

УДК 629.331

Є.А. Васильєв, к. т. н., доцент

Ю.Ю. Кваша, магістрант

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ
АВТОМОБІЛЯ З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ
В УМОВАХ ОЖЕЛЕДИЦІ**

Розглянуте підвищення безпеки автомобілів в умовах експлуатації. Проведене усереднення нормованих характеристик бічного відведення та поздовжнього проковзування; підібрані функції для зазначених типових характеристик.

Ключові слова: *автомобіль, лід, ожеледиця, шина, зчеплення.*

УДК 629.331

Е.А. Васильев, к. т. н., доцент

Ю.Ю. Кваша, магистрант

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
АВТОМОБИЛЯ С ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ
В УСЛОВИЯХ ГОЛОЛЕДИЦЫ**

Рассмотрено повышение безопасности автомобилей в условиях эксплуатации. Проведенное усреднение нормированных характеристик бокового увода и продольного проскальзывания; подобраны функции для указанных типовых характеристик

Ключевые слова: *автомобиль, лед, гололедица, шина, сцепление.*

UDC 629.331

Ie.A. Vasyliev, Ph.D.

J.J. Kvasha, graduate student

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

**INVESTIGATION OF INTERACTING PROCESS
BETWEEN A CAR AND MOUNTING SURFACE
ON ICY ROADS**

The safety improvement of cars in the conditions of exploitation is considered. The averaging of the normed characteristics of lateral lead and longitudinal slipping is carried out; Selected functions for the specified typical characteristics.

The key words: *car, ice, ice, tire, clutch.*

Постановка проблеми. Особливе місце серед заходів боротьби з аварійністю займає розслідування ДТП, яке вимагає впровадження в практику нових ефективних методів, що дозволяють підвищувати

вірогідність проведення експертизи. Відсутність загальноприйнятої методики визначення зчепних властивостей шин на зледенілому покритті не дозволяє визначати їхній коефіцієнт зчеплення з малими похибками, що значно знижує об'єктивність проведення експертизи ДТП автомобілів на слизьких дорогах.

Аналіз останніх досліджень і виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Однієї з головних проблем експлуатації автомобілів є забезпечення безпеки дорожнього руху, особливо в зимову пору року. В [9] відзначено, що зчепні якості дорожнього покриття в значній мірі визначають довжину гальмівного шляху автомобіля, значно впливають на його стійкість і керованість, тому є найважливішим параметром, що впливає на безпеку руху. Як показують численні дослідження [4, 5, 6 і ін.], через зниження зчеплення ступінь ризику потрапити в ДТП на покритому снігом або льодом дорожньому покритті відповідно в 1,5 і 4,5 разів вище, чим на чистому сухому покритті [9].

Відповідно до « Посібника з боротьби із зимовою слизькістю на автомобільних дорогах» [8] усі види сніжно-крижаних відкладень, що утворюються на дорожньому покритті, за зовнішніми ознаками підрозділяють на пухкий сніг, сніжний накат, склоподібний лід.

Можна виділити наступні шляхи збільшення зчеплення шин автомобілів зі зледенілим покриттям дороги:

- з боку дороги – боротьба із зимовою слизькістю;
- з боку автомобіля – підвищення зчепних властивостей шин і використання систем активної безпеки.

При зимовому утриманні автомобільних доріг крім збирання снігу застосовують хімічний, комбінований, фрикційний і фізико-хімічний способи боротьби із зимовою слизькістю [8]. Мета зимового утримання доріг полягає в тому, щоб знизити кількість ДТП за рахунок видалення снігу й льоду з дорожнього покриття й тим самим поліпшення умов зчеплення шин коліс автомобіля з дорожнім покриттям.

Використання шипованих шин дозволяє суттєво (до 1,5-2 рази) підвищити коефіцієнт зчеплення при русі автомобіля по суцільному льоду або сніжному накаті. На чистих сухих асфальто- і цементобетонних покриттях шиповані шини рівні або уступають нешипованим [3, 11] через зменшення площі контакту, викликаного виступом шипу. При русі по дорозі з ділянками сухого й зледенілого покриття можливі різкі зміни коефіцієнта зчеплення шипованої шини з поверхнею дороги, що призводить до збільшення гальмівного шляху, погіршенню керованості автомобіля й виникненню аварійних ситуацій. Також відома проблема негативного впливу шипованих шин на поверхню дороги внаслідок інтенсивного викрашування шипами часток дорожнього покриття, що приводить до його швидкого зношування й росту запиленості навколорожнього простору. Тому застосування шипів в більшості країн було або обмежене або повністю заборонене [2].

Застосування систем активної безпеки дозволяє в різних критичних

ситуаціях скоротити гальмівний шлях, зберегти курсову стійкість і керованість автомобіля [6, 10].

Найбільш відомими й використовуваними системами активної безпеки є:

- антиблокувальна система;
- антибуксувальна система;
- система розподілу гальмівних зусиль;
- система екстреного гальмування;
- електронне блокування диференціала;
- система курсової стійкості.

Мета дослідження: підвищення безпеки автомобілів в умовах експлуатації, вдосконалення випробувань шин легкових автомобілів на основі встановлення закономірностей їх зчеплення з льодом.

Виклад основного матеріалу.

При розробці опису використовуються експериментальні характеристики зчеплення шин з льодом, отримані в діапазонах зміни факторів варіювання. Порядок розробки включає викладені нижче пункти:

1) Побудова типової характеристики.

Виконаний аналіз представлених у літературі й отриманих у результаті пошукового експерименту характеристик шин показав, що в досліджуваній області зміни факторів, що впливають, утворюються характеристики однієї форми.

Характеристики стають подібними один одному, якщо використовувати нормовані характеристики виду: $\xi_y(\delta) = f(\delta) / \varphi_{y \max}$ та $\xi_x(S_x) = f(S_x) / \varphi_{x \max}$.

Нормовані характеристики представимо залежностями нормованого коефіцієнта ξ бічної або поздовжньої сили від кута відведення або поздовжнього прослизання, де коефіцієнт ξ змінюється в діапазоні від 0 до 1. При зміні факторів, що впливають, $\xi_y(\delta)$ і $\xi_x(S_x)$ кількісно змінюються. Назвемо типовими характеристиками залежності $\bar{\xi}_y(\delta)$ й $\bar{\xi}_x(S_x)$, що відображають із найменшою похибкою всі експериментальні нормовані характеристики $\xi_y(\delta)$ і $\xi_x(S_x)$, отримані в досліджуваному просторі факторів, де δ , S_x – кут відведення або поздовжнє прослизання для зчепної характеристики.

2) Розрахунки коефіцієнтів функції типової характеристики.

Звичайно формула типової характеристики шин є нелінійною. При такій формулі звичайно не існує аналітичних формул для розрахунків наявних у ній коефіцієнтів, і застосовуються чисельні методи. Для розрахунків коефіцієнтів будемо використовувати метод покоординатного спуска.

Значення коефіцієнтів обчислюємо за результатами обробки експериментальних даних, далі вважаємо їх постійними. Назвемо умовно

коефіцієнти функції типової характеристики «постійними» коефіцієнтами.

Для побудови типової характеристики $\xi\psi(\delta_T)$ використовуємо нормовані характеристики шести шин різних моделей, отримані при пошуковому експерименті. Випробовувалися зимові шини розмірами 185/70 R14, 195/65 R15 і всесезонні шини розміром 185/70 R16. Ураховувався вплив факторів: нормального навантаження P_z , тиску повітря у шині p_b , поступальної швидкості колеса V_k , температури льоду t_l , товщини льоду h_l і швидкості повороту колеса $\dot{\delta}$. Розмахи варіювання факторів мали наступні значення:

- | | |
|--|-------------------------|
| - нормальне навантаження на колесо P_z [кН] | економічна $\pm 50\%$; |
| - тиск повітря в шині p_b [кПа] | номінал $\pm 25\%$; |
| - поступальна швидкість колеса V_k [км/год] | 25 ... 75; |
| - температура льоду t_l [$^{\circ}\text{C}$] | -2,5 ... -7,5; |
| - товщина льоду h_l [мм] | 0,8 ... 1,6; |
| - швидкість повороту колеса $\dot{\delta}$ [$^{\circ}/\text{с}$] | 1,5 ... 3,5. |

На рис. 1 представлено тридцять експериментальних нормованих характеристик бічного відведення:

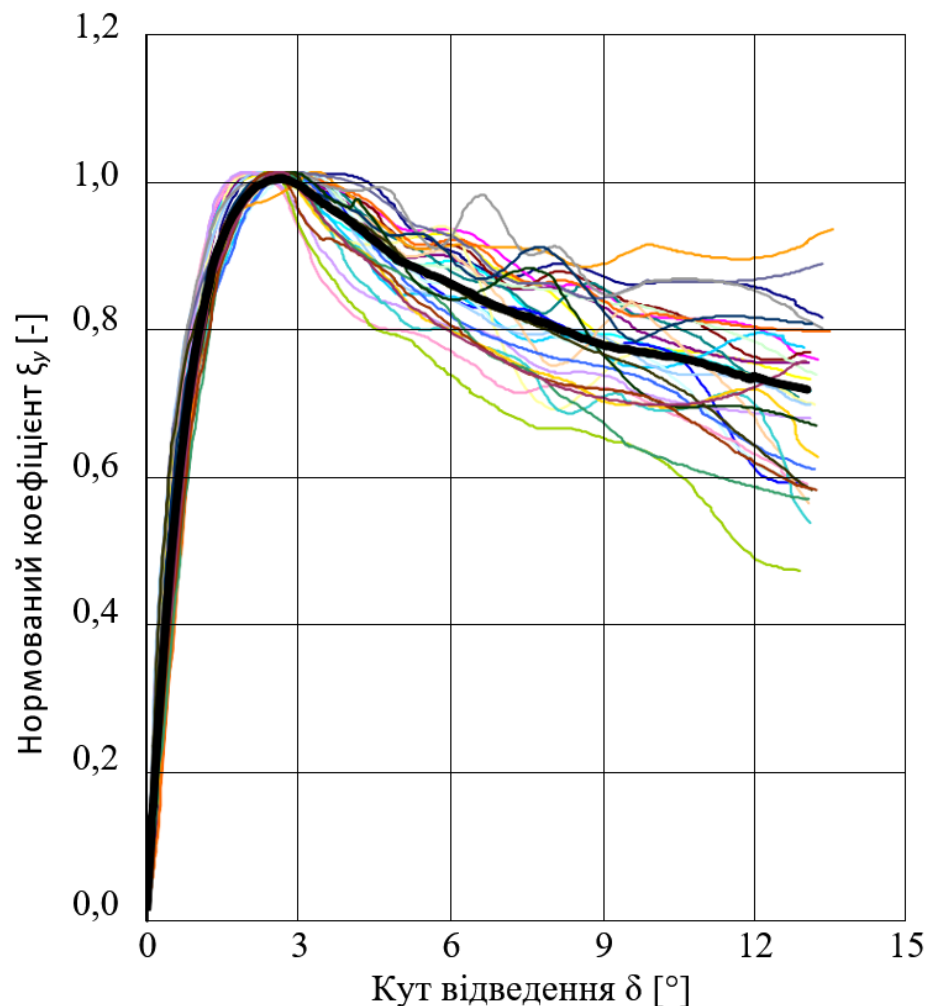


Рисунок 1 – Усреднення нормованих характеристик бічного відведення

Стовщена крива відповідає середнім арифметичним значенням усіх характеристик. Функція, що апроксимує цю криву, і є типовою характеристикою бічного відведення. Особливістю характеристики є істотне зниження зчеплення після досягнення критичного кута відведення.

Типова характеристика з найменшою погрішністю виражається формулою:

$$\bar{\xi}_y(\delta_T) = D \sin \left[C \arctan \left\{ (1 - E) \delta_T + (E / B) \arctan(B \delta_T) \right\} \right], \quad (1)$$

де B, C, D, E – «постійні» коефіцієнти.

Як приклад на рис. 2 показано два розв'язки, що утворюються при розрахунках коефіцієнтів функції. Крива 1 відображає правильний розв'язок, а крива 2 – хибний розв'язок.

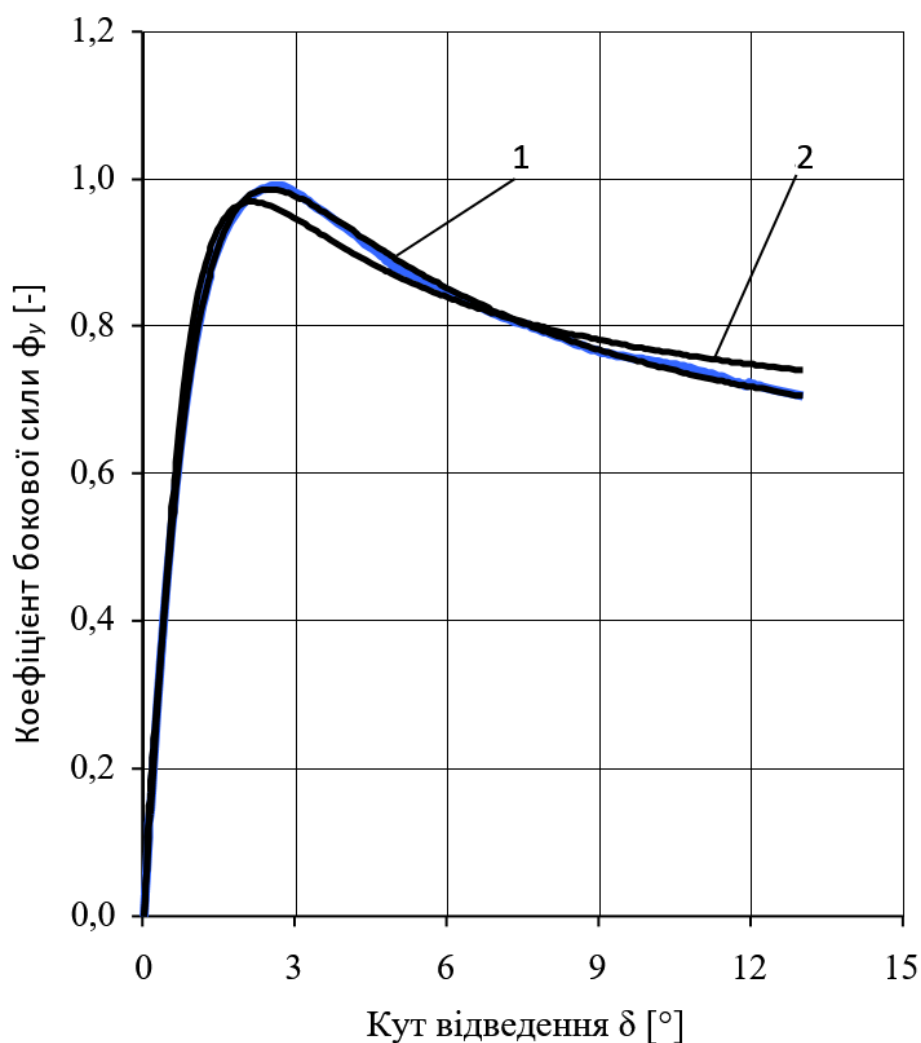


Рисунок 2 – Апроксимація усередненої характеристики бічного відведення функцією з роботи [1]: 1 – правильний розв'язок; 2 – хибний розв'язок

Методом покоординатного спуска розраховані наступні значення коефіцієнтів:

$$B = -11,07; C = 1,63454; D = 0,98589; E = 0,44367.$$

Для побудови типової характеристики для поздовжнього проковзування $\bar{\xi}_x(S_{xT})$ використовуємо нормовані характеристики шести шин різних моделей, отримані при пошуковому експерименті.

На рис. 3 представлено тридцять експериментальних нормованих характеристик поздовжнього проковзування. Створена крива відповідає середньому арифметичному значенню всіх характеристик. Функція, що апроксимує цю криву, і є типовою характеристикою поздовжнього проковзування.

