

УДК [629.423.15:621.333](035)

*Юрий Черных*

**АНАЛИЗ ОТКАЗОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ  
НАГРУЖЕННОСТИ ПРУЖИН РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ**

*Дан анализ отказов пружин рессорного подвешивания промышленных электровозов, эксплуатируемых в разных климатических зонах на горных предприятиях; проведены тензометрические исследования пружин рессорного подвешивания в реальных условиях эксплуатации. Получены осциллограммы изменения нