

ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

**Єгорова Ірина Михайлівна**

УДК 678.675:621.822.722:629.463

**УДОСКОНАЛЕННЯ БУКСОВИХ РОЛИКОПІДШИПНИКІВ ВАНТАЖНИХ  
ВАГОНІВ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ СЕПАРАТОРІВ ЗІ  
СКЛОПОЛІАМІДУ**

05.22.07 – Рухомий склад залізниць і тяга поїздів

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харьков - 2001

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі будівельної механіки та гідравліки Харківської державної академії залізничного транспорту Міністерства транспорту України

**Науковий керівник** – доктор технічних наук, професор  
**Чихладзе Елгуджа Давідович**, завідувач кафедри  
“Будівельна механіка та гідравліка”, Харківська  
державна академія залізничного транспорту

**Офіційні опоненти:**

**Астанін В'ячеслав Валентинович**, доктор технічних наук, професор кафедри механіки Київського національного університета;

**Мартинов Ігор Ернестович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри “Вагони” Харківської державної академії залізничного транспорту.

**Провідна установа**

Дніпропетровський державний технічний університет залізничного транспорту Міністерства транспорту України.

Захист відбудеться “27” грудня 2001 р. об 11 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 у Харківській державній академії залізничного транспорту, за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківської державної академії залізничного транспорту, за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий “23” листопада 2001 р.

Вчений секретар

Спеціалізованої вченої ради

\_\_\_\_\_ Запара В.М.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Вступ.** Ріст швидкостей прямування при все зростаючих відстанях безупинного пробігу поїздів створює тяжкі умови для роботи буксових вузлів. Прийнята в цей час конструкція буксового вузла з двома радіальними підшипниками працює недостатньо надійно. Кількість відмов роликкових букс збільшується. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки заходів щодо підвищення надійності роботи вагонних букс із роликковими підшипниками, чому і присвячена дана робота.

**Актуальність теми.** Задачі підвищення надійності і зниження витрат на виготовлення підшипників кочення, зокрема буксових роликпідшипників 42726(232726), можуть бути успішно вирішені шляхом заміни латунного сепаратора на сепаратор із склонаповненого поліаміду. Цьому сприяє ряд переваг поліамідного сепаратора: повна автоматизація виготовлення; менший знос; зниження концентрації напружень; поліпшення властивостей, що демпфірують; більша деформативність, що призводить до зміни контактної взаємодії сепаратора і підшипника в процесі роботи і підвищенню несучої спроможності. Низькі темпи впровадження нових сепараторів у підшипникову промисловість пов'язані з недостатньою вивченістю механічних властивостей полімерних матеріалів, із яких вони виготовлені і технології виготовлення, відсутністю обґрунтованих теоретичних і експериментальних даних для побудови методики розрахунку і проектування. Достатньо сказати, що існуючі методи розрахунку підшипників кочення не передбачають розрахунку сепараторів на міцність і жорсткість. А вибір типу матеріала і визначення геометричних параметрів здійснюється за допомогою емпіричних залежностей і накопиченого досвіду. Сепаратори важко навантажених роликпідшипників, як правило, є елементами, що призводять до найбільшого числа відмов вузлів тертя. Характерною рисою експлуатації є сприйняття не тільки радіальних, але і значних осьових навантажень. Саме таке комбіноване навантаження характерне для роликпідшипників буксових вузлів залізничного вагона, від надійної роботи яких значною мірою залежить ріст пропускної і провізної спроможності залізниць, а також безпека руху поїздів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами.** Робота виконана відповідно до наказів Міністерства шляхів сполучення СРСР №48ц від 25.12.85 р., №Д 954у від 19.02.87 р., №25Цз від 6.11.87 р. на кафедрі «Будівельна механіка» ХарДАЗТ, науково-технічні звіти №№ 01880033945, 01890032810, 01890021453.

**Мета і задачі дослідження.** Удосконалення буксових роликпідшипників вантажних вагонів заміною в них латунних сепараторів на сепаратори зі склополіаміду. Для досягнення цієї мети необхідно:

- проаналізувати напружено-деформований стан склополіамідного сепаратору;
- виконати теоретичні дослідження силової взаємодії сепаратора з деталями роликпідшипника;
- виконати дослідження механічних і реологічних властивостей поліамідів при короткочасній і довгостроковій дії навантаження, старінні, температурі в різноманітних середовищах утримання і діапазоні від  $-60$  до  $+120$  °С;

- розробити просторову розрахункову схему сепаратора і виконати його розрахунок на дію статичного і динамічного навантаження з урахуванням їх довгострокової дії;
- розробити технологію виготовлення сепараторів буксових роликотідшипників 42726 зі склополіаміду.

*Об'єкт дослідження.* Склополіамідний сепаратор буксового вагонного роликотідшипника.

*Предмет дослідження.* Напружено-деформований стан склополіамідного сепаратора буксового вагонного роликотідшипника.

#### **Наукова новизна одержаних результатів:**

- розроблені наукові положення проектування склополіамідного сепаратора буксового вагонного роликотідшипника, який застосовується замість латунного;
- отримані нові залежності механічних і реологічних властивостей поліамідів при короткочасній і довгостроковій дії навантаження, старінні від температури в різноманітних середовищах утримання у діапазоні від  $-60$  до  $+120$  °С;
- запропонована просторова розрахункова модель склополіамідного сепаратора буксового роликотідшипника і розроблено математичний апарат для оцінки його напружено-деформованого стану.

**Обґрунтованість і достовірність отриманих результатів, висновків і рекомендацій** підтверджується сучасним рівнем експериментальних досліджень, використанням методів математичної статистики при обробці результатів, збігом отриманих розрахункових даних з експериментом, використанням програмного комплексу “Міраж” під час розрахунків, результатами багаторічних випробувань модернізованих роликотідшипників в буксах залізничних вагонів.

**Практичне значення отриманих результатів.** Проведені експериментальні і теоретичні дослідження показують, що застосування сепараторів буксових вагонних роликотідшипників із склополіаміда дозволяє підвищити надійність буксового вузла, знизити собівартість виготовлення за рахунок заощадження дефіцитної латуні і знизити трудомісткість виготовлення. Починаючи з 1997 р. у Росії і з 1998 р. в Україні на залізничному транспорті провадиться заміна латунних сепараторів буксових роликотідшипників вантажних вагонів на склополіамідні.

**Особистий внесок здобувача.** Всі наукові результати, винесені на захист, отримані автором самостійно. У роботах, опублікованих у співавторстві, дисертанту належить (відповідно списку публікацій, наведеному в авторефераті): у [3,4,6,7] - виконано розрахунок сепараторів підшипників кочення і проведені дослідження механічних властивостей полімерних матеріалів, побудовані графіки, проведено обробку результатів досліджень; у [5] - розроблена програма і виконано розрахунок сепаратора.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати роботи доповідались, обговорені і схвалені на четвертій і п'ятій українських науково-технічних конференціях Міністерства освіти України «Застосування пластмас у будівництві і міському господарстві»(Харків 1996, 2000 р.), на шести науково-технічних конференціях ХарДАЗТ(1989-2000р.).

**Публікації.** Матеріали дисертації опубліковано у 4 основних друкованих працях у фахових наукових виданнях. Додатково відбивають зміст два рукописи, що депонувалися, та матеріали виступа на науково-технічній конференції.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків і нараховує 172 сторінки, з них основного тексту 99 сторінок; додатків, списку використаних джерел, рисунків і таблиць 73 сторінки. Робота ілюстрована 70 рисунками, наведено 5 таблиць, 8 сторінок додатків. Список використаних джерел нараховує 134 найменування.