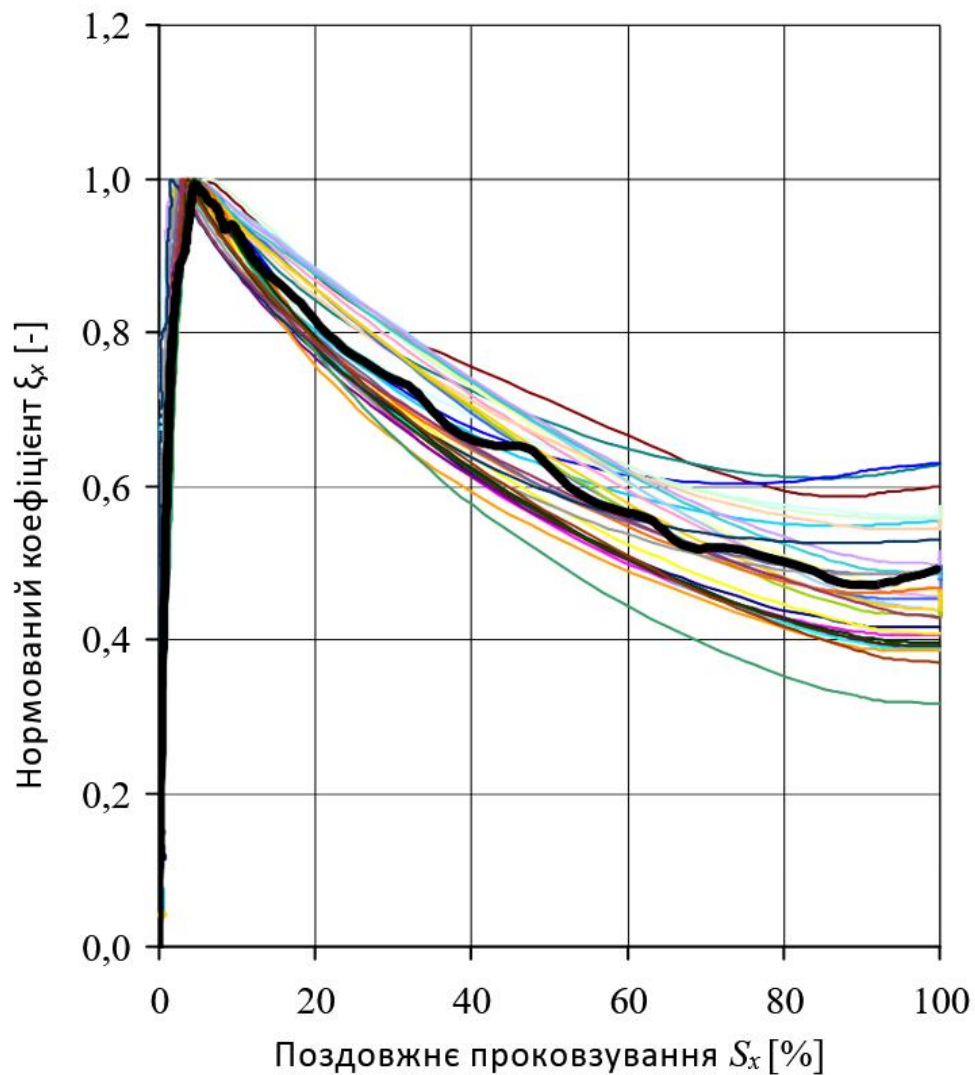


Рисунок 3 – Усреднення нормованих характеристик поздовжнього проковзування

Особливістю характеристики є різке зниження зчеплення після досягнення критичного проковзування.

Типова характеристика з найменшою погрішністю виражається функцією проковзування [7]:

$$\bar{\xi}_x(S_{xT}) = \frac{a_0 S_{xT}^2 + S_{xT}}{b_0 S_{xT}^2 + c_0 S_{xT} + d_0}, \quad (2)$$

де a_0, b_0, c_0, d_0 – «постійні» коефіцієнти.

Як приклад на рис. 4 показано два розв'язки, що утворюються при

розрахунках коефіцієнтів функції. Крива 1 відображає правильний розв'язок, а крива 2 – хибний розв'язок.

