

УДК 629.3.032

ВПЛИВ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ШИН

М.М. Балака, асист.,
Київський національний університет будівництва і архітектури

Анотація. Проаналізовано закономірності зміни показників довговічності великогабаритних шин при зміні експлуатаційних факторів, таких як навантажувальний і швидкісний режими, тиск повітря в шині, дорожні та кліматичні умови експлуатації.

Ключові слова: великогабаритна шина, довговічність, експлуатація, навантаження, швидкість, тиск, дорожні умови, температура.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ШИН

М.Н. Балака, ассист.,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

Аннотация. Проанализированы закономерности изменения показателей долговечности крупногабаритных шин при изменении эксплуатационных факторов, таких как нагрузочный и скоростной режимы, давление воздуха в шине, дорожные и климатические условия эксплуатации.

Ключевые слова: крупногабаритная шина, долговечность, эксплуатация, нагрузка, скорость, давление, дорожные условия, температура.

IMPACT OF OPERATING CONDITIONS ON THE DURABILITY OF LARGE-SIZE TYRES

M. Balaka, Teaching Assistant,
Kyiv National University of Construction and Architecture

Abstract. Regularities of variations in characteristics of large-size tyre durability under varying operating factors e.g. load and speed modes, tyre pressure, road and climatic working conditions have been analyzed.

Key words: large-size tyre, durability, operation, load, speed, pressure, road conditions, temperature.

Вступ

Відкритий спосіб розробки корисних копалин є найбільш ефективним методом інтенсифікації гірничої промисловості та підвищення продуктивності праці на базі впровадження новітніх досягнень науки і техніки.

Застосування відкритого способу обумовило використання та розвиток самохідних транспортно-технологічних машин (кар'єрних автомобілів-самоскидів, землерійно-транспортних

і навантажувальних машин, тягачів тощо), а ефективність способу значною мірою визначається їх продуктивністю. Шини в цих машинах є важливими конструктивними елементами ходового обладнання, що найчастіше визначають як експлуатаційні властивості (тягово-зчіпні, швидкісні й гальмівні), так і техніко-економічні показники (енергетичний потенціал продуктивності, питому паливну економічність та приведені витрати) [1, 2].

Аналіз публікацій

Найважливішою властивістю самохідної машини та її елементів є надійність, тобто властивість зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах експлуатації, технічного обслуговування і ремонту, зберігання та транспортування. Надійність характеризується безвідмовністю, довговічністю, ремонтопридатністю та збереженістю.

Варто підкреслити, що питанням підвищення довговічності автомобільних шин, як на стадії їх проектування, так і під час експлуатації, присвячено значну кількість робіт теоретичного й експериментального характеру вітчизняних та закордонних авторів. Водночас стосовно великогабаритних шин позашляхового типу, приміром, для кар'єрних автомобілів-самоскидів БелАЗ, а також землерийно-транспортних машин підвищеної одиничної потужності й вантажопідйомності, такі дослідження практично відсутні [3].

Довговічність шини характеризується здатністю зберігати працездатність до настання граничного стану під час проведення встановлених робіт технічного обслуговування та ремонту та визначається або терміном служби до неприпустимого зносу рисунка протектора [4], або до виходу її з ладу внаслідок розриву борта, відшарування протектора чи корда, тріщин протектора, динамічного розриву та інших пошкоджень (рис. 1) [5, 6].

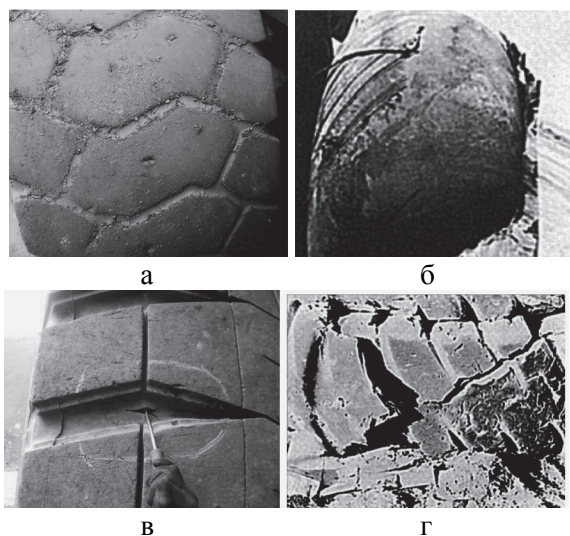


Рис. 1. Пошкодження шин: а – знос, б – відшарування, в – проникний поріз протектора, г – динамічний розрив