Автор роботи висловлює глибоку подяку за допомогу при підготовці дисертації к.т.н., доцентам Андрієвському В.Г., Гайдамаці А.В.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обгрунтовано актуальність теми, сформульовані мета і задачі дослідження, відображені наукова новизна і практичне значення, подано загальну характеристику роботи.

У **першому розділі** викладаються умови експлуатації роликотідшипників 42726(232726) у буксових вузлах вагонів, стан питання і досвід використання пластмас і композиційних матеріалів для виготовлення сепараторів. Буксовим вузлам в експлуатації завжди приділялася особлива увага, оскільки їхня безвідмовна робота безпосередньо впливає як на безпеку руху поїздів, так і на підвищення провізної спроможності залізниць. Всі вантажні вагони, що експлуатуються в даний час у країнах СНД, обладнані буксовими вузлами з двома циліндричними роликотідшипниками 42726(232726) на гарячій посадці. Від їх надійної роботи залежить успішне вирішення проблеми пропускнуої і провізної спроможності залізниць.

В останні роки у вагонному господарстві склалося тривожне становище у зв'язку з поганою роботою букс із підшипниками кочення. Середня фактична довговічність роликотідшипників букс вагонів за контактено-утомленими ушкодженнями приблизно вдвічі нижче розрахункової.

При прямованні на буксовий вузол діють радіальні й осьові сили. Розмір радіальних сил залежить, головним чином, від тари вагона і маси перевезеного вантажу. Схема передачі радіального навантаження на підшипники й ушкодження, що викликаються нею, вивчені і відображені в літературі достатньо повно. У той же час дія осьових сил досліджена недостатньо. Осьові сили можуть носити постійний характер (під час прямовання в кривих), короточасний (від бокових коливань вагона і колісних пар унаслідок впливу бічного віднесення, від поперечних складових подовжньої стискальної сили, що виникає при гальмуванні), а також ударний характер (під час прямовання вагона по бокових нерівностях шляху - на стрілках, контррельсах і т.п.). Розмір осьових сил може досягати великих значень, особливо в колісних парах вантажних вагонів через конструкцію візків, що застосовується. Так, наприклад, під час випробувань пасажирських вагонів на візках КВЗ-ЦНІ зі швидкістю 56 м/с були зареєстровані сили до 22 кН. При проведенні в 1987 році експлуатаційних випробувань вантажних вагонів із

навантаженням 232,5 кН на вісь, під час прямування зі швидкістю 33,3 м/с осьові сили склали 130 кН. Є відомості, що осьові сили у вантажних вагонах можуть досягати 190 кН. В існуючій конструкції буксового вузла відсутній устрій, який сприймає осьові сили в режимі тертя кочення, що призводить до перекосу роликів. У результаті створюється кососиметричне навантаження сепаратора, що в сполученні з високими динамічними зусиллями призводить до появи тріщин від втоми у кутах вікон сепаратора і наступного його руйнування. Перекіс роликів створює додаткову концентрацію напружень у зоні контакту ролика з доріжками кочення кілець, що призводить до інтенсивного утворення раковин. Очевидно, що саме дія осьових сил викликає більшу частину відмов буксових вузлів на підшипниках кочення, у результаті чого можливі злами шийок осей і створення аварійної ситуації.

До вигідних властивостей пластмас відносяться спроможність конструювання матеріалів із заданими властивостями, мала щільність, дозволяюча істотно понизити вагу конструкцій і машин. Міцність і жорсткість виробів із пластмас у значному діапазоні силових і температурних впливів визначає широкі галузі їхнього застосування. Пластмаси мають високу хімічну стійкість, відмінні антифрікційні властивості, значне внутрішнє тертя сприяє зниженню шумності машин і механізмів. Ресурси сировини для виготовлення більшості пластмас практично не обмежені. Аналіз закордонних і вітчизняних літературних джерел показує, що найбільш прийнятним матеріалом для сепараторів є армований скловолокном поліамід 6. Додавання 30% по масі скловолокна довжиною 0,1...0,4мм і діаметром приблизно 10 мкм, а також термостабілізатору у вигляді металевих або органічних додатків забезпечує підвищену стійкість до старіння, гарну стабільність форми при термічних навантаженнях і менші виробничі допуски при виготовленні. Для такого матеріалу припустимі довгостроково діючі робочі температури від -60 до +120 °С.

В'язкопружні матеріали відносяться до числа деформуючих з тривкістю часу. Велика роль у встановленні зв'язку між напруженням і деформаціями, вивченні властивостей пластмас належить вітчизняним ученим М.М.Беляєву, Ю.М.Работнову, Л.М.Качанову, Н.А.Одінгу, Н.Х.Арутюняну, М.М.Малініну, А.П.Філіппову, О.Р.Ржаніцину, О.А.Іллюшину, М.М. Розовському, М.А.Колтунову, П.М.Огібалову, Ю.С.Уржумцеву, В.Є.Гулю, Г.М.Бартенєву, Б.Е.Побєдрі, І.І.Гольденблату, В.А.Копнову та ін. Питанням вивчення роботи підшипників букс вагонів присвячені дослідження М.М.Волкова, В.Ф.Дев'яткова, С.Г.Іванова, І.Е.Мартінова, В.Ф.Новікова, В.А.Петрова, В.М.Цюренко й ін.

Значний внесок у розвиток теоретичних і експериментальних досліджень кінематики і динаміки деталей підшипників кочення внесли вітчизняні вчені: В.В.Акбашин, Н.А.Аверін, В.Г.Андрієвський, П.Д.Волков, А.І.Гулюткін, А.І.Данильченко, С.Г.Іванов, М.М.Курганов, М.Н.Курушин, Б.А.Лівшиць, Е.М.Філатова, а також закордонні дослідники К. Какута, П.Вейс, М. Гіллот і ін.

Досвід експлуатації сепараторів роликотпідшипників букс вагонів вказує на недостатню довговічність існуючої масивної конструкції латунного сепаратора. Аналіз існуючих розрахункових моделей сепараторів і механічних властивостей

в'язкопружного матеріалу для їхнього виготовлення дає можливість упритул наблизитися до розрахунку і дослідження напружено-деформованого стану.

**В другому розділі** викладені експериментальні дослідження механічних властивостей пластмас, застосованих для виготовлення сепараторів. Безпека прямування рухомого складу поїздів багато в чому залежить від надійної роботи його вузлів, зокрема буксових вузлів вагонів. Одним із шляхів поліпшення експлуатаційних характеристик підшипників кочення 42726(232726) є застосування сепараторів зі склополіаміду, що володіють унікальними технологічними і тріботехнічними властивостями. Для оцінки міцності і жорсткості сепараторів із пластмас необхідні знання механічних характеристик нових матеріалів, дослідження впливу діапазону температур, що зустрічається реально, з урахуванням впливу середовища утримання. За допомогою сконструйованого на кафедрі «Будівельна механіка і гідравліка» ХарДАЗТ стенда проведені дослідження з виявлення миттєвого модуля пружності; випробування на повзучість і післядію після повзучості, на релаксацію напружень і післядію після релаксації напружень. У результаті визначені реологічні характеристики і параметри ядер інтегральних рівнянь повзучості і релаксації досліджуваних матеріалів. Процеси деформування пластмас краще інших описує спадкова теорія в'язкопружності, запропонована Больцманом Л. і розвита Вольтером В., в основі якої лежить принцип суперпозиції. Однією з основних складностей при використанні спадкової теорії в'язкопружності в розрахунках є вибір ядра  $\Gamma(t - \tau)$  і його резольвенти  $K(t - \tau)$  в рівняннях виду

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E} + \int_0^t K(t - \tau) \sigma(\tau) d\tau, \quad (1)$$

$$\sigma(t) = E\varepsilon(t) - \int_0^t \Gamma(t - \tau) \varepsilon(\tau) d\tau, \quad (2)$$

де:  $\varepsilon(t)$ - відносна деформація;  $\sigma(t)$ - напруження;  $E$  – миттєвий модуль пружності.

