

УДК 621.822.722.001.24 : 678.675

И.М.ЕГОРОВА, канд. техн. наук

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков***ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛАСТМАСС, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЕПАРАТОРОВ БУКСОВЫХ ВАГОННЫХ РОЛИКОПОДШИПНИКОВ**

Приводятся исследования механических свойств полиамидов, позволившие определить реологические характеристики, необходимые для расчета сепараторов на прочность и жесткость. Исследуется влияние на работоспособность материала температур в диапазоне от -60 до 120 °С, когда внешней средой является воздух, вода, смазка ЖРО или смазка ЛЗ ЦНИИ.

Задачи повышения надежности и снижения затрат на изготовление подшипников качения, в частности буксовых роликоподшипников 42726, могут быть успешно решены путем замены латунного сепаратора на стеклополиамидный. 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 в процессе работы и повышению несущей способности. 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 осуществляются с помощью эмпирических зависимостей и накопленного опыта. Сепараторы тяжелонагруженных роликоподшипников, как правило, являются элементами, приводящими к наибольшему числу отказов узлов трения. Характерной особенностью эксплуатации является восприятие не только радиальных, но и значительных осевых нагрузок. Именно такое комбинированное нагружение характерно для роликоподшипников буксовых узлов железнодорожного вагона.

Для оценки прочности и жесткости сепараторов из пластмасс необходимо знание механических характеристик новых материалов, исследование воздействия реально встречающегося температурного диапазона с учетом влияния среды содержания. С помощью сконструированного на кафедре "Строительная механика и гидравлика" стенда бы-

ли проведены исследования по определению мгновенного модуля упругости; испытания на ползучесть и последствие после ползучести, на релаксацию напряжений и последствие после релаксации напряжений. В результате определены реологические характеристики и параметры ядер (табл.1) интегральных уравнений ползучести и релаксации исследуемых материалов:

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

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

Таблица 1 – Реологические характеристики исследуемых полиамидов

Материал	σ , МПа	ε , %	Параметры ядра			E, МПа
			α	β	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				$6,2 \cdot 10^3$
Технамид	110	2,5	0,07	0,05	0,021	$5,4 \cdot 10^3$
Армамид	180	3÷8	0,027	0,05	0,0121	$7,8 \cdot 10^3$

В практике инженерных расчетов деталей из пластмасс оказалось весьма удобным применение ядра Ржаницына [1]

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

резольвенту которого

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

нашел Колтунов [2]. Используя предложенный Колтуновым способ нахождения параметров ядра A, α, β , путем совмещения экспериментальной безразмерной кривой функции ползучести с набором соответствующих теоретических кривых, были подобраны кривые ползучести с параметрами ядра, приведенными в табл.1.

Для исследования влияния температурно-временного фактора на механические свойства полиамида была разработана методика проведения экспериментов по оценке старения полиамида с учетом реально

встречающегося температурного диапазона эксплуатации подшипниковых узлов букс вагонов. Образцы содержались в четырех различных средах - воде, воздухе, смазке ЖРО, смазке ЛЗЦНИИ с целью установления влияния этих сред на материал образцов. Было подготовлено необходимое оборудование, дающее возможность выдерживать образцы при температурах 120, 60, 22, 0, -24, -60 °С. Периодически, раз в месяц, образцы извлекали, кондиционировали в течение 24 часов при стандартных условиях (температура 20±2°С, относительная влажность 65±5%), затем подвергали испытаниям на растяжение с целью определения разрушающего напряжения σ_p и относительного удлинения ε_p . По результатам испытаний построены графики зависимости предела прочности σ_p и относительного удлинения ε_p от времени хранения образцов при температурах от -60 до 120 °С с учетом среды содержания. Для определения зависимости предела прочности σ_p или относительного удлинения ε_p от факторов влияния (температура, время хранения, тип среды) использовали методы математической статистики. Была составлена программа нахождения коэффициентов множественной линейной регрессии, с помощью которой получили четыре пары уравнений регрессии:

$$\text{ПА6-КС(ЛЗЦНИИ)} \sigma_p = 119,035 + 0,063T + 0,01t,$$

$$\varepsilon_p = 29,366 - 0,00093T + 0,01727t;$$

$$\text{ПА6-КС (ЖРО)} \sigma_p = 119,648 - 0,0603T + 0,0103t,$$

$$\varepsilon_p = 29,184 - 0,00592T + 0,01069t;$$

$$\text{ПА6 (ЛЗЦНИИ)} \sigma_p = 54,979 + 0,0112T + 0,0172t,$$

$$\varepsilon_t = 24,91 - 0,0581T + 0,0235t;$$

$$\text{ПА6(ЖРО)} \sigma_p = 55,322 + 0,0642T - 0,0572t,$$

$$\varepsilon_t = 22,425 - 0,0747T + 0,0544t.$$

Для обоснованного установления срока работоспособности нового полимерного материала еще на стадии разработки необходимо располагать информацией о его поведении в предполагаемых условиях хранения или эксплуатации. Сущность методики ускоренных испытаний заключается в одновременном исследовании опытных стеклополиамидов и материала-аналога на стойкость к воздействию климатических факторов и установлении сравнительной оценки стойкости мате-

риалов к указанному воздействию по изменению одного или нескольких показателей старения. Виды и последовательность воздействия указанных климатических условий в цикле устанавливали в зависимости от заданных условий хранения на сепараторы буксовых роликоподшипников.

Устанавливали три режима испытаний. Испытания во всех режимах начинали одновременно. Испытания в режиме 1 проводили при температуре T_{\max} , установленной для данных материалов. Эта температура должна быть на 10 °С ниже той, при которой в материале образца начинаются фазовые, структурные или химические превращения (ФСХ-превращения), не имеющие места при температуре хранения. Испытания в режиме 2 проводили при температуре T_1 , ниже T_{\max} на 20 °С. Испытания в режиме 3 имитируют воздействие перепадов температуры с переходом от -60 до 60 °С.

Основное условие: один год предполагаемого хранения образцов имитировался количеством перепадов температуры, равным количеству переходов через 0 °С, установленному для заданного климатического района по ГОСТ 16350-80. Продолжительность испытаний при $T_{\max}=60$ °С – 30 суток, при $T_1=40$ °С – 60 суток, а испытания в режиме 3 включали 20 перепадов температуры от -60 до 60 °С. После окончания испытаний по всем режимам определялись значения предела прочности σ_p . Результаты приведены в табл.2. Значения предела прочности исследуемых материалов и материала-аналога в исходном состоянии и после испытаний по всем режимам принимали равными среднему арифметическому значению показателей образцов, испытанных в заданном режиме.

Таблица 2 – Предел прочности полиамидов при испытаниях на климатическое строение

Материал	Значение показателя σ_p исследуемых материалов				Значение показателя σ_p материала-аналога			
	исходное	после испытаний в режиме			исходное	после испытаний в режиме		
		1	2	3		1	2	3
	X_0	X_{Tm}	X_{T1}	X_3	Y_0	Y_{Tm}	Y_{T1}	Y_1
ПА6ВС-30	154,32	142,93	138,42	162,21	125,21	121,62	116,7	120,7
ПА6ВС 25Г5К	113,37	105,73	98,29	104,45				
ПА6ВС 25Г5	116,88	108,22	97,99	111,99				

За полный цикл испытаний на многолетнее старение принимался

период двойного прохождения через 0 °С от 60 до –60 °С. За 9 ч по данной технологии реализуется 7 циклов. Согласно условиям хранения 7 циклов соответствуют 1 году, поэтому они взяты за эталон. При прохождении 7 циклов климатического воздействия на образцы им давали отдых в течение 16 ч при температуре 19–22 °С. Теоретически считается, что он необходим, так как дает возможность протеканию в образцах релаксационных процессов, вызванных перепадом температур, т.е. реализуются изменения, происходящие в полимерном материале с течением времени старения. По истечении 5 лет (т.е. 5 дней) образцам давали двухсуточный отдых. Результаты испытаний приведены в табл.3. Изменение прочности образцов из исследуемых материалов, прошедших процесс климатического старения в течение 20 лет, условно не превышает 25%. Это дает основание предполагать возможность эксплуатации деталей из этих материалов в течение длительного времени (до 20 лет).

Таблица 3 – Результаты ускоренных испытаний на многолетнее старение

Материал	Предел прочности, МПа				
	исходное	после 5 лет испытаний	после 10 лет испытаний	после 15 лет испытаний	после 20 лет испытаний (% измен.)
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%

Результаты испытаний полиамидов были применены при расчете и анализе напряженного состояния сепараторов буксовых роликоподшипников и могут быть полезны при проектировании новых конструкций сепараторов.

1. Бокшицкий М.Н. Длительная прочность полимеров.– М.: Химия, 1978.– 310 с.
2. Колтунов М.А. К вопросу выбора ядер при решении задач с учетом ползучести и релаксации // Механика полимеров.–1966.– №4. – С.483-497.

Получено 05.07.2002

УДК 629.4.027.115

Д.І.ВОЛОШИН

Українська державна академія залізничного транспорту, м.Харків

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ "ДЕРЕВА ВІДМОВ" ПРИ АНАЛІЗІ НАДІЙНОСТІ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ ВАГОНІВ

Розглядаються існуючі на даний час методи аналізу надійності буксових вузлів рухомого складу з роликовими підшипниками. Визначаються шляхи застосування мето-