Разом з тим, пневматичні шини є трудомісткою продукцією високої одиничної вартості. Приміром, вартість комплекту шин вантажного автомобіля становить приблизно 25 % від його початкової вартості й, крім того, на них припадає близько 10–15 % експлуатаційних витрат [3]. Стосовно великогабаритних шин позашляхового типу, наприклад, 20.5-25 моделі Ф-92, 21.00-28 моделі ДФ-27А, 21.00-33 моделі ВФ-166А, 27.00-33 моделі В-71 та 37.5-39 моделі Ф-7 вказані величини збільшуються, як мінімум, на 20–35 % [2, 6].

Досвід експлуатації ряду із зазначених вище шин, зокрема 27.00-33 і 37.5-39 відповідно на самохідних скреперах ДЗ-13Б, ДЗ-115А і ДЗ-107, що працювали у надзвичайно важких і різноманітних умовах виробничої експлуатації на об'єктах дорожнього та меліоративного будівництва [7], показав їх високі тягово-зчіпні та швидкісні властивості, але, на жаль, малий в середньому на 14 % фактичний термін служби порівняно з гарантійним, причому в 65–75 % випадків – через неприпустимий знос протектора шини, внаслідок його інтенсивного проковзування або ковзання відносно опорної поверхні руху (землі, ґрунту, снігу) на тяговому режимі роботи.

З іншого боку, тягово-зчіпні властивості пневмоколісного рушія значною мірою (до 75 % [1]) і обумовлені силами тертя поверхні протектора (виступів ґрунтозачепів) шини по опорній поверхні руху, а також силами опору ґрунту зсуву по його упорних поверхнях.

Однак за своєю суттю знос є більш складним процесом, ніж зовнішнє тертя, і є результатом сукупного впливу фізико-хімічних і механічних процесів, що відбуваються в поверхневому шарі контакту шини з опорною поверхнею руху. Завдання попередження передчасного зносу і руйнування шин є складним та пов'язане з умінням визначити їх види [4], а також безпомилково виявити причину кожного руйнування шини.

Для характеристики довговічності шин використовують такі показники [2]: інтенсивність зношування, інтенсивність витрати ресурсу, термін служби шини (ресурс, норма пробігу).

Інтенсивність зношування – швидкість процесу зношування, а знос – його кінцевий результат, що виражений в одиницях довжини, об'єму або маси. Інтенсивність зношування

визначає момент настання граничного стану пневматичної шини по зносу протектора.

Інтенсивність витрати ресурсу за фізичним змістом є аналогічною інтенсивності зношування й оберненою величиною терміну служби шини, але при цьому вона враховує всі причини зняття шини з експлуатації.

Термін служби (ресурс, норма пробігу) – це час, виражений в одиницях пройденого шляху (тис. км), протягом якого шина може надійно працювати в нормальних умовах експлуатації до досягнення граничного стану.

Довговічність пневматичних шин залежить від багатьох різних факторів, що відрізняються за ступенем впливу, можливістю врахування під час експлуатації та усунення їх негативного впливу. Умовно їх можна поділити на дві категорії: 1) конструктивні фактори, які задаються виробником шин, а саме, склад гумової суміші, дотримання технологічного процесу при виробництві, конструкція профілю і рисунка протектора та інші вихідні характеристики шин; 2) експлуатаційні фактори, які напряду залежать від умов роботи машини, а саме, радіальне навантаження на шину, тиск повітря в шині, швидкісний режим руху, температура навколишнього середовища, дорожні умови експлуатації тощо.

У свою чергу машинобудівна галузь не може безпосередньо впливати на умови роботи машин, тому при експлуатації шин необхідно враховувати вплив цих умов на довговічність шин. Для цього треба знати закономірності зміни показників довговічності шин при зміні основних експлуатаційних факторів.

Зважаючи на високу одиничну вартість великогабаритних шин, а також постійно підвищені вимоги до надійності самохідних транспортно-технологічних машин, в цілому можна зробити висновок щодо актуальності проблеми створення та підтримання високого експлуатаційного пробігу шин.

Мета і постановка задачі

Метою роботи є встановлення впливу основних експлуатаційних факторів на довговічність великогабаритних шин та аналіз закономірності зміни показників довговічності при зміні цих факторів, що дозволить запобігти можливим пошкодженням і передчасному виходу з ладу шин.

Радіальне навантаження на шину

Від навантаження залежать нормальний прогин, площа контакту шини з поверхнею руху, величина та характер розподілення нормальних і дотичних напружень у зоні контакту та інтенсивність зношування протектора [1].

Радіальне навантаження на шину не повинно перевищувати номінального значення, вказаного в нормативно-технічній документації, у протилежному випадку воно призводитиме до зменшення терміну служби шини (рис. 2) внаслідок деформаційних і теплових руйнувань, інтенсивного зношування протектора і збільшення механічних пошкоджень. У разі, якщо радіальне навантаження на шину перевищує встановлену для неї допустиму величину, необхідно замінити шину на іншу, що має підвищену норму шаруватості.

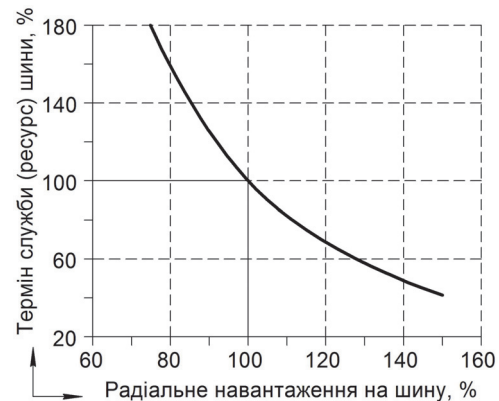


Рис. 2. Вплив радіального навантаження на термін служби шини

Збільшення навантаження на шину призводить до підвищення її робочої температури (рис. 3), а інтенсивність зношування протектора залежить саме від температури [8].

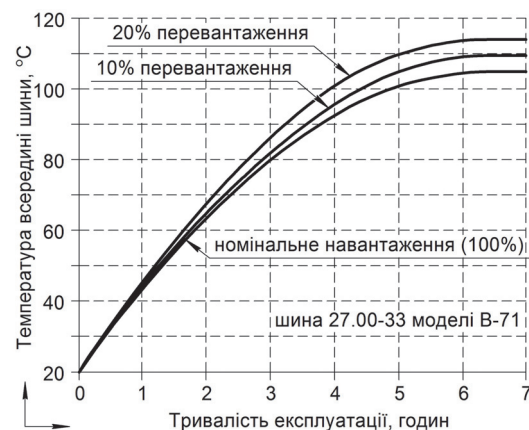


Рис. 3. Вплив радіального навантаження на температуру всередині шини

За перевищення допустимого навантаження підвищується небезпека розриву ниток корда через надмірну напругу в його конструкції, а внаслідок підвищеної рухомості елементів протектора шини в зоні контакту з опорною поверхнею руху відбувається швидкий знос. Інтенсивність зношування протектора, згідно з втомною теорією зносу, пов'язана з навантаженням на шину степеневою залежністю з показником степеня більше одиниці [4].

На графіку (рис. 4) як функція замість пробігу шин використовується обернена величина, що є інтенсивністю витрати ресурсу і є аналогічною за фізичним змістом інтенсивності зношування. На ділянці до навантаження 120 % залежність є близькою до лінійної, що пояснюється малою границею варіювання навантаження.