Ядра в цих рівняннях визначаються на підставі експериментів, тому в даний час отримано більш десятка їхніх різновидів і при вирішенні питання якому з ядер надати перевагу необхідно провести випробування застосованого в'язкопружного матеріалу на повзучість і переконатися, що при обраному ядрі криві повзучості описуються щонайкраще, а також що за допомогою знайдених параметрів обраного ядра можуть бути побудовані теоретичні криві релаксації і післядії, що співпадут з експериментальними.

У практиці інженерних розрахунків деталей із пластмас виявилось дуже зручним застосування ядра Ржаніцина А.Р.

$$\Gamma(t) = Ae^{-\beta t} t^{\alpha-1}, \quad (3)$$

резольвенту якого

$$K(t) = \frac{e^{-\beta t}}{t} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{[A\Gamma(\alpha)]^n t^{\alpha n}}{\Gamma(\alpha n)} \quad (4)$$

знайшов Колтунов М.А.

Використовуючи запропонований Колтуновим М.А. метод знаходження параметрів ядра  $A, \alpha, \beta$ , шляхом суміщення експериментальної безрозмірної кривої функції повзучості з набором відповідних теоретичних кривих, були підібрані криві повзучості з параметрами ядра, наведеними в табл.1.

Миттєвий модуль пружності є фізичною постійною в'язкопружного матеріалу і входить у рівняння зв'язку між напруженням і деформацією при розрахунку сепараторів. З методів його визначення відомі: акустичний (за швидкістю поширення ультразвуку в матеріалі) та із випробувань на повзучість. У останньому випадку після миттєвого прикладення напруження заданого розміру фіксується миттєва деформація  $\varepsilon_0$ . Шукана величина  $E = \sigma / \varepsilon_0$ . Проте, у цьому методі миттєвий модуль пружності визначається за кривою  $\varepsilon \sim t$  приблизно, із невеличкою точністю. Ультразвуковий метод не одержав широкого поширення, тому що припускає наявність спеціальної апаратури. Нами розроблена методика визначення миттєвого модуля пружності з випробувань на релаксацію напружень. Зразку періодично задається ряд фіксованих деформацій  $\varepsilon_{0i}$  і визначаються відповідні їм значення напружень  $\sigma_i$  на екрані осцилографа, що володіє післясвітінням. Будується графік у координатах  $\sigma \sim \varepsilon$ . Тангенс кута нахилу прямої  $\sigma \sim \varepsilon$  до осі  $\varepsilon$  і є шукана величина  $E$ .

Таблиця 1

Реологічні характеристики досліджуваних поліамідів

Матеріал	$\sigma$ (МПа)	$\varepsilon$ (%)	Параметри ядра			$E$ (МПа)
			$\alpha$	$\beta$	$A$	
ПА6	69,25	22,75	0,02	0,05	0,021	$3,2 \cdot 10^3$
ПА6-КС	125,92	3	0,02	0,05	0,0168	$5,5 \cdot 10^3$
ПА6ВС30	154,32	2,9	0,025	0,05	0,0140	$6,28 \cdot 10^3$
ПА6ВС-25Г5	126	3	0,025	0,05	0,0132	$6,3 \cdot 10^3$
ПА6ВС-25Г5К-03	117	2,8	0,075	0,05	0,0233	$5,9 \cdot 10^3$
ПА6ВС18	53,42	1,64	0,2	0,02	0,0299	$3 \cdot 10^3$
ПА6210КС Аналог	125	2,7				$6,2 \cdot 10^3$
Технамід	110	2,5	0,07	0,05	0,021	$5,4 \cdot 10^3$
Армамід	180	3÷8	0,027	0,05	0,0121	$7,8 \cdot 10^3$

Для дослідження впливу температурно-тимчасового фактора на механічні властивості поліаміду була розроблена методика проведення експериментів по оцінці старіння поліаміду з урахуванням температурного діапазону, що зустрічається реально в експлуатації підшипникових вузлів букс вагонів. Зразки утримувалися в чотирьох різноманітних середовищах - воді, повітрі, мастилі ЖРО(консистентне консерваційне мастило для роликотпідшипників при температурах до 120 °С), мастилі ЛЗЦНП(літньо-зимове кремнієво-натрієве мастило) з



метою встановлення впливу цих середовищ на матеріал зразків. Було підготовлене необхідне устаткування, що дає можливість утримувати зразки при температурах 120, 60, 22, 0, -24, -60 °С. Негативні температури підтримувалися в морозильній камері, а позитивні - в термошкафах. Періодично, раз на місяць, зразки витягалися, кондиціонувалися протягом 24 годин за стандартними умовами (температура 20±2 °С, відносна вологість 65±5 %), потім підлягали випробуванням на розтяг із метою визначення руйнуючого напруження  $\sigma_p$  і відносного подовження  $\varepsilon_p$ . За результатами випробувань побудовані графіки залежності межі міцності  $\sigma_p$  і відносного подовження  $\varepsilon_p$  від часу збереження зразків при температурах від -60 до 120 °С з урахуванням середовища, у якому зберігалися зразки. Для визначення залежності межі міцності  $\sigma_p$  або відносного подовження  $\varepsilon_p$  від факторів впливу (температура, час збереження, тип середовища) використовувалися методи математичної статистики. Була складена програма отримання коефіцієнтів множинної лінійної регресії, за допомогою якої одержали чотири пари рівнянь регресії:

ПА6-КС(ЛЗЦНІ)  $\sigma_p = 119,035 + 0,063T + 0,01t$ ,  $\varepsilon_p = 29,366 - 0,00093T + 0,01727t$ ;

ПА6-КС(ЖРО)  $\sigma_p = 119,648 - 0,0603T + 0,0103t$ ,  $\varepsilon_p = 29,184 - 0,00592T + 0,01069t$ ;

ПА6(ЛЗЦНІ)  $\sigma_p = 54,979 + 0,0112T + 0,0172t$ ,  $\varepsilon_t = 24,91 - 0,0581T + 0,0235t$ ;

ПА6(ЖРО)  $\sigma_p = 55,322 + 0,0642T - 0,0572t$ ,  $\varepsilon_t = 22,425 - 0,0747T + 0,0544t$ .

Для обґрунтованого встановлення терміна працездатності нового полімерного матеріалу ще на стадії розробки необхідно мати інформацію про його поведінку в гаданих умовах збереження або експлуатації. Сутність методики прискорених випробувань за ГОСТ 9.707-81 полягає в одночасному дослідженні склополіамідів ПА6ВС-30, ПА6ВС-25Г5, ПА6ВС-25Г5К-0,3 і матеріала-аналога ПА-210КС на стійкість до впливу кліматичних чинників і встановленні порівняльної оцінки стійкості матеріалів до зазначених впливів по зміні одного або декількох показників старіння. Види і послідовність впливу зазначених кліматичних умов у циклі встановлювалися в залежності від заданих умов збереження на сепаратори буксових підшипників.

