тип транспортного средства, поскольку легковые автомобили, грузовики, автобусы и мотоциклы имеют различные технические характеристики. Немаловажным фактором является лобовое сопротивление, особенно для транспортных средств с большой фронтальной площадью, таких как грузовики и автобусы – сопротивление воздуха оказывает заметное влияние на тормозной путь и общее замедление автомобиля. Также следует учитывать полную массу транспортного средства, включая собственную массу, массу груза и пассажиров, так как от нее напрямую зависят инерция и эффективность торможения. Существенную роль играют характеристики шин: их тип, сезонность, степень износа, давление и эластичность, поскольку именно шины обеспечивают непосредственный контакт автомобиля с дорожной поверхностью. Кроме того, при оценке скорости необходимо принимать во внимание продольный уклон дороги: на спусках тормозной путь увеличивается, на подъемах – уменьшается, что также влияет на поведение автомобиля. Наконец, важно учитывать тип и текущее состояние покрытия: асфальт, бетон, гравий, наличие загрязнений, влаги или наледи – всё это существенно влияет на фактический коэффициент сцепления и, следовательно, на результаты экспертной оценки. Все перечисленные факторы в совокупности должны быть приняты во внимание для получения объективной и достоверной картины обстоятельств происшествия. Разработан пример решения задач по определению силы сцепления колеса автомобиля с покрытием при его неравномерных эксплуатационных состояниях и установлена зависимость между коэффициентом сцепления и различной длиной тормозного пути автомобиля.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**ФИНАНСИРОВАНИЕ:** Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

**БЛАГОДАРНОСТИ:** Данное исследование проводилось совместно с Технопарком КазАДИ.

**УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА:** не использовались.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Kiyalbayev, A., Yessentay, D., Kiyalbay, S., Borisyuk, N. (2020). Reliability criterion and a model for determining the optimal speed of movement on automobile roads in winter sliding conditions. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*, 6(444), 119–125. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.138>
- Бабков, В. Ф. (1993). Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 271 с. // Babkov, V. F. (1993). *Dorozhnye usloviya i bezopasnost' dvizheniya: Uchebnik dlya vuzov* [Road conditions and traffic safety: Textbook for universities]. Moscow: Transport, 271 p. (In Russ.)
- Васильев, А. П., Апестин, В. К., Бахрах, Г. С., Дингес, Э. В., Добров, Э. М. (2022). Теория эксплуатации автомобильных дорог. Учебное пособие. – КноРус, 592 с. // Vasil'ev, A. P., Apestin, V. K., Bahrah, G. S., Dinges, E. V., Dobrov, E. M. (2022). *Teoriya ekspluatatsii avtomobil'nykh dorog: Uchebnoe posobie* [Theory of highway operation: Textbook]. KnoRus, 592 p. (In Russ.)
- Куракина, Е. В. (2014). Об отклонении нормативных характеристик показателей автомобильной дороги (на примере аварийно-опасных участков дорог



- Ленинградской области). *Современные проблемы науки и образования*, (2), 12–16. // Kurakina, E. V. (2014). Ob otklonenii normativnykh kharakteristik pokazateley avtomobil'noy dorogi (na primere avariyno-opasnykh uchastkov dorog Leningradskoy oblasti) [On the deviation of standard characteristics of highway indicators (on the example of accident-prone road sections in the Leningrad region)]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, (2), 12–16. (In Russ.)
- Киялбаев, А., Киялбай, С. Н. (2017). Эксплуатация автомобильных дорог. Учебное пособие. – Москва-Алматы: МААДО, КазАДИ, 343 с. // Kiyalbaev, A., Kiyalbai, S. N. (2017). Ekspluatatsiya avtomobil'nykh dorog: Uchebnoe posobie [Highway operation: Textbook]. Moscow-Almaty: MAADO, KazADI, 343 p. (In Russ.)
- Киялбай, С. Н. (2012). Эксплуатация автомобильных дорог. – Алматы: КазАДИ, 246 с. // Kiyalbai, S. N. (2012). Ekspluatatsiya avtomobil'nykh dorog [Highway operation]. Almaty: KazADI, 246 p. (In Russ.)
- Красиков, О. А., Немчинов, М. В., Пашкин, В. К. (1992). Эксплуатационные требования к покрытиям автомобильных дорог. Учебное пособие. – Алма-Ата: ИПК Минтрансстрой РК, 105 с. // Krasikov, O. A., Nemchinov, M. V., Pashkin, V. K. (1992). Ekspluatatsionnye trebovaniya k pokrytiyam avtomobil'nykh dorog: Uchebnoe posobie [Operational requirements for highway pavements: Textbook]. Alma-Ata: IPK Mintransstroya RK, 105 p. (In Russ.)
- Кузнецов, Ю. В. (1981). Определение коэффициента сцепления дорожного покрытия портативными приборами. В *Обеспечение безопасности движения на автомобильных дорогах* (с. 114–118). – М.: МАДИ. // Kuznetsov, Yu. V. (1981). Opredelenie koeffitsienta stsepleniya dorozhnogo pokrytiya portativnymi priborami [Determining the coefficient of pavement friction with portable devices]. In *Obespechenie bezopasnosti dvizheniya na avtomobil'nykh dorogakh* (pp. 114–118). Moscow: MADI. (In Russ.)
- Киялбаев, А. К., Киялбай, С. Н., Еспаева, Г. А., Маданбеков, Н. Ж. (2023). Теоретические и экспериментальные методы транспортного строительства. Учебник. Часть 1. Дорожные условия и основы дорожной теплотехники, под ред. д.т.н., проф. Киялбаева А. К. – Алматы–Бишкек: ADAL КИТАП, 348 с. // Kiyalbaev, A. K., Kiyalbai, S. N., Espaeva, G. A., Madanbekov, N. Zh. (2023). Teoreticheskie i eksperimental'nye metody transportnogo stroitel'stva. Chast' 1: Dorozhnye usloviya i osnovy dorozhnoy teplotekhniki [Theoretical and experimental methods of transport construction. Part 1: Road conditions and fundamentals of road thermotechnics], ed. by Dr. Tech. Sci. Prof. A. K. Kiyalbaev. Almaty–Bishkek: ADAL KITAP, 348 p. (In Russ.)
- Огар, П. М., Логинов, О. М., Алексеев, И. Н. (2006). Влияние шероховатости дорожного покрытия на величину коэффициента сцепления автомобильных шин. *Труды БГТУ*, 292–297. – Братск. // Ogar, P. M., Loginov, O. M., Alekseev, I. N. (2006). Vliyanie sherohovatosti dorozhnogo pokrytiya na velichinu koeffitsienta stsepleniya avtomobil'nykh shin [Influence of road surface roughness on the coefficient of friction of automobile tires]. *Trudy BGTU*, 292–297. Bratsk. (In Russ.)
- Пегин, П. А. (2007). Оценка безопасности движения и способы устранения опасных мест на автомобильной дороге: Учебное пособие. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 91 с. // Pegin, P. A. (2007). Otsenka bezopasnosti dvizheniya i sposoby ustraneniya opasnykh mest na avtomobil'noy doroge: Uchebnoe posobie [Assessment of traffic safety and methods for eliminating dangerous spots on highways: Textbook]. Khabarovsk: TOGU Publishing, 91 p. (In Russ.)
- Сильянов, В.В., Домке, Э.Р. (2007). Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц. – М.: Академия, 348 с. // Sil'yanov, V.V., Domke, E.R. (2007). Transportno-ekspluatatsionnye kachestva avtomobil'nykh dorog i

- gorodskikh ulits [Transport and operational qualities of highways and city streets]. Moscow: Akademiya, 348 p. (In Russ.)
- Сыртанов, С.К., Киялбаев, А.К., Ахметов, К.Н., Лим, В.Ч. (2004). Безопасность дорожного движения на автомобильных дорогах. – Алматы: КазАТК, 263 с. // Syrtanov, S. K., Kiyalbayev, A.K., Akhmetov, K.N., Lim, V.Ch. (2004). Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya na avtomobil'nykh dorogakh [Road traffic safety on highways]. Almaty: KazАТК, 263 p. (In Russ.)
- Шаров, А. Ю., Чижов, А. А. (2014). Дорожные условия и безопасность движения: Учебное пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 240 с. // Sharov, A. Yu., Chizhov, A. A. (2014). Dorozhnye usloviya i bezopasnost' dvizheniya: Uchebnoe posobie [Road conditions and traffic safety: Textbook]. Ekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 240 p. (In Russ.)
- Zakowska, L. Operational and safety effects of highway design. *Manuscript for 4th International Symposium on Highway Geometric Design*. URL: [http://www.4ishgd.valencia.upv.es/index\\_archivos/27.pdf](http://www.4ishgd.valencia.upv.es/index_archivos/27.pdf)
- Нурланова, Н. Н., Алимгазин, Б. Т., Киялбай, С. Н. (2019). Обоснование длины тормозного пути при учете аварийно-опасных мест на автомобильных дорогах. В *Материалы V Международной научно-технической конференции студентов, магистрантов и молодых ученых*, с. 285–290. – ВКГТУ. // Nurlanova, N. N., Alimgazin, B. T., Kiyalbai, S. N. (2019). Obosnovanie dliny tormoznoy puti pri uchete avariyno-opasnykh mest na avtomobil'nykh dorogakh. In *Materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii studentov, magistrantov i molodykh uchenykh*, pp. 285–290. VKGTU. (In Russ.)

**Авторлар туралы мәліметтер**  
**Информация об авторах**  
**Information about authors**



**Қиялбаев Әбді** – техника ғылымдарының докторы, профессор, Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ., Қазақстан

**Киялбаев Абды** – доктор технических наук, профессор, Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Казахстан

**Kiyalbayev Abdy** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan

e-mail: [abdi-ki@mail.ru](mailto:abdi-ki@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3068-3856>



**Бектурсунова Гульнара Сатбаевна** – техника ғылымдарының магистрі, Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ., Қазақстан

**Бектурсунова Гульнара Сатбаевна** – магистр технических наук, Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Казахстан

**Bektursunova Gulnara Satbayeva** – Master of Technical Sciences, Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan

e-mail: [kamila\\_19jule@mail.ru](mailto:kamila_19jule@mail.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2635-4512>