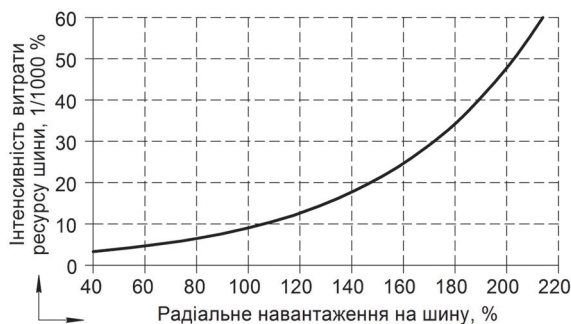


Рис. 4. Вплив радіального навантаження на інтенсивність витрати ресурсу шини

Під час експлуатації радіальне навантаження на шину змінюється в широких межах через зміну положення та кількість вантажу, а також внаслідок динамічних навантажень, які під час руху технологічної машини із середньою експлуатаційною швидкістю по бездоріжжю в 2–3 рази перевищують прикладене до неї статичне навантаження [9]. Інтенсивність зношування при коливанні навантаження в середньому значенні завжди є більшою від інтенсивності зношування за постійного навантаження та прямо пропорційною збільшенню коефіцієнта варіації навантаження.

Разом з тим, навантаження на шину в процесі експлуатації важко фіксувати, тому на практиці краще використовувати статичні залежності довговічності шин від показників, що характеризують навантаження. Одним з таких показників є коефіцієнт використання вантажопідйомності, підвищення якого призводитиме до зниження пробігу шин, спричи-

неного збільшенням діючого на шину середнього навантаження під час експлуатації [1].

Швидкісний режим руху

Швидкісний режим руху самохідних технологічних машин обмежується максимальною фактичною швидкістю і середньою експлуатаційною швидкістю [5]. Значення останньої визначається показником тонно-кілометр на годину (ТКнГ), який встановлює обмеження по застосуванню шин у визначених, усереднених умовах експлуатації (рис. 5).



Рис. 5. Показник ТКнГ і температура в шині: 1 – рух навантаженої машини; 2 – розвантаження; 3 – рух порожньої машини; 4 – завантаження

Від максимальної швидкості залежать навантажувальні характеристики шин (табл. 1) [9].

Таблиця 1 Залежність навантаження на шину від швидкості технологічної машини

Тип технологічної машини	Максимальна швидкість, км/год	Зміна індексу навантаження, %	
		діагонал. шини	радіал. шини
Навантажувач, бульдозер	Нерухома машина	160	160
	Початок руху	130	130
	4	115	115
	10	100	100
	15	87	87
Кар'єрний автомобіль-самоскид, скрепер	25	80	80
	50	100	100
	65	85*	88*
		< 83**	< 88**

* Шини з широким профілем; ** шини з низьким профілем

У свою чергу середня експлуатаційна швидкість руху технологічних машин за зміну і величина відстані перевезення в умовах будівництва не повинні перевищувати значень,

що вказані в нормативно-технічній документації. Слід також зазначити, що зі зростанням частоти та інтенсивності прискорень і гальмувань під час руху самохідної машини знос шини збільшується [4], незважаючи на спад середньої експлуатаційної швидкості.

Основні матеріали та адгезиви, які використовуються під час виробництва пневматичних шин, значною мірою є чутливими до високих температур, що визначає інтенсивність і тип експлуатації різних шин. Це особливо актуально для великогабаритних шин, що експлуатуються на кар'єрних самоскидах і самохідних скреперах, у яких генерація температур часто досягає максимуму, обумовленого тим, що в них ускладнена швидкість охолодження внаслідок особливості конструкції шини.

З підвищенням швидкості кочення шини збільшується кількість циклів навантаження елементів протектора на одиницю часу. Внаслідок цього підвищується теплова напруженість матеріалу протектора, що обумовлює зниження його міцнісних показників, а отже, й зростання інтенсивності зношування. Збільшується ймовірність розшарування протектора і корда та руйнування каркаса під час експлуатації шин за високих температур.