Основна умова: один рік гаданого збереження зразків імітувався кількістю перепадів температури, рівною кількості переходів через 0 °С, встановленій для заданого кліматичного району за ГОСТ 16350-80. Перед визначенням межі міцності до і після випробувань зразки кондиціонувалися в випробувальній камері при температурі 20±2 °С і відносній вологості повітря 65±5%. Випробування на вплив перепадів температури, що імітують один рік збереження в будь-якому кліматичному районі, проводилися при зміні температури від -60 до 60 °С. Охолодження зразків до -60 °С і наступний нагрів до 60 °С провадилися ступінчасто з витримкою при температурах 20 і 40 °С. Строк витримки при зазначених температурах встановлювався в залежності від теплових характеристик досліджуваного матеріалу з умовою повного прогріву зразка. Кількість переходів від -60 до 60 °С, відповідно до заданих умов, встановлювалася відповідно числу

років гаданого збереження з урахуванням стану навколишнього середовища і спеціальних обмежень, оговорених в умовах збереження. Вихідні значення межі міцності  $\sigma_p$  досліджуваних матеріалів і матеріалу-аналога визначалися у відповідності зі стандартами ГОСТ 11262-80.

Встановлювалися три режими випробувань 1, 2 і 3. Випробування у всіх режимах починалися одночасно. Випробування в режимі 1 проводилися при температурі  $T_{max}$ , встановленій для даних матеріалів. Ця температура повинна бути на  $10^\circ \text{C}$  нижче тієї, при якій у матеріалі зразка починаються фазові, структурні або хімічні перетворення (ФСХ-перетворення), що не мають місця при температурі збереження. Випробування в режимі 2 проводилися при температурі  $T_1$ , нижче  $T_{max}$  на  $20^\circ \text{C}$ . Випробування в режимі 3 імітують вплив перепадів температури з переходом від  $-60$  до  $60^\circ \text{C}$ .

Матеріали досліджувалися разом із матеріалом-аналогом ПА6-210КС, властивості якого відомі (достатньо широко застосовується в підшипниковій промисловості). Режими 1 і 2 проводилися при постійній абсолютній вологості повітря  $q = (11,4 \pm 2,2) \text{ г/м}^3$ .

Зразки досліджуваних матеріалів і матеріалу-аналога поміщалися в випробувальні камери після встановлення в них заданого режиму. Випробування проводилися безупинно. У тривалість старіння включалася тривалість змушених перерв, що не перевищувала 10 діб. Відповідно до ГОСТу 9.707-81, тривалість випробувань при  $T_{max} = 60^\circ \text{C}$  - 30 діб, при  $T_1 = 40^\circ \text{C}$  - 60 діб, а випробування в режимі 3 мали 20 перепадів температури від  $-60$  до  $60^\circ \text{C}$ .

Після закінчення випробувань по всіх режимах визначалися значення межі міцності  $\sigma_p$ . Результати наведені в табл.2. Значення межі міцності досліджуваних матеріалів і матеріалу-аналога у вихідному стані і після випробувань по всіх режимах приймалися рівними середньому арифметичному значенню показників зразків, випробуваних у заданому режимі, що обчислювалося відповідно до вимог ГОСТ 269-66. Порівняльну оцінку стійкості досліджуваних матеріалів за результатами в режимах 1 і 2 у випадку зниження значення показника установлювали, використовуючи вирази

$$\frac{T_3(T_m - T_1)}{T_m(T_1 - T_3)} \ln \frac{X_1}{Y_1} \leq \ln \frac{X_2 Y_1}{X_1 Y_2}, \quad (5)$$

де:  $X_1 = \ln \frac{X_0}{X_{T_1}}$ ;  $X_2 = \ln \frac{X_0}{X_{T_m}}$ ;  $Y_1 = \ln \frac{Y_0}{Y_{T_1}}$ ;  $Y_2 = \ln \frac{Y_0}{Y_{T_m}}$ ;  $X_{T_m}, Y_{T_m}$  - відповідно,

значення показників досліджуваних матеріалів і матеріалу-аналога після випробувань у режимі 1;  $X_{T_1}, Y_{T_1}$  - відповідно, значення показників досліджуваних матеріалів і матеріалу-аналога після випробувань у режимі 2;  $X_0$  - вихідні значення показників досліджуваних матеріалів і матеріалу-аналога;  $T_m$  - температура в режимі випробувань 1;  $T_1$  - температура випробувань у режимі

2;  $T_3$  – еквівалентна температура, встановлена відповідно до додатка 5 ГОСТ 9.707-81 для Е матеріалу-аналога ( $T_3 = 5^\circ\text{C}$ ), Е - коефіцієнт кДж/моль.

Таблиця 2

## Межа міцності поліамідів при випробуваннях на кліматичне старіння

Матеріал	Значення показника $\sigma_p$ матеріалів, що випробуються				Значення показника $\sigma_p$ матеріалу-аналога			
	Вихідне	Після випробувань в режимі			Вихідне	Після випробувань в режимі		
		1	2	3		1	2	3
	$X_0$	$X_{T_m}$	$X_{T_1}$	$X_3$	$Y_0$	$Y_{T_m}$	$Y_{T_1}$	$Y_1$
ПА6 ВС-30	154,32	142,93	138,42	162,21	125,21	121,62	116,71	120,70
ПА6ВС 25Г5К	113,37	105,73	98,29	104,45				
ПА6ВС 25Г5	116,88	108,22	97,99	111,99				

У випадку підвищення значення показника, порівняльну оцінку стійкості досліджуваних матеріалів встановлювали, використовуючи вирази

$$\frac{T_3(T_m - T_1)}{T_m(T_1 - T_3)} \ln \frac{X'_1}{Y'_1} \geq \ln \frac{X'_2 Y'_1}{X'_1 Y'_2}, \quad (6)$$

де  $X'_1 = \ln \frac{X_{T_1}}{X_0}$ ;  $X'_2 = \ln \frac{X_{T_m}}{X_0}$ ;  $Y'_1 = \ln \frac{Y_{T_1}}{Y_0}$ ;  $Y'_2 = \ln \frac{Y_{T_m}}{Y_0}$ .

За результатами випробувань у режимах 1 і 2 можна вважати, що тільки досліджуваний матеріал ПА6ВС-30 не поступається матеріалу-аналогу по стійкості до впливу підвищених температур.

Порівняльна оцінка стійкості досліджуваних матеріалів за результатами випробувань у режимі 3 встановлювалася, використовуючи вирази

$$\frac{X_3}{X_0} \geq \frac{Y_3}{Y_0}, \quad (7)$$

де  $X_0$  і  $X_3$  - відповідно, значення показників  $\sigma_p$  досліджуваних матеріалів до і після випробувань;  $Y_0$  і  $Y_3$  - відповідно, значення показників  $\sigma_p$  матеріалу-аналога до і після випробувань.

За результатами випробувань у режимі 3, наведеними у табл.2, можна вважати, що досліджувані матеріали ПА6ВС-30 і ПА6ВС-25Г5 не поступаються матеріалу-аналогу ПА6-210КС по стійкості до впливу перепадів температури.

Отже, у результаті спільного виконання нерівностей (5) і (7) можна сказати, що тільки досліджуваний матеріал ПА6ВС-30 не поступається матеріалу-аналогу ПА6-210КС по стійкості до впливу кліматичних факторів.

