

Полупан Є.В.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВУЗЛІВ ТЕРТЯ В ЗЧЛЕНУВАННІ КУЗОВА І ВІЗКІВ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАСТОСУВАННЯМ НОВИХ АНТИФРИКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Розглянуто перспективу створення нового покоління антифрикційних матеріалів. Відомо, що інтенсивний бічний знос рейок у кривих має місце переважно під час набігання коліс, що передають тягове або сприймають гальмівне зусилля, при цьому швидкості відносного прослизання колеса визначаються кутами набігання колісних пар на рейки. Прямолінійний рух екіпажу супроводжується деяким вилянням у горизонтальній площині і поперемінно реалізується однокочковий і двокочковий. З'ясовано, що найбільший вплив чинить момент опору повороту від взаємодії коліс із рейками, величина якого має випадковий характер і визначається низкою складнокерованих чинників. Визначено що найбільшу загрозу безпеці руху в кривих ділянках колії створюють установка найбільшого перекосу і установка високих швидкостей. Особливо важливу роль під час руху в кривих ділянках має конструктивне виконання зчленування кузова з візком і триботехнічні характеристики вузлів тертя опорних і поворотних механізмів цього сполучення. Розглянуто зчленування кузова і візків магістральних тепловозів яке здійснюється за допомогою опорно-повертальних пристроїв і шкворневого пристрою які можуть забезпечувати різний ступінь свободи переміщення відносно кузова. Розглянута схема розрахунку зворотної сили в роликівому апараті. Наведена розрахункова схема для визначення переміщення ковзуна і повертального апарату, під час кутових поворотів візка завдяки якій отримуємо вираз для повертального моменту під час повороту візка відносно кузова. Наведені Моменти сил тертя в опорах залежно від кута повороту візка і коефіцієнта тертя ковзуна по пластмасовій накладці. Розглянуто характер впливу повертального моменту в опорах візка залежно від кута його повороту та коефіцієнта тертя на величину моменту від сил тертя в опорних пристроях. Наведені технічні параметри антифрикційних У-УКМ з піровуглецевою матрицею та різними наповнювачами та результати випробувань різних матеріалів на машині тертя.*

**Ключові слова:** *колесо, антифрикційний матеріал, вуглець-вуглець, композитний матеріал, тертя, ковзання.*

**Вступ.** Безперервне зростання обсягів перевезень, підвищення швидкості руху і вантажнапруженості на мережі залізниць зумовили багатофакторну зміну умов взаємодії рухомого складу і колії. У результаті впливу різнопланових чинників значно збільшилася завантаженість контактної зони взаємодії колеса і рейки, внаслідок чого різко зросла інтенсивність зношування гребенів коліс і бічної поверхні головки рейки. На навантаженість і швидкість ковзання в зоні контакту впливають різні чинники, зокрема й вельми істотний - конструктивне виконання ходових частин рухомого складу залізниць.

Відомо, що інтенсивний бічний знос рейок у кривих має місце переважно під час набігання коліс, що передають тягове або сприймають гальмівне зусилля, при цьому швидкості відносного прослизання колеса визначаються кутами набігання колісних пар на рейки [1].

На прямих ділянках колії, внаслідок конічності бандажів, пружного ковзання бандажів по рейках і зазорів між гребенями коліс і рейками, колісні пари поперемінно гребенями притискаються то до однієї, то до іншої рейки. При цьому діаметр кола катання колеса, що набігає, стає більшим за діаметр кола колеса, що збігає, а внаслідок зіткнення з рейкою колісної пари, що набігає, вона починає криволінійно рухатися до упору в іншу рейку. Прямолінійний рух екіпажу супроводжується деяким вилянням у горизонтальній площині і поперемінно реалізується однокочковий і двокочковий.