Отже, температура всередині шини є фактором, що обмежує її експлуатацію. Тому єдиним інструментом, що дозволяє визначити такий порядок експлуатації, за якого не буде перегріву шини, є розрахунок експлуатаційного показника ТКнГ за формулою [9]

$$\text{ТКнГ} = G_{\text{сер}} v_{\text{сер}} K = \frac{G_{\text{зав}} + G_{\text{пор}}}{2} \cdot \frac{LN_{\text{ц}}}{T_{\text{зм}}} K, \quad (1)$$

де $G_{\text{сер}}$, $G_{\text{зав}}$, $G_{\text{пор}}$ – відповідно середнє навантаження на шину, навантаження на шину завантаженої та порожньої технологічної машини, т; $v_{\text{сер}}$ – середня швидкість, км/год; L – довжина рейсу (циклу роботи), км; $N_{\text{ц}}$ – кількість циклів; $T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, год; K – поправковий коефіцієнт, що залежить від збільшення довжини рейсу або/та температури навколишнього середовища.

На підставі розрахованого експлуатаційного показника ТКнГ, який повинен бути нижчим за ТКнГ шини, здійснюється вибір шин, що

задовольняють даним умовам і режиму експлуатації. Однак в деякі моменти експлуатації можливе сильніше нагрівання шини, ніж отримане експлуатаційне значення ТКнГ [2].

Внутрішній тиск повітря в шинах

Для забезпечення найкращих експлуатаційних характеристик шини основним фактором є внутрішній тиск повітря. Оптимальних тягових характеристик, прохідності та навантажувальних показників можна досягти тільки за підтримання відповідного тиску в шинах. Підвищений, так само, як і знижений тиск у шинах, призводить до скорочення терміну їх служби та пробігу (рис. 6), а також може стати причиною пошкодження шини.

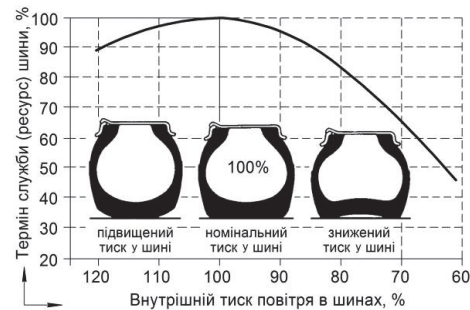


Рис. 6. Вплив внутрішнього тиску повітря на термін служби шини

Від величини внутрішнього тиску повітря в шинах залежить розмір та якість області контакту шини з опорною поверхнею руху [1]. Якщо цей показник перевищує номінальне значення, то з часом протектор буде сильно зношуватися в центральній частині внаслідок зменшення області контакту, а також знижується стійкість каркаса до динамічних ударів, що спричинено нерівностями дороги і просипами будівельного матеріалу, внаслідок чого підвищується небезпека розриву ниток корда і руйнування (вибуху) каркаса за наявності пошкоджень або розшарувань [6]. Значні навантаження в зоні борта створюють небезпеку його пошкодження та розриву. Крім того, знижується комфорт під час руху і підвищується ймовірність пробуксовування.

Наслідками зниженого тиску повітря в шині є виникнення надмірної деформації, унаслідок чого відбувається перегрів (рис. 7) та передчасне списання шини, розшарування протектора і корда, підвищене втомне напруження корда з подальшим його руйнуванням. Зростає ймовірність появи тріщин на герметизувальному шарі, відшарування пок-

ривних гум боковини, зламу чи розриву каркаса. Виникає нерівномірний підвищений знос по кутах протектора з утворенням неусувних тріщин або відшаруванням поверхні протектора внаслідок надмірної деформації [8, 9]. Крім того, можливе ослаблення щільності посадки шини на ободі диска, що призводитиме до витоку повітря з безкамерних шин або прокручування шини на ободі та, як наслідок, до пошкодження ніпеля і витоку повітря з камерних шин.

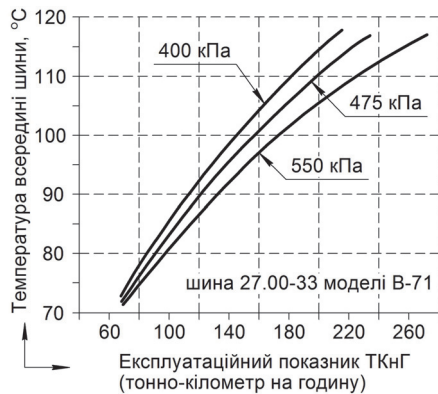


Рис. 7. Вплив внутрішнього тиску повітря на температуру всередині шини

Під час експлуатації самохідних машин збільшується внутрішній тиск повітря в шинах, який перебуває в прямій залежності від генерації тепла [2]. Збільшення тиску в шинах різного типорозміру та конструкції відбувається неоднаково. У випадку, якщо в результаті нагріву під час експлуатації тиск у шинах підвищується на 25 % і більше, необхідно перевірити ще раз тиск у холодному стані, тобто за температури шини, що дорівнює температурі повітря навколишнього середовища. При цьому якщо тиск у шинах «на холодну» відповідатиме встановленому рівню, рекомендується або знизити швидкість руху, або/та знизити навантаження. В іншому разі може статися розшарування протектора внаслідок перегріву.

Таким чином, за багатозмінної роботи доведення до норми внутрішнього тиску повітря в шинах виконується при ТО-1 і ТО-2, але не рідше одного разу на сім діб при повністю охолоджених шинах. Перевірку тиску в «гарячих» шинах необхідно виконувати щодня після кожної зміни. Тиск у нагрітій шині не повинен перевищувати норми для холодного стану більш ніж на 110 кПа [9]. Реєстрація вимірювання тиску в шинах дозволить виявити заводські дефекти або причини підви-

щення тиску в шинах (перевищення середньої експлуатаційної швидкості, перевантаження) та запобігти передчасному виходу їх з ладу, забезпечуючи надійність експлуатації.

Дорожні умови експлуатації шин

Дорожні умови характеризуються типом і станом дорожнього покриття, елементами дороги у плані та профілі. За впливом на довговічність шин, відповідно до ГОСТ 21624-84, всі дороги поділяються на 3 групи залежно від типу та стану дорожнього покриття: А – дороги з удосконаленим покриттям I та II категорій (асфальтобетон, бруківка тощо) у задовільному стані; Б – дороги III, IV і V категорій у задовільному стані; В – всі дороги, що знаходяться в незадовільному стані [4].

За даними НДІ шинної промисловості, амортизаційний пробіг шин під час експлуатації на дорогах групи Б на 20–25 % та групи В на 40–50 % нижче, ніж на дорогах групи А. Зокрема якщо при експлуатації транспортно-технологічних машин на асфальтобетонному покритті знос шин прийняти за 100 %, то на щебеневому покритті знос становитиме 128 %, на цементобетонному – 135 %, на гравійному – 142 %, а на ґрунтовій профільованій дорозі – 70 % [8]. Водночас особливу увагу необхідно приділяти зонам завантаження та розвантаження, оскільки саме в цих місцях відбуваються серйозні пошкодження шин.

Близько 80 % великогабаритних шин виходять з ладу ще до того, як вони остаточно стираються [5]: мало не 45 % шин – внаслідок порізів та майже 30 % шин – через проколи. Порізи, проколи та можливий розрив каркаса за місцем порізу виникають в основному на під'їзних дорогах через розсипання вантажу, що транспортується. А отже, підтримання дорожнього покриття на належному рівні є одним з найважливіших факторів, які визначають довговічність шин.

Разом з тим, важливим кроком до підвищення надійності та довговічності пневматичних шин є добре спроектовані дороги технічного призначення, які повинні мати прямі ділянки, заокруглені пологі повороти, безпечні узбіччя, стічні канали по обидва боки тощо.

З погіршенням рівності дороги, яка може містити глибокі вибоїни, збільшуються коливання навантажень відносно їх середнього значення, що призводитиме до підвищення інтенсивності зношування протектора шини.

Під час проходження поворотів через появу відцентрових сил збільшується бокова сила на шину, що призводить до передчасного зносу і відшарування гуми. Про підвищення інтенсивності зношування свідчить наявність значної кількості гумового пилу до 8 разів [2] на ділянках доріг з різкими поворотами.

Технологія укладання дороги, при якій зовнішній край полотна дороги знаходиться на більш високому рівні по відношенню до внутрішнього краю при повороті з поперечним ухилом, послаблює вплив бокової сили [10].

При правильному проектуванні така технологія сприяє вирівнюванню навантаження і площі шини, знижуючи бокову силу на її каркас, а також стирання та знос поверхні тертя. До того ж вона дозволяє використовувати транспортний засіб у найбільш сприятливому швидкісному режимі, зменшуючи стирання гальм і витрати енергії, а також збільшуючи термін експлуатації шин.

Ухил залежить від радіуса повороту та необхідної швидкості його проходження. Оскільки повороти з боковим ухилом можуть створювати певну небезпеку при слизькому дорожньому покритті, то на ухилі, що перевищує 10 % [9], необхідно проявляти особливу обережність. З іншого боку, при проектуванні дороги з такими поворотами необхідно розрахувати безпечну швидкість проходження повороту при дії бокової сили на шину. Як правило, 20 % боковий коефіцієнт зчеплення з дорогою є безпечним при всіх дорожніх умовах [10], крім слизького покриття.

Поперечний профіль дороги впливає на розподілення навантажень між шинами. Нерівномірне навантаження спричиняє підвищений знос протектора перевантажених шин. У свою чергу кут поздовжнього нахилу також є важливим, тому що він впливає на розподілення маси вантажу по осях. Оптимальний кут нахилу становить 8–10 % з опором кочентню менше 2 %, а розподілення маси вантажу – 33 % на передню вісь і 66 % на задню вісь [9], забезпечуючи надійність експлуатації.

Таким чином, під час оцінювання дорожніх умов, з точки зору їх впливу на довговічність шин, необхідно визначити чисельні значення таких показників: рівність дорожнього покриття, абразивність, коефіцієнт зчеплення, частота поворотів, радіуси поворотів, попе-

речний нахил дороги і його радіус кривизни, частота і крутизна підйомів та спусків.

Для встановлення багатофакторної залежності довговічності шин від зазначених показників потрібні трудомісткі експериментальні дослідження. Тому для характеристик дорожніх умов необхідно використовувати будь-який комплексний показник, який враховуватиме їх вплив на довговічність шин.

Температура навколишнього середовища

Від клімату та пори року залежать як температура навколишнього повітря, так і, певною мірою, дорожні умови експлуатації шин. Так, в зимовий період знос шин зменшується на 30–40 % порівняно з літнім за рахунок кращого температурного режиму їх роботи [8]: зменшення тертя між поверхнями протектора та дорожнім покриттям, зниження швидкості руху, вирівнювання доріг снігом тощо.

Разом з тим, як зазначалося у попередніх розділах, температура протектора є одним з основних факторів, що визначає інтенсивність зношування: зростання температури всередині шини призводить до погіршення міцнісних властивостей матеріалу і до зменшення коефіцієнта зчеплення шини з дорогою.

За реальних умов експлуатації стирання протекторних гум відбувається за змішаним механізмом зношування. Сумарна інтенсивність зношування визначається співвідношенням окремих його видів, але при зміні умов експлуатації співвідношення та сумарна інтенсивність зношування можуть істотно мінятися [4]. Стосовно великогабаритних шин позашляхового типу, що встановлюються на самохідних машинах з транспортною швидкістю руху до 60 км/год і експлуатуються на ґрунтових поверхнях та дорогах групи В, реалізується абразивний вид зносу.

Абразивний знос шин є доволі високим за низьких температур близько $-40 \dots -50$ °C через значну жорсткість гуми, а за підвищення температури інтенсивність зношування спадає, проходячи мінімум при $-20 \dots -30$ °C [4], і зростає надалі з підвищенням температури.

На графіку (рис. 8) наведено закономірність зміни інтенсивності витрати ресурсу шини при зміні температури навколишнього повітря. З графіка видно, що за підвищення тем-

ператури навколишнього повітря з 8 до 30 °С у процесі експлуатації інтенсивність витрати ресурсу шин збільшується майже втричі.