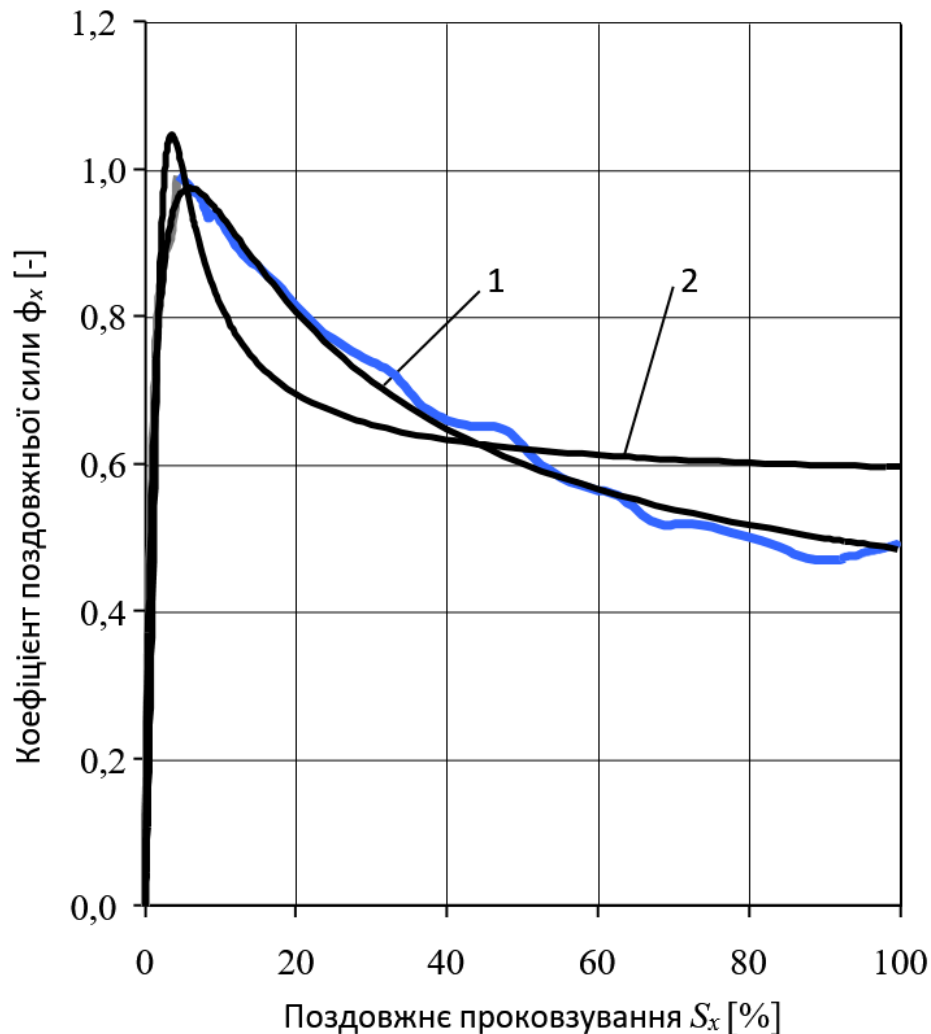


Рисунок 4 – Апроксимація усередненої характеристики поздовжнього проковзування функцією з роботи [7]: 1 – правильний розв'язок; 2 – хибний розв'язок

Методом покоординатного спуска розраховані наступні значення коефіцієнтів:

$$a_0 = 0,01372; b_0 = 0,04189; c_0 = 0,69353; d_0 = 0,96398.$$

Висновки. Запропонований математичний опис процесу взаємодії автомобільних шин з опорною поверхнею, покритої льодом дозволяє розраховувати характеристики поздовжнього проковзування й бічного відведення шин з урахуванням зміни їх зчпних властивостей від завантаженості АТЗ, їх початкової швидкості й температури льоду.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Bakker E. *Tire Modelling for Use in Vehicle Dynamics Studies* / E. Bakker, L. Nyborg, H. B. Pacejka ; SAE Paper 870421, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, February 1987.

2. *Creswell, Jay S. Studded tires and highway safety: feasibility of determining indirect benefits / J. S. Creswell, D. F. Dunlap, and J. A. Green. Transportation Research Board, National Research Council. – Washington, 1977.*
3. *Scheibe, Robert R. An overview of studded and studless tire traction and safety / Robert R. Scheibe. Washington State Transportation Center. – Seattle, 2002.*
4. *Балабин И. В. Комплексная оценка влияния основных силовых параметров на характеристику увода шин легковых автомобилей / И. В. Балабин, В. Н. Задворнов, А. В. Кнороз // Автомобильная промышленность. – 1984. - № 4. – С. 18-19.*
5. *Балакин В.Д. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2005. – 136 с.*
6. *Иванов, В.Н. Все об активной и пассивной безопасности автомобиля / В.Н. Иванов.– М.: Астрель, 2005. – 176 с.*
7. *Малюгин П. Н. Исследование предельных возможностей антиблокировочной системы по улучшению процесса экстренного торможения автомобиля на повороте / П. Н. Малюгин // Исследование торможения автомобиля и работы пневматических шин : межвуз. сб. – Омск : ОмПИ, 1983. – С.22-37.*
8. *ОДМ. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах. Утв. 16.06.2003 г. распор. Минтранса РФ № ОС-548-р. – М.: Информав- тодор, 2003. – 72 с.*
9. *Рунэ Эльвик Справочник по безопасности дорожного движения / Рунэ Эльвик, Аннэ Боргер Мюсен, Трулс Ваа; под ред. В. В. Сильянова: пер. с норв. – М.: МАДИ (ГТУ), 2001. – 754с.*
10. *Рябчинский, А.И. Регламентация активной и пассивной безопасности автотранспортных средств / А.И. Рябчинский, Б.В Кусиленко, Т.Э. Морозова. - М.: Академия, 2006. – 432 с.*
11. *Шины с шипами. За и против. Производство и эксплуатация / Коллектив авторов: Михайлов Ю.Б. и др. – СПб.: БСК, 1998. – 202 с.*