Найбільшу загрозу безпеці руху в кривих ділянках колії створюють установка найбільшого перекосу і установка високих швидкостей. Особливо важливу роль під час руху в кривих ділянках має конструктивне виконання зчленування кузова з візком і триботехнічні характеристики вузлів тертя опорних і поворотних механізмів цього сполучення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Однією з основних проблем транспортного машинобудування є підвищення зносостійкості та зниження енергоємності у вузлах і механізмах, що мають фрикційні сполучення. Вирішенню цієї проблеми присвячені роботи відомих учених: О. Ю. Ішлінського, Б. В. Дерягіна, І. В. Крагельського, С. Б. Ратнера, А. П. Семенова, Б. І. Костецького, О. В. Чичинадзе, М. М. Хрущова, М. А. Буше, В. О. Белого, Ю. М. Дроздова, М. М. Міхіна, І. М. Федорченка, Р. М. Матвєєвського, М. Б. Демкіна, Ф. П. Боудена, Д. Табора, Е. Рабіновича, Д. А. Грінвуда та інших.

Розвиток і вдосконалення транспортних машин підвищеної потужності та для високих швидкостей руху висувають дедалі вищі вимоги до вузлів тертя, які не можуть бути виконані за допомогою використання

традиційних фрикційних і антифрикційних матеріалів. У зв'язку з цим останніми роками широкого застосування набули різні види нових композиційних матеріалів (КМ), зокрема й вуглець-вуглецеві композиційні матеріали.

У сучасних машинах і установках вузли тертя відрізняються різноманітним конструктивним виконанням, умовами роботи, можливістю застосування мастил, параметрами навантаження та іншими специфічними вимогами. Тому нові триботехнічні композити, фрикційні та антифрикційні, найчастіше створюються на основі емпіричних положень і рекомендацій, основою яких є фундаментальні трибологічні принципи.

**Мета статті.** Поліпшення фрикційних характеристик вузлів тертя в опорно-повертальних пристроях сполучення кузова з візками тепловоза.

**Основний зміст роботи.** Зчленування кузова і візків магістральних тепловозів здійснюється за допомогою опорно-повертальних пристроїв (ОПП) і шкворневого пристрою. Конструктивно ОПП можуть забезпечувати різний ступінь свободи переміщення відносно кузова, один тип опор допускає тільки поворот візка, в інших конструкціях, крім повороту візка, допускається його поперечне переміщення на певну величину. У різних конструктивних схемах пристроїв, що повертають, між кузовом і візком забезпечується пружний зв'язок [2].

Кінематичні зв'язки дають змогу рамі візка переміщатися в бік відносно кузова на певну величину і повертатися на певний кут, який визначають під час геометричного вписування конкретного екіпажу в криву найменшого радіуса. Кутове переміщення візка навколо шкворня в горизонтальній площині відносно кузова на певний кут ( $3...4^\circ$ ) сприяє зниженню силової взаємодії колеса і напрямної рейки в контактній зоні. За завищеного значення моменту тертя повороту динамічний вплив екіпажу на колію збільшується, що спричиняє зношування гребенів і головки зовнішньої рейки внаслідок тривалого руху візка з перекосом у рейковій колії.

Випробування тепловозів 2ТЕ116 показали, що є випадки підвищених рамних сил і їхньої нестабільності в кривих малого радіуса і на стрілочних переводах, в експлуатації відзначається також підвищений знос гребенів бандажа.

У процесі випробувань і спостережень за дослідною експлуатацією тепловоза нової серії ТЕП150-001 встановлено, що нова конструкція опорно-повертальних пристроїв значно покращує динамічні властивості екіпажу. Однак значний за величиною момент сил тертя, що перешкоджає повороту візка щодо кузова, сприяє інтенсивному зношуванню гребенів ходових коліс.

Кузов тепловоза спирається на кожен візок через чотири комбіновані опори, які допускають пружний поперечний зсув кузова відносно візків і кутовий поворот візків відносно кузова (рис. 1). Передні та задні опори розміщені відносно осі шворня на різних радіусах  $R_1$  і  $R_2$ , що зумовлено необхідністю забезпечення рівності навантажень від колісних пар на рейки.