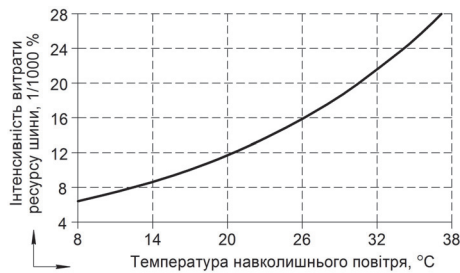


Рис. 8. Вплив температури навколишнього повітря на інтенсивність витрати ресурсу

Вплив температури поверхні дороги на інтенсивність зношування шин у діапазоні температур нижче 0 °С на сьогодні недостатньо досліджений. Тому в цих умовах на зміну інтенсивності зношування шин значною мірою впливає залежність коефіцієнта їх зчеплення з поверхнею руху від температури (рис. 9) [5].

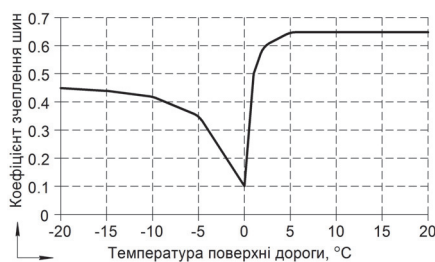


Рис. 9. Вплив температури поверхні дороги на коефіцієнт зчеплення шин

Висновки

Проаналізовано закономірності зміни показників довговічності великогабаритних шин при зміні експлуатаційних факторів, що безпосередньо залежать від умов роботи машини. Недотримання правил і рекомендацій щодо одного з розглянутих експлуатаційних факторів може призвести до прискореного зносу протектора шини або передчасного виходу її з ладу внаслідок будь-яких пошкоджень, що спричинить суттєве збільшення вартості виконуваних робіт самохідними транспортно-технологічними машинами.

Література

1. Балака М. Н. Исследование тяговых качеств пневматических шин транспортно-технологических средств / М.Н. Балака // Подъемно-транспортные, строительные, до-

рожные, путевые машины и робототехнические комплексы: материалы XV Моск. междунар. межвуз. науч.-техн. конф., 19 апр. 2011 г. – М.: МГАВТ, 2011. – С. 187–188.

2. Скорняков Э.С. Крупногабаритные шины автомобилей и тракторов: монография / Э.С. Скорняков. – Днепропетровск: Пороги, 2000. – 264 с.
3. Балака М. М. Тенденції розвитку колісних землерийно-транспортних машин / М.М. Балака // Наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студ.: тези доп. 6–8 листоп. 2012 р. – К.: КНУБА, 2012. – Ч. 1. – С. 83–84.
4. Балака М. Н. Проявление различных видов износа при эксплуатации пневматических шин / М. Н. Балака, М. А. Антонков // Нефть и газ Западной Сибири : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 17–18 окт. 2013 г. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. – Т. 4. – С. 14–16.
5. Кротиков О. В. Оценка эффективности эксплуатации крупногабаритных шин на угольных разрезах ОАО ХК «СДС-Уголь» / О. В. Кротиков // Уголь: науч.-техн. и производственно-экономический журн. – 2013. – № 11. – С. 11–14.
6. Ракитин В.А. Крупногабаритные шины. Дефицит. Эксплуатация, защита, ремонт / В.А. Ракитин, М.Т. Булатов // Горная техника: каталог-справочник, 2008. – С. 40–42.
7. Никулин П. И. Исследование долговечности шин скреперов ДЗ-115А и ДЗ-107 на объектах ОАО «Саратовмелиорация» / П.И. Никулин, А.В. Василенко, Н.П. Куприн // Каучук и резина. – 2002. – № 8. – С. 28–30.
8. Пелевін Л.Є. Вплив зовнішніх факторів на знос пневматичних шин землерийно-транспортних машин / Л.Є. Пелевін, М.М. Балака, Г.О. Аржаєв // Енергоощадні машини і технології: матеріали Міжнар. наук.-техн. конф., 28–30 трав. 2013 р. – К.: КНУБА, 2013. – С. 36–39.
9. Карьерная техника БелАЗ: справочник / под ред. П.Л. Мариева, К.Ю. Анистратова. – М.: Горное дело, 2007. – 456 с.
10. The last mile from every tire : How haul road maintenance can extend tire life / Viewpoint : Perspectives on Modern Mining. – 2007. – Issue 1. – P. 2–5.

Рецензент: В.П. Волков, професор, д.т.н. ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 18 квітня 2014 р.