За повний цикл випробувань на багаторічне старіння приймався період подвійного проходження через температуру  $0^\circ\text{C}$  від  $60^\circ\text{C}$  до  $-60^\circ\text{C}$  з витримкою на

етапах (ГОСТ 9. 707-81). За 9 годин за даною технологією реалізується 7 циклів. Відповідно до умов збереження 7 циклів відповідають 1 року, тому вони узяті за еталон. При проходженні 7 циклів кліматичного впливу на зразки їм давався відпочинок протягом 16 часів при температурі 19-22 °С. Теоретично вважається, що він необхідний, тому що дає можливість протіканню релаксаційних процесів у зразках, викликаних перепадом температур, тобто реалізуються зміни, які відбуваються в полімерному матеріалі із впливом часу. Після закінчення 5 років (тобто 5 днів) зразкам надавався дводобовий відпочинок. Результати випробувань наведені в табл. 3.

Таблиця 3

## Результати прискорених випробувань на багаторічне старіння

Матеріал	Межа міцності $\sigma_b$ (МПа)				
	Вихід- не	Після 5 р. випробувань	Після 10 р. випробувань	Після 15 р. випробувань	Після 20 р. випробувань (та % зміни)
ПА6ВС-30	154,32	152,38	150,32	140,56	124,88 19%
ПА6ВС-25 Г5К0,3	113,37	105,07	101,5	95,19	88,77 22%
ПА6ВС-25 Г5	116,88	113,67	103,64	96,05	93,35 20%
ПА6-210 КС(аналог)	125,21	124,47	119,64	115,35	119,48 8%

Зміна міцності зразків із досліджуваних матеріалів, після процесу кліматичного старіння протягом 20 років умовно (20 днів) не перевищує 25%. Це дає підставу припускати можливість експлуатації деталей із цих матеріалів протягом тривалого часу (до 20 років).

У роботі розроблена технологія виготовлення сепараторів. Існують декілька засобів переробки пластичних мас. Для виготовлення сепараторів підшипників кочення усе ширше застосовують полімерні матеріали, оброблювані литвом під тиском. Литво під тиском - метод формування виробів із полімерів у ливарних машинах, що полягає в розм'ягченні матеріалу до в'язкотекучого стану і наступного його переміщення в ливарну форму, де матеріал твердіє при охолодженні форми, набуваючи конфігурацію порожнини, що формує. Для виготовлення пластмасових сепараторів частіше усього використовують ливарні машини шнекового типу. Необхідний обсяг вприску визначають за формулою

$$V_0 = n_0 V \frac{k_1}{\beta}, \quad (8)$$

де  $n_0$  – кількість позицій(місць) форми деталей, які відливаються;  $V$  – об'єм одного виробу,  $\text{см}^3$ ;  $k_1$  – коефіцієнт, що враховує об'єм ливникової системи в розрахунку на об'єм одного виробу;  $\beta$  – коефіцієнт використання машини ( $\beta = 0,7$ ).

Через малу термостійкість поліамідів, щоб уникнути окисної деструкції матеріалу, рекомендується використовувати термопластавтомати з номінальним об'ємом вприску, що не перевищує п'ятикратний об'єм вилівка. З іншого боку, для

гарантованої якості об'єм вилівка не повинний перевищувати 75% від номінального об'єму вприску.

Необхідне зусилля змикання визначають за формулою

$$P = 0,1g \cdot S \cdot n_0 \cdot k_3 \cdot k_2, \quad (9)$$

де  $g$  – питомий тиск лиття (для склонаповненого поліаміду  $g = 120 \text{ МПа}$ );  $S$  – площа проєкції вилівка одного виробу на площину роз'єму,  $\text{см}^2$ ;  $k_2$  – коефіцієнт, що враховує площу ливників системи ( $k_2 = 1,1$ );  $k_3$  – коефіцієнт, що враховує використання максимального зусилля змикання плит ( $k_3 = 1,25 \dots 1,11$ ).

Під час лиття склополіамідів устаткування повинно забезпечувати більш високі питомі тиски, ніж під час лиття ненаповнених, а також більш високі швидкості вприску, тому що склонаповнені поліаміди мають більш низьку текучість. Це необхідно для запобігання раковин, для одержання глянсової поверхні і запобігання застигання матеріалу в ливниках і утворення холодних спаїв.

Необхідну кількість термопластавтоматів для випуску запланованої програми сепараторів визначають за формулою

$$n = \frac{N\tau}{60n_0F\varepsilon}, \quad (10)$$

де  $N$  – річна програма випуску деталей, тис.шт.;  $\tau$  – цикл лиття, млн (орієнтовно  $\tau = 0,5 \text{ хв.}$ );  $F$  – річний фонд часу, год.;  $\varepsilon$  – коефіцієнт, що враховує втрати часу на обслуговування робочого місця й устаткування, особисті потреби ( $\varepsilon = 0,93$ ).

При переробці полімерів необхідно регулювати і підтримувати необхідну температуру циліндра ливарної машини. Для поліамідів у процесі лиття температура в циліндрі підтримується на  $20 \dots 40$  °С вище температури плавлення, але в кожному окремому випадку вона підбирається шляхом експериментів у залежності від розмірів і конфігурації виробу, конструкції ливарної форми. Зокрема для армамиду температура розплаву  $(255 \pm 15)$  °С. Температура переробки склополіамідів повинна бути дещо вища, ніж при переробці ненаповнених поліамідів, що забезпечує одержання необхідної текучості матеріалу. У залежності від типу машини, швидкості лиття, марки поліаміду, що застосовується, можливі відхилення від рекомендуємих температурних діапазонів.

Оскільки текучість склополіаміду з 30% змістом волокна знижується в порівнянні з ненаповненим, виникає необхідність підвищувати питомий тиск лиття, а також збільшувати замикаюче зусилля форми на  $15 \pm 20\%$ . Досвід показує, що якість виготовляємих сепараторів підвищується завдяки регулюванню температури форми. Температура ливарної форми повинна бути на рівні  $85 \dots 100$  °С. Режими виготовлення сепараторів з армамиду наведені в табл.2.

Однією з істотних вад матеріалу (полімерів) є їхня схильність поглинати вологу з навколишнього середовища. Безпосередньо перед литвом поліамідних сепараторів здійснюється сушіння сировини до утримання вологи не більш  $0,1 \dots 0,2\%$ . Сушіння може провадитися як у вакуум-шафі, так і без неї. Час сушіння у вакуум-шафах при залишковому тиску не вище  $1333 \dots 2666$  Па при температурі  $80 \dots 90$  °С складає  $4 \dots 6$  годин при товщині прошарку матеріалу не більш  $30$  мм. При

використанні сушильних шаф, не забезпечених вакуум-насосом, сушіння провадиться при тій же температурі протягом 7...8 годин. Слід зазначити, що сушіння без вакууму дещо знижує механічні властивості матеріалу.

Таблиця 2

## Режими виготовлення сепараторів з армамиду

1. Температура розплаву, °С	255±15
2. Температура форми, °С	65±15
3. Тиск лиття, МПа	100±20
4. Час вприску, сек.	3,0±10,0
5. Час витримки під тиском, сек.	30±5
6. Час витримки при охолодженні, сек.	30±10

У третьому розділі проведено дослідження зусиль і напружено-деформованого стану склополіамідного сепаратора буксового роликотидшипника, навантаженого радіальною й осьюою силами. Однією з основних причин, що обумовлюють напружений стан сепаратора при радіальному навантаженні, є розходження у швидкостях роликів, яке призводить до появи активної  $N_a$  і реактивних  $N_p$  сил на поперечних перемичках сепаратора. Поява осьового (поперечного) навантаження на підшипник призводить до взаємного перекосу його кілець. Зростає кількість роликів, що гальмують прямування сепаратора і створюють на задніх по ходу обертання поперечних перемичках реактивні сили ТКС (сила взаємодії між роликками і сепаратором). А за рахунок повороту роликів у дотичній площині точки прикладення реактивних і активної сил зміщуються від середини до кінців поперечних перемичок. Для теоретичної оцінки рівня напружень і деформацій розроблена просторова розрахункова схема сепаратора (рис.1, а).

У основі розрахунку метод кінцевих елементів. Основними невідомими прийняті лінійні і кутові переміщення вузлів. Розрахунок сепаратора провадився на два види навантаження:

1. Статичне - від дії активної сили  $N_a$  і реактивних сил  $N_p$ . При виборі розрахункових сполучень це навантаження враховувалося як постійне.

2. Динамічне (імпульс) - від дії динамічного навантаження, прикладеного до точечної маси в точці 5. На рис.2, а наведена розрахункова схема для динамічного розрахунку, що являє собою систему з 75-ма точечними масами. На рис.2, б приведений графік зміни динамічного навантаження.

У результаті статичного розрахунку отримані переміщення вузлів і зусилля в елементах сепаратора. Результатами динамічного розрахунку є періоди, частоти і форми коливань для кожного тону, а також інерційні сили і відповідні їм переміщення і зусилля в елементах.

Жорсткість склополіамиду (армамиду ПА СВ 30) у 12,5 разів менша, ніж у латуні. Тому переміщення в сепараторі з армамиду вище, ніж у латунному. При статичному навантаженні найбільші переміщення складають 3,03мм (у латунному 0,24мм), при динамічному 11,46мм (у латунному 0,9мм), що свідчить про більшу його деформативність. Як тільки переміщення перевищать зазор плавання

підшипника  $S \leq l$  см, сепаратор торкнеться борта зовнішнього кільця підшипника, що призведе до зміни розрахункової схеми.

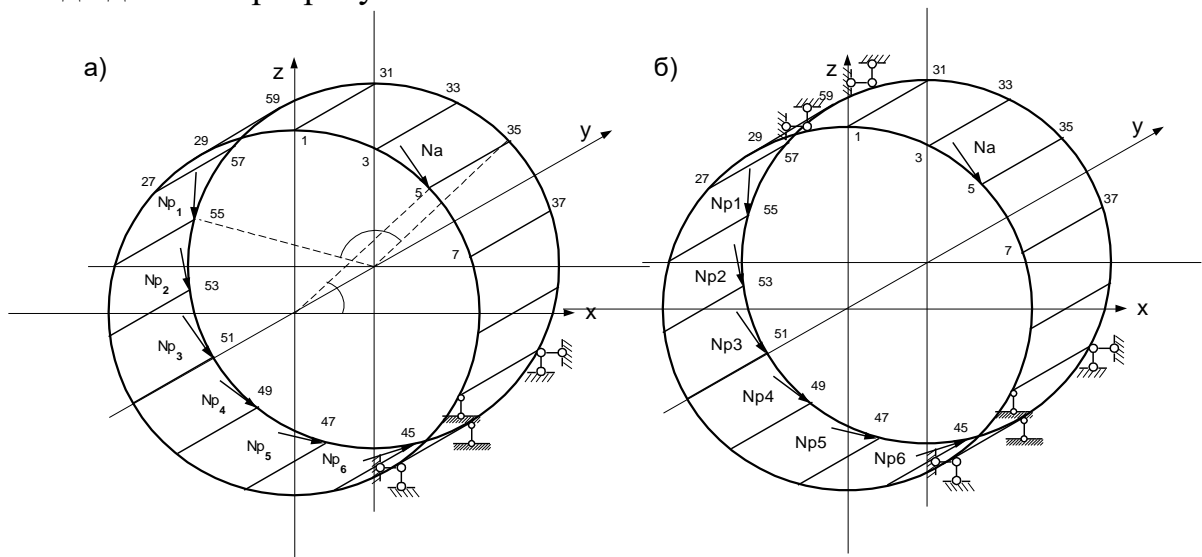


Рис.1. Розрахункові схеми сепаратора: а) початкова; б) уточнена

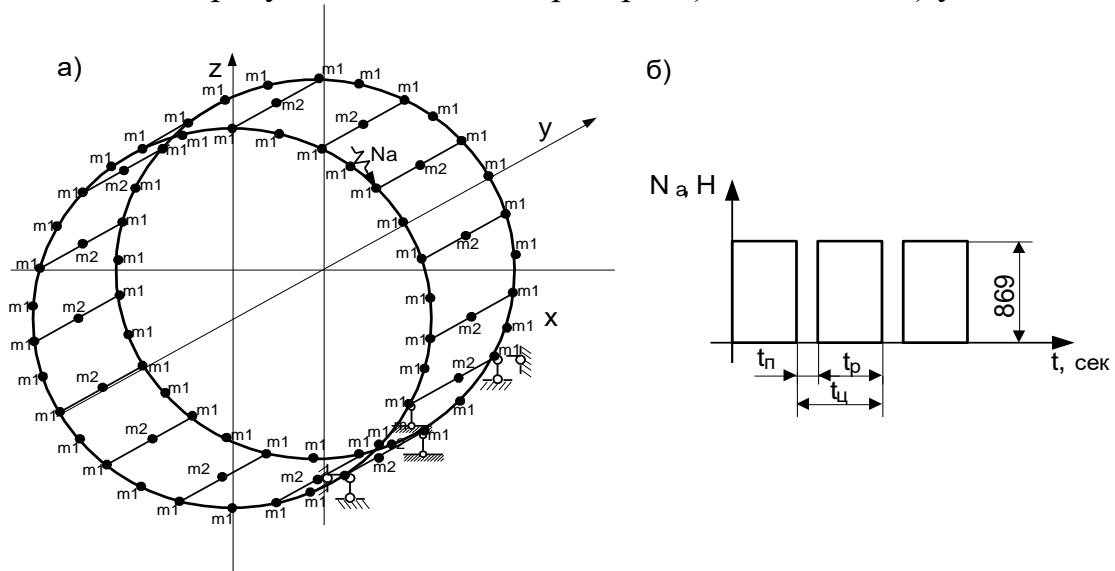


Рис. 2. Схема динамічного навантаження

Нова розрахункова схема наведена на рис. 1, б. Вона відрізняється від наведеної на рис.1, а тим, що у вузлах 30 і 60 поставлені додаткові опори, які імітують торкання сепаратора з бортом зовнішнього кільця підшипника. Розрахунок за новою схемою показав, що в результаті перерозподілу напружень найбільші еквівалентні напруження в склополіамідному сепараторі зменшилися при статичному навантаженні в 2 рази, а при динамічному - у 4,6 разів. Найбільші переміщення в склополіамідному сепараторі при статичному навантаженні 0,47 мм, при динамічному - 0,7 мм. Таким чином, на підставі вивчення статички, кінематики і динаміки елементів роликопідшипника, дослідження механізму виникнення сил ТКС, зон їхньої дії і точок прикладення здійснений вибір просторової розрахункової схеми сепаратора.

При аналізі роботи конструкцій і деталей машин, матеріал яких має властивість повзучості, доводиться рахуватися з двома факторами: з одного боку, із

можливістю появи неприпустимо великих деформацій і переміщень, з іншого боку - із можливістю її тривалої руйнації.