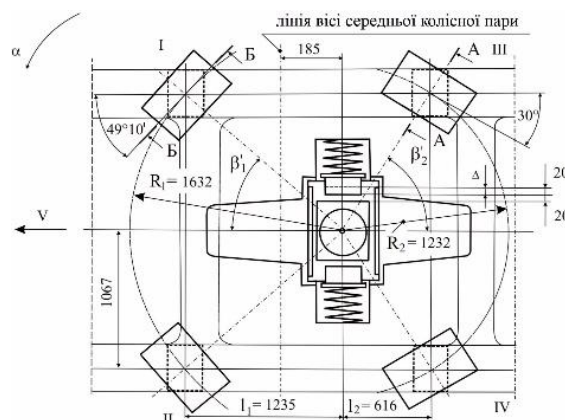


Рисунок 1 – Схема розташування опор і шкворневого вузла на рамі візка

Під час руху в кривих і прямих ділянках колії кутовому повороту візка навколо шкворня відносно поздовжньої осі кузова тепловоза перешкоджає момент від сил тертя колісних пар о рейки в опорних точках коліс, зворотний момент візка і момент від сил тертя в опорних пристроях.

Ступінь впливу кожного з цих факторів визначається величиною моментів опору повороту візка, які вони створюють. Найбільший вплив чинить момент опору повороту від взаємодії коліс із рейками, величина якого має випадковий характер і визначається низкою складнокерованих чинників, водночас видається можливим зменшити сумарний опір повороту візка конструктивним і технологічним удосконаленням опорно-повертальних пристроїв. За поперечного зміщення кузова відносно візка в опорних пристроях виникає горизонтальна сила, яка прагне повернути кузов у стан статичної рівноваги. Переміщення в апараті, що повертає, здійснюється перекочуванням роликів циліндричною поверхнею (рис. 2). При цьому на першому етапі відношення відбувається тільки на роликах, на другому - в роботу вмикається пружина шкворневого пристрою, а на третьому етапі під'єднується гумовий упор між кузовом і боковиною рами візка.

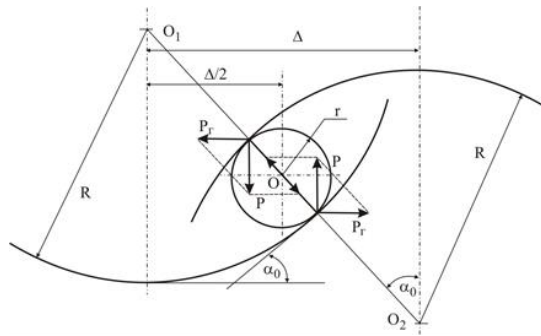


Рисунок 2 – Схема до розрахунку зворотної сили в роликовому апараті

Горизонтальна сила, що повертає, визначається з розрахункової схеми (рис. 2) та після спрощення має вигляд виразу

$$P_2 = \frac{P \cdot \Delta}{2(R - r)}, \quad (1)$$

звідки випливає, що величина сили, що повертає, лінійно залежить від поперечного переміщення кузова щодо візка.

Для визначення величини моменту сил тертя в опорних пристроях кузова на візку, що перешкоджає кутовому повороту, необхідно встановити залежність миттєвого значення сил тертя від величини кута повороту, або обчислити роботу сил тертя на переміщеннях, які відповідають кутовому переміщенню візка. Для визначення шляху ковзання ковзуна і переміщення пристрою, що повертає, під час кутових поворотів візка відносно кузова виконується кінематичний аналіз можливих переміщень (рис. 3).

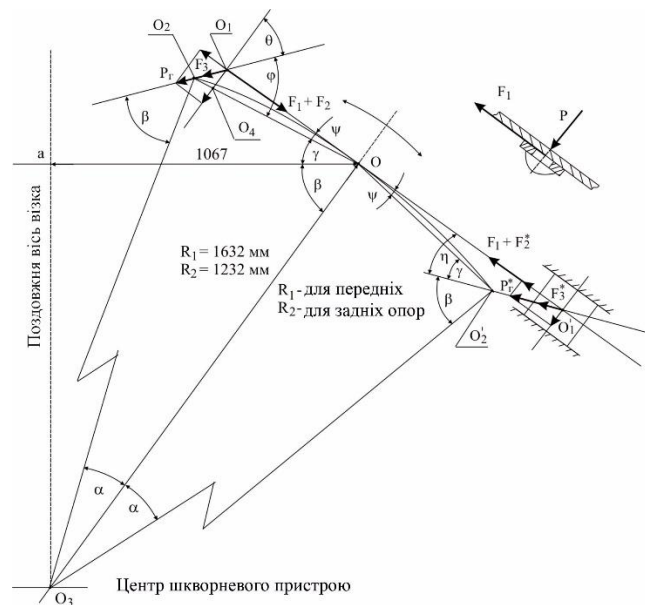


Рисунок 3 – Розрахункова схема для визначення переміщення ковзуна і повертального апарату, під час кутових поворотів візка

Формули для обчислення переміщень ковзунів і апаратів, що повертають, у передніх опор ( $R_1, \beta_1$ ) набувають вигляду

$$\begin{aligned} \Delta_{ск}^{nep} &= OO_1 \cong OO_1' \cong OO_3 \cdot \alpha \cong R_1 \cdot \alpha; \\ \Delta_{в.ан.}^{nep} &= O_1O_2 < O_1'O_2' \cong \frac{OO_3}{2} \cdot \frac{\alpha^2}{\cos \beta_1} \cong \frac{R_1}{2} \cdot \frac{\alpha^2}{\cos \beta_1}, \end{aligned} \quad (2)$$

для задніх опор ( $R_2, \beta_2$ ), відповідно

$$\Delta_{ск}^{зад} \cong R_2 \cdot \alpha; \quad \Delta_{в.ан.}^{зад} \cong \frac{R_2}{2} \cdot \frac{\alpha^2}{\cos \beta_2}. \quad (3)$$

Використовуючи вирази для визначення сил тертя, що виникають в опорах I, II, III і IV під час повороту візка на кут, згідно з розрахунковою схемою на рис. 1, отримуємо вираз для повертального моменту під час повороту візка відносно кузова

$$M_{пов} = \frac{P \cdot 1.248 \alpha^2}{(R-r)} \cdot 1.632 \sin(49^{\circ}10') + \frac{P \cdot 0.711 \alpha^2}{(R-r)} \cdot 1.232 \sin(30^{\circ}). \quad (4)$$

Результати розрахунків із визначення моменту тертя й повертального моменту в опорах візка залежно від кута його повороту відносно кузова тепловозів 2ТЕ116 і ТЕП150 наведено в табл. 1 і показано на рис. 4. Під час розрахунків прийнято статичне навантаження на опори відповідно 110 і 104 кН і враховано особливості конструктивного виконання опор.

Таблиця 1

Моменти сил тертя в опорах залежно від кута повороту візка і коефіцієнта тертя ковзуна по пластмасовій накладці

Коефіцієнт тертя скользун по пластмасі	Момент сил тертя в опорах візка, Мтр, кН·м				
	кут повороту візка, град				
	0°	1°	2°	3°	4°
0,04	32,19/23,83	32,20/23,88	32,25/24,02	32,34/24,26	32,45/24,60
0,06	45,95/35,74	45,96/35,79	46,01/35,94	46,10/36,18	46,21/36,52
0,08	59,71/47,66	59,72/47,71	59,77/47,85	59,86/48,09	59,97/48,43
0,1	73,47/59,57	73,48/59,62	73,53/59,77	73,62/60,01	73,73/60,35
0,12	87,23/71,49	87,24/71,53	87,29/71,68	87,38/71,92	87,49/72,26

Примітки. Коефіцієнт тертя поверхонь сталь по сталі прийнято однаковим і таким, що дорівнює  $\mu_2 = \mu_3 = 0,12$  в чисельнику - 2ТЕ116, в знаменнику - ТЕП150.

Характер впливу коефіцієнта тертя на величину моменту від сил тертя в опорних пристроях показано на рис. 4.

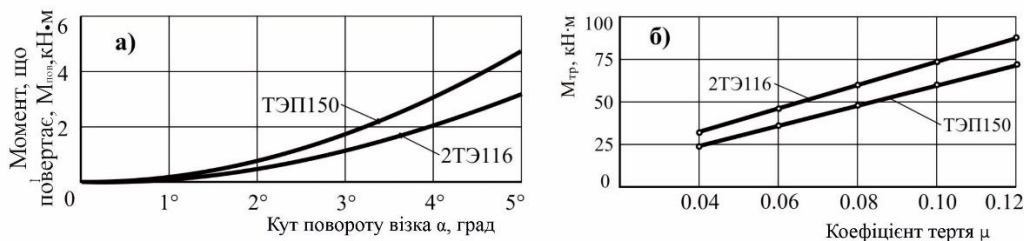


Рисунок 4 – Залежність поворотного моменту від кута повороту візка (а) і моменту сил тертя від коефіцієнта тертя в головній парі тертя