Поряд з (4) функція  $K(t - \tau)$  застосовувалася у вигляді

$$K(t - \tau) = \gamma \frac{\kappa}{E} e^{-\gamma(t-\tau)}. \quad (8)$$

Параметри  $\kappa$  і  $\gamma$  визначаються експериментальним шляхом. Для склополіаміду з 30% змістом скловолонна  $\kappa=1,7$ ,  $\gamma=4,77$ . Прийняття ядра у вигляді (8) дозволяє звести інтегральне рівняння (1) до диференціального й одержати рішення задачі повзучості і релаксації напружень із пружного вирішення шляхом заміни модуля пружності  $E$  тривалим модулем  $H$

$$H = \frac{E}{1 + \kappa} \quad \sigma_{\infty} = H \varepsilon_0 \quad (9)$$

$$\sigma(t) = \frac{E \varepsilon_0}{1 + \kappa} \left[ 1 + \kappa e^{-\gamma(1+\kappa)t} \right] \text{ при } t = \infty \quad \sigma_{\infty} = \frac{E \varepsilon_0}{1 + \kappa} = H \varepsilon_0. \quad (10)$$

Замінивши в розрахунках миттєвий модуль пружності на тривалий одержали:  $E/H = 2,7$ ;  $\varepsilon(t)/\varepsilon_0 = 3,0$ ;  $\sigma(t)/\sigma_0 = 0,99$ . Найбільші радіальні переміщення 2,11 мм. Знайдені за допомогою четвертої теорії міцності еквівалентні напруження 35,54 МПа. Слід зазначити, що довговічність склопластика різко знижується при підвищенні температури. Проте, з огляду на результати проведених довгострокових випробувань (розділ 2) при температурах від -60 до 120 °С і дані літературних джерел, найбільше зниження міцності  $\sigma/\sigma_0 = 0,6$ , тобто  $\sigma_0(t) = 108$  МПа. Таким чином можна сказати, що міцність і деформативність склополіамідного сепаратора не перевищують припустимих значень.

Результати розрахунку можуть бути застосовані як для аналізу напруженого стану існуючих конструкцій, так і при проектуванні нових конструкцій сепараторів.

У четвертому розділі приведений опис розроблених для залізничного транспорту конструкцій сепараторів із склополіаміду. Для роликотидшипників 42726(232726) була запропонована конструкція масивного склополіамідного сепаратора. Проведено лабораторні стендові і поїзні випробування модернізованих роликотидшипників у буксах вантажних і пасажирських вагонів на залізницях України і Росії. Випробування показали повну перевагу тидшипників із склополіамідними сепараторами перед тидшипниками з латунними. Досліджувані букси до кінця поїздки мали менший нагрів, ніж серійні, що свідчить про більш сприятливі умови роботи роликотидшипників із поліамідними сепараторами. Це підтверджується також результатами поїзних випробувань букс із досліджуваними роликотидшипниками у вантажних вагонах, проведеними на залізницях України. Комісійні огляди досліджуваних тидшипників під час повних ревізій (пробіг пасажирських вагонів 600 тис.км) дозволили встановити, що поліамідні сепаратори, кільця і ролики не мають видимих ушкоджень, мастило ЛЗ ЦНП світле і не засмічене продуктами зносу, зауважень по нагріванню досліджуваних букс більш ніж за 3-річний термін випробувань не надходило. На підставі результатів випробувань роликотидшипників із досліджуваними сепараторами видане розпо-



рядження, відповідно до якого дозволено роликопідшипники з поліамідними сепараторами встановлювати в букси вантажних вагонів на території України без обмежень і продовжити випробування цих підшипників у буксах пасажирських вагонів.

На експериментальному кільці ВНПЗТ проводилися поїзні випробування склополіамідних сепараторів, установлених у букси вантажних вагонів. Сепаратори підшипників були штучно приведені в аварійний стан. Сепаратор заднього підшипника мав в основах дві наскрізні тріщини, а сепаратор переднього підшипника був розколотий і складався з двох рівних частин. Навантаження на вісь складало 235 кН, випробування в аварійному режимі проводилися при швидкості 80 км/год до пробігу 1320 км. Пробіг із моменту досягнення температури підшипника 100 °С до зупинки поїзда, пов'язаною з повною руйнацією буксового вузла, складав більш 1000 км. У раніше проведених дослідженнях по визначенню живучості буксового вузла, обладнаного латунними сепараторами, максимальний пробіг із моменту досягнення температури 100 °С до повної руйнації не перевищував 20 км. При цьому ніяких зовнішніх ознак (дим, полум'я, запах), що мали місце при поліамідних сепараторах і свідчили про початок руйнації буксового вузла, не спостерігалось.

## ВИСНОВКИ

Отримані в дисертації результати проведених теоретичних і експериментальних досліджень дозволяють зробити такі висновки:

1. Латунні сепаратори, які застосовуються в цей час, не забезпечують надійної роботи буксових роликопідшипників вантажних вагонів. Зростає кількість відмов буксових вузлів за вини їх сепараторів. Застосування склополіамідних сепараторів замість латунних дозволяє підвищити надійність буксового вузла, знизити собівартість виготовлення сепараторів за рахунок заощадження дефіцитної латуні і зменшити трудомісткість виготовлення.

2. Проведені дослідження механічних властивостей поліамідів дозволили визначити реологічні характеристики  $\sigma_p, \varepsilon, E, \alpha, \beta, A, k$  і  $\gamma$ , необхідні для розрахунку сепараторів на міцність і жорсткість.

3. Дослідження впливу на працездатність матеріалу температур у діапазоні від -60 до +120 °С, коли зовнішнім середовищем є повітря, вода, мастило ЖРО або мастило ЛЗ ЦНІ показали, що процес старіння поліамідів незначний. Є підстава припустити, що надалі процес старіння буде протікати, підпорядковуючись тим же залежностям, і, отже, деталі з поліаміда можна експлуатувати протягом тривалого терміну (15 років). Таким чином, склонаповнений поліамід, що застосовується для виготовлення сепараторів підшипників кочення, може бути рекомендований для експлуатації в підшипникових вузлах букс вагонів при температурному діапазоні, що зустрічається реально, і відповідних середовищах.

4. Сепаратори зі склополіаміда завдяки своїм в'язкопружним властивостям мають гарну демпфіруючу спроможність, що дозволяє краще сприймати динамічні й ударні навантаження.

5. Розроблена технологія виготовлення сепараторів буксових підшипників кочення зі склополіаміда методом лиття під тиском.

6. Теоретичні дослідження кінематики і динаміки деталей роликподшипника 42726 дозволили оцінити силову взаємодію склополіамідного сепаратора з деталями роликподшипника.

7. Розроблена просторова схема і виконаний розрахунок дозволили встановити напружено-деформований стан склополіамідного сепаратора. Встановлено, що завдяки більшій деформативності в сепараторі зі склополіаміда відбувається зміна розрахункової схеми, у результаті чого напруження в ньому нижче у 4,6 рази, ніж у латунному, а переміщення незначні в порівнянні з зазором плавання підшипника. Тому склополіамідний сепаратор працює краще, знижується рівень пошкод-жуваності підшипників, зростає надійність буксового вузла, що підтверджується досвідом експлуатації.

8. Менша маса сепаратора призводить до зниження інерційних навантажень на його вузли і дозволяє розмістити в підшипнику додатковий 15-й ролик, що сприяє збільшенню довговічності і несучої спроможності. Коефіцієнт тертя склополіаміда 0,23-0,3 (у латуні 0,5), що добре впливає на процеси тертя і зношення в підшипнику при дії на нього осьових (горизонтальних уздовж осі) сил.

9. Проведені випробування і розрахунок на тривалу дію навантаження дозволили встановити, що сепаратор із склополіаміда має достатній запас міцності і деформативності (майже у 3 рази).

#### **Основні положення дисертації опубліковані в таких роботах:**

1. Егорова И.М. Расчет сепаратора буксового вагонного роликподшипника из стеклонаполненного полиамида // Науч.тех.сб. трудов/ХГАГХ,2000.Вып.22.–С.178-182.
2. Егорова И.М. Напряженно-деформированное состояние сепаратора из стеклополиамида для буксового вагонного роликподшипника // Міжвуз. зб. наук. праць /ХарДАЗТ, 2000. - Вып.42.–С. 81- 85.
3. Андриевский В.Г., Егорова И.М., Романенко В.В. Влияние центробежных сил на напряжения в корончатом сепараторе подшипников качения // Меж вуз. сб. науч. тр. /ХарГАЖТ, 1987. - Вып.3.– С.21-24.
4. Чихладзе Е.Д., Егорова И.М. Оцінка міцності і деформативності склополіамідних сепараторів буксових роликподшипників при тривалій дії навантаження // Міжвуз. зб. наук. праць /ХарДАЗТ, 2001.-Вып.48.-С.32-37.

Додатково відбивають зміст дисертації:

5. Андриевский В.Г., Егорова И.М. Напряжения в ослабленном сечении корончатого сепаратора подшипника качения от действия центробежных сил/Деп. ЦНИИТЭИ МПС, № 3552, 19.06.86//Анот. в Указат. ВИНТИ Деп. науч. работы, №10, 103 с.
6. Андриевский В.Г., Егорова И.М., Гуртяк В.Н., Степюк И.И. К вопросу разрушения заклепок латунных сепараторов подшипников качения/Деп. ЦНИИТЭИ МПС, №3686, 1987.
7. Андриевский В.Г., Гайдамака А.В., Егорова И.М. Расчет и исследование сепараторов из стеклонаполненного полиамида для вагонных буксовых

роликотподшипников//Тр. четвертой науч.-исслед. конф. Мин. образования Украины, ХГАГХ, Харьков, 1996. -С.59-60.

### АНОТАЦІЯ

Егорова І.М. Удосконалення буксових роликотподшипників вантажних вагонів шляхом застосування сепараторів із склополіаміду.– Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. - Харківська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2001.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної задачі підвищення надійності і зниження витрат на виготовлення, поліпшення умов експлуатації підшипників кочення, зокрема буксових роликотподшипників 42726(232726), шляхом заміни латунного сепаратора на сепаратор із склонаповненого поліаміду. Цьому сприяє ряд переваг поліамідного сепаратора: повна автоматизація виготовлення; менший знос; зниження концентрації напружень; поліпшення властивостей, що демпфірують; більша деформативність, що призводить до зміни контактної взаємодії сепаратора і підшипника тощо.

Для теоретичної оцінки рівня напружень і деформацій розроблена просторова розрахункова схема склополіамідного сепаратора буксового роликотподшипника. Виконано розрахунок методом кінцевих елементів із стрижневою апроксимацією від дії статичного і динамічного навантаження. Дія навантаження прийнята миттєвою. Виконано аналіз отриманих результатів.

Ключові слова: буксовий вагонний роликотподшипник, склополіамідний сепаратор, повзучість, релаксація, післядія, миттєвий модуль пружності, рівень напружень і деформацій, параметри ядра, короткочасне і довгострокове навантаження, статичне і динамічне навантаження.

### АННОТАЦИЯ

Егорова И.М. Усовершенствование буксовых роликотподшипников грузовых вагонов путем применения сепараторов из стеклополиамида. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов.– Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2001.

Диссертация посвящена решению актуальной задачи повышения надежности и снижения затрат на изготовление, улучшения условий эксплуатации подшипников качения, в частности буксовых роликотподшипников 42726(232726), путем замены латунного сепаратора на сепаратор из стеклонаполненного полиамида. Этому способствует ряд преимуществ полиамидного сепаратора: полная автоматизация изготовления; меньший износ; снижение концентрации напряжений; улучшение демпфирующих свойств; большая деформативность, приводящая к изменению контактного взаимодействия сепаратора и подшипника и др.

Низкие темпы внедрения новых сепараторов в подшипниковую промышленность связаны с недостаточной изученностью механических свойств полимерных материалов, из которых они изготовлены, отсутствием обоснованных теоретических и экспериментальных данных для построения методики расчета и проектирования. Достаточно сказать, что существующие методы расчета подшипников качения не предусматривают расчета сепараторов на прочность и жесткость. А выбор типа материала и определение геометрических параметров осуществляется с помощью эмпирических зависимостей и накопленного опыта. Для более широкого распространения сепараторов из полимерных материалов были выполнены исследования влияния на механические свойства температурно-временного фактора с учетом реально встречающегося диапазона температур от – 60 до 120°С. Исследовалась зависимость полиамидов от среды содержания (вода, воздух, смазки ЖРО и ЛЗ ЦНИИ), проведены ускоренные испытания на многолетнее старение. Разработана технология изготовления сепараторов из стеклополиамида.

Для теоретической оценки уровня напряжений и деформаций разработана пространственная расчетная схема стеклополиамидного сепаратора буксового роликподшипника. Выполнен расчет методом конечных элементов со стержневой аппроксимацией от действия статического и динамического нагружений. Действие нагружения принято мгновенным. Выполнен анализ полученных результатов.

При анализе работы конструкций и деталей машин, изготовленных из вязкоупругих материалов необходимо учитывать возможность появления недопустимо больших деформаций и перемещений и возможность длительного разрушения. Использование приведенных в диссертации зависимостей позволяет получить решение задачи ползучести и релаксации напряжений из упругого путем замены мгновенного модуля упругости длительным.

Результаты расчета применены для анализа напряженного состояния стеклополиамидного сепаратора буксового вагонного роликподшипника.

Приведены описания разработанных для железнодорожного транспорта конструкций сепараторов из стеклополиамида.

Ключевые слова: буксовый вагонный роликподшипник, стеклополиамидный сепаратор, ползучесть, релаксация, последствие, мгновенный модуль упругости, уровень напряжений и деформаций, параметры ядра, кратковременное и длительное нагружение, статическое и динамическое нагружение.

## THE SUMMARY

Yegorova I.M. Improvement of journal box roller bearing by the way of using of separators made of glass filled poliamide. – Manuscript.

Dissertation on a scientific degree of the candidate of engineering science on a speciality 05.22.07 «The rolling-stock of the railway and the trains draught» - Kharkov State Academy of Railway Transportation, Kharkov, 2001.

The dissertation is devoted to the decision of an urgent task of increase of reliability and decrease of expenses on manufacturing of roller bearings and in particular journal box roller bearings by replacement brass separator with separator made from glass filled

poliamide. This is promoted by a number of polyamide separator advantages: complete automation of manufacturing; smaller wear; decrease of stress concentration; improvement of damping properties; large deformation resulting to change of contact interaction of separator and bearing etc.

For theoretical estimation of a level of stresses and deformation the demension calculation scheme of glass poliamide separator of journal box roller bearing was developed. The calculation by the method of final elements with rod approximation from action of static and dynamic loadings has been performed. The loading action is adopted as sudden. The analysis of obtained results has been carried out.

**Key words:** journal box roller bearing, glass poliamide separator, creeping, relaxation, afteraction, instant module of elasticity, level of stresses and deformations, parameters of a nucleus, short-term and long loading action, static and dynamic loading.