Як випливає з отриманих результатів, моменти від сил тертя в опорах набагато перевищують за величиною поворотний момент від поперечних горизонтальних сил, що виникають у роликовому апараті під час кутового повороту візка щодо кузова тепловоза. Наведені розрахунки також показують, що вплив кута повороту візків відносно кузова на величину моменту сил тертя в опорах вельми незначний, водночас, вочевидь, істотний вплив має коефіцієнт тертя між контактними поверхнями головної пари тертя - ковзун по полімерній накладці.

Таким чином, з аналізу роботи ОПП випливає висновок про те, що основною складовою моменту опору повороту візка щодо кузова є момент від сил тертя на контактній поверхні головних пар тертя, які сприймають вертикальне навантаження від ваги кузова. Отже, для зниження моменту опору повороту візка відносно кузова слід забезпечити антифрикційне сполучення головної пари тертя з достатньо низьким за величиною і стабільним коефіцієнтом тертя.

На підставі огляду та аналізу робіт у галузі трибології в єдину систему фундаментальних принципів створення триботехнічних матеріалів слід включити наступні: матеріали пар тертя повинні бути сумісними один з одним і з робочим середовищем; тертя має молекулярно-механічну природу; контакт у зоні тертя завжди дискретний; стійка робота пари тертя забезпечується при пружному контакті нерівностей; у процесі тертя між контактуючими матеріалами формується третє тіло; руйнування поверхневого шару має втомний характер; зовнішнє тертя можливе лише за наявності градієнта зсувного опору; в робочому шарі тіл, що труться, відбувається еволюція структури і складу контактуючих матеріалів; при механохімічному зносі еволюція структури та складу матеріалів локалізується в тонкому поверхневому шарі; робота тертя перетворюється на інші види енергії; при нормальному механохімічному зносі робота тертя перетворюється переважно на теплоту і енергію деформації кристалічної решітки матеріалів, що труться; перевищення критичних параметрів навантаження може призвести до схоплювання поверхонь, що труться. Основною вимогою, яку необхідно

забезпечити при створенні триботехнічних композитів, є забезпечення сумісності матеріалів, що труться один з одним і з робочим середовищем. Найбільш ємне поняття сумісності триботехнічних матеріалів на основі узагальнення робіт М. М. Хрушова [3], Ф. П. Боудена та Д. Тейбора [4], Р. М. Матвеевського [5], І. В. Крагельського [6], Б. І. Костецького [7, 8] та інших дослідників сформульовано Н. А. Буше [9, 10]. Воно полягає в здатності контактуючих матеріалів пристосовуватися один до одного і до змінних умов тертя з урахуванням взаємодії матеріалів з мастилом і навколишнім газовим середовищем, забезпечуючи задану довговічність вузла тертя і стійку його роботу без мастила або в режимі порушення суцільності шару мастила.

У сучасних умовах існує можливість створення безлічі потенційних композицій, які можуть ефективно працювати в різних і конкретних умовах експлуатації. На підставі аналізу експериментальних даних розроблено основні принципи добору наповнювачів для антифрикційних полімерних композиційних матеріалів (АПКМ), виходячи з теплотехнічних, структурних, фізичних і хімічних властивостей наповнювачів, а також конфігурації, величини і характеру обробки поверхні КМ. Так, наприклад, мінімальна теплостійкість наповнювача обмежується технологією виготовлення композиції, а максимальна - заданими умовами експлуатації.

Усі АПКМ мають одну загальну характерну особливість - вони здатні утворювати на поверхні тертя плівку фрикційного переносу тієї чи іншої природи, що володіє всіма властивостями мастильної плівки. Механізм змащувальної дії АПКМ визначається також принципом побудови матеріалу, компонентами його складу, матрицею композиції, топографією, матеріалом контртіла, умовами і режимами роботи.

Застосування хімічно активних наповнювачів або добавок у вигляді шаруватих твердих частинок - антифрикційних твердих мастильних матеріалів дають змогу знизити інтенсивність зношування та величину коефіцієнта тертя в кілька разів. Фрикційні та зносні властивості КМ залежать також від товщини перенесеної плівки, яка змінюється залежно від температури.

Було виготовлено дослідні зразки для випробувань на лабораторній машині тертя СМЦ-2. Випробування проводилися з метою встановлення величини коефіцієнта тертя, його стабільності та визначення зносостійкості нових антифрикційних вуглець-вуглецевих композиційних матеріалів з піровуглецевою матрицею які було виготовлено шляхом зв'язування піровуглецем преформ із порошків природних графітових матеріалів Заваллівського родовища (Україна): графіт С-2 за ТУ 113-08-48-63-90 дрібнозернистий із розміром часток 2...15 мкм; графіт спеціальний малозольний за ГОСТ 18191-78 грубозернистий із частками 70...400 мкм. Для порівняльних випробувань було також виготовлено аналогічні матеріали на основі дрібнодисперсних порошків вуглецевої тканини УРАЛ-Т22 і на основі цієї ж тканини, модифікованої піровуглецем з розміром частинок менше 50 мкм і вмістом піровуглецю ~ 67...70%, ущільнення піровуглецем проводилося з використанням газофазного термоградієнтного методу (табл. 2).

Таблиця 2

Технічні параметри антифрикційних У-УКМ з піровуглецевою матрицею та різними наповнювачами

Наповнювач	Вага, г	Фазовий склад, % ваг.		Щільність, г/см <sup>3</sup>	Відкрита шпаруватість, %
		наповнювач	піровуглець		
Графіт С-2	47,4	15,1	84,9	1,52	12,51
Графіт ГСМ-2	43,3	51,7	48,3	1,47	19,70
Порошок вуглецевої тканини УРАЛ-Т22	42,5	33,1	66,9	1,39	10,41
Порошок вуглецевої тканини УРАЛ-Т22, модифіков.	44,6	10,5	89,5	1,45	10,89

Для випробувань на машині тертя виготовляли дослідні зразки у вигляді циліндрів діаметром 10 мм і висотою 15 мм. Дослідження проводилися в умовах сухого тертя по загартованому сталевому диску (НВ = 580...620) та ідентичних умовах навантаження, при цьому величина коефіцієнта тертя визначалася як мінімальне і максимальне значення за результатами вимірювань для зразків кожного виду матеріалів (табл. 3.). Слід зазначити значний розкид за величинами вимірювань коефіцієнта тертя навіть за умов повторних вимірів одних і тих самих зразків у встановлених і рівних режимах навантаження.

Таблиця 3

Результати випробувань різних матеріалів на машині тертя

Вид матеріалу		Коефіцієнт тертя $\mu$ , по сталі без змащення
1	Триболіт на основі вуглецевої тканини УТФ-2	0,06...0,12
2	Триболіт на х/б тканини ХТФ-1	0,06...0,14
3	Поліамід 6, по ОСТ 6-06-09-83	0,12...0,27
4	Фторопласт 4, без добавок	0,04...0,08
5	Капролон В, графітонаповнений	0,04...0,07
6	Капролон В, мастилонаповнений	0,04...0,08
7	У-УКМ, наповнювач графіт С-2	0,07...0,10
8	У-УКМ, графіт спеціальний ГСМ-2, малозольний	0,05...0,10
9	У-УКМ, розмелений порошок вуглецевої тканини типу УРАЛ-Т22	0,06...0,10
10	У-УКМ, розмелений порошок вуглецевої тканини типу УРАЛ-Т22, модифікований піровуглецем	0,06...0,09



Найкращі показники за реалізованою величиною коефіцієнта тертя показали матеріали з фторопласту, капролону (мастилонаповненого і графітонаповненого), а також У-УКМ з наповнювачами у вигляді графіту спеціального маловуглецевого ГСМ-2 і дрібнодисперсного порошку з вуглецевої тканини УРАЛ-Т22 [11], зокрема і модифікованої піровуглецем. Для нових У-УКМ з піровуглецевою матрицею і різними наповнювачами у вигляді графітових матеріалів, які раніше не використовували як антифрикційні матеріали, проведено додаткові досліді з різним питомим тиском (2 МПа, 3.4 МПа і 4.7 МПа) і постійною швидкістю ковзання (300 об/хв, що відповідає лінійній швидкості - 0.79 м/с). При цьому випробування проводилися для п'яти зразків кожного матеріалу виду У-УКМ і результати усереднювалися (рис. 5).

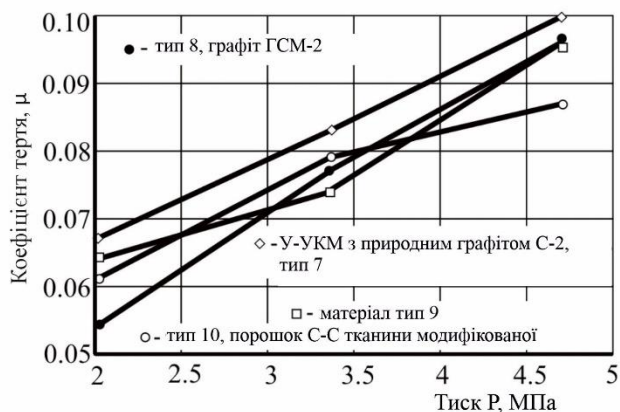


Рисунок 5 – Залежність коефіцієнта тертя від питомого навантаження

Антифрикційні вуглець-вуглецеві композиційні матеріали з піровуглецевою матрицею і наповнювачем у вигляді дрібнодисперсних частинок порошку з вуглецевої тканини було отримано шляхом дрібного розмелювання вуглецевих волокон, при цьому в процесі помелу було зруйновано впорядковану орієнтацію частинок вуглецю, внаслідок чого отриманий порошок отримав нові графітоподібні властивості. Беручи до уваги, що процес графітизації вуглецевої тканини проводили за температури понад 2200°C, отриманий дрібнодисперсний наповнювач мав усі властивості графіту і відіграв роль твердого мастила між поверхнями, що труться. Усі антифрикційні У-УКМ мають доволі низький коефіцієнт тертя під час роботи із загартованою сталлю і без змащення.

**Висновки.** Отримані результати дають змогу рекомендувати антифрикційні У-УКМ для застосування у важко навантажених вузлах тертя, особливо під час роботи в умовах високих температур, оскільки ці матеріали здатні зберегти свої механічні, теплофізичні та триботехнічні властивості в температурному діапазоні до 1200°C.

#### Література

1. Конструкція і динаміка тепловозів. Вид. 2-е, доп., за ред. Іванова В.Н. - М.: Транспорт, 1974. - 336 с.
2. Гороневич П.І., Шевченко П.М. Вибір типу опорно-повертального пристрою тепловоза ТЕ109. Зб. "Локомотивобудування", вип. 2, Вид-во ХДУ, Харків, 1970. - С. 13-23.
3. Хрущов М. М. Дослідження підріткуні підшипникових сплавів і цапф. М.: Вид-во АН СРСР, 1956. - 160 с.
4. Боуден Ф. П., Тейбор Д. Тертя і мастило твердих тел. - М.: Машино-будівля, 1968. - 543 с.
5. Матвеевський Р. М. Температурна стійкість граничних мастильних шарів і твердих мастильних покриттів при терті металів і сплавів. - М.: Наука, 1971. - 227 с.
6. Крагельський І.В., Добичин М.М., Комбалов В.С. Основи розрахунків на тертя та знос. - М.: Машинобудування, 1977. - 526 с.
7. Костецький Б. І., Натансон М. Е., Бершадський Л. І. Механохімічні процеси при граничному терті. - М.: Наука, 1972. - 170 с.
8. Поверхнева міцність матеріалів під час тертя. / За ред. Б. І. Костецького.- Київ : Техніка, 1976.- 292 с.
9. Буше Н. А., Копитько В. В. Сумісність поверхонь, що труться. - М.: Наука, 1981. - 127 с.
10. Буше Н.А. Тертя, знос та втома в машинах. - М.: Транспорт, 1987. 223 с.
11. Полупан Є. В. Підвищення ефективності гальмування піднімально-транспортних машин застосуванням нових фрикційних матеріалів. Дис. ... кандидата техн. наук: Харків, 2008.-173 с.

#### References

1. Konstruktsiia i dynamika teplovoziv. Vyd. 2-e, dop., za red. Ivanova V.N. - M.: Transport, 1974. - 336 s.
2. Horonovych P.I., Shevchenko P.M. Vybir typu oporno-povertalnoho prystroiu teplovoza TE109. Zb. "Lokomotyvobuduvannia", vyp. 2, Vyd-vo KhDU, Kharkiv, 1970. - S. 13-23.
3. Khrushchov M. M. Doslidzhennia pidrobitku pidshypnykovykh splaviv i tsapf. M.: Vyd-vo AN SRSR, 1956. - 160 s.

4. Bouden F. P., Teibor D. Tertia i mastylo tverdykh tel. - M.: Mashyno-budivlia, 1968. - 543 s.
5. Matvieievskiy R. M. Temperaturna stiikist hranychnykh mastylnykh shariv i tverdykh mastylnykh pokryttiv pry terti metaliv i splaviv. - M.: Nauka, 1971. - 227 s.
6. Krahelskyi I.V., Dobychyn M.M., Kombalov V.S. Osnovy rozrakhunkiv na tertia ta znos. - M.: Mashynobuduvannia, 1977. - 526 s.
7. Kostetskyi B. I., Natanson M. E., Bershadskyi L. I. Mekhanokhimichni protsesy pry hranychnomu terti. - M.: Nauka, 1972. - 170 s.
8. Poverkhneva mitsnist materialiv pid chas tertia. / Za red. B. I. Kostetskoho.- Kyiv : Tekhnika, 1976.- 292 s.
9. Bushe N. A., Kopytko V. V. Sumisnist poverkhon, shcho trutsia. - M.: Nauka, 1981. - 127 s.
10. Bushe N.A. Tertia, znos ta vtoma v mashynakh. - M.: Transport, 1987. 223 s.
11. Polupan Ye. V. Pidvyshchennia efektyvnosti halmuvannia pidnimalno-transportnykh mashyn zastosuvanniam novykh fryktsiinykh materialiv. Dys. ... kandydata tekhn. nauk: Kharkiv, 2008.-173 s.

*The prospect of creating a new generation of antifriction materials is considered. It is known that intensive lateral wear of rails in curves occurs mainly during the run-up of wheels that transmit traction or perceive braking force, while the relative wheel slip rates are determined by the angles of the wheelsets' run-up on the rails. The rectilinear movement of the crew is accompanied by some wagging in the horizontal plane and is alternately realized by single-point and two-point. It is found that the greatest influence is exerted by the moment of resistance to turning from the interaction of wheels with rails, the value of which is random and is determined by a number of complex factors. It has been determined that the greatest threat to traffic safety in curved track sections is posed by the setting of the greatest skew and the setting of high speeds. The design of the body-carriage articulation and the tribotechnical characteristics of the friction units of the supporting and rotary mechanisms of this connection play a particularly important role when driving in curved sections. The articulation of the body and bogies of mainline diesel locomotives is considered, which is carried out by means of support and rotary devices and a kingpin device that can provide a different degree of freedom of movement relative to the body. The scheme for calculating the backward force in the roller apparatus is considered. The calculation scheme for determining the displacement of the slider and the rotary device during angular turns of the trolley is presented, thanks to which we obtain an expression for the rotational moment during the rotation of the trolley relative to the body. The moments of friction forces in the supports are given, depending on the angle of rotation of the trolley and the coefficient of friction of the slider on the plastic pad. The nature of the influence of the rotational moment in the trolley supports, depending on the angle of its rotation and the coefficient of friction, on the magnitude of the moment from the friction forces in the support devices is considered. The technical parameters of antifriction U-UKM with a pyrocarbon matrix and various fillers and the results of tests of various materials on a friction machine are presented.*

**Key words:** wheel, antifriction material, carbon-carbon, composite material, friction, sliding.

**Полупан Є.В.** - канд. техн. наук., Східноукраїнський національний університет, iiscienceii@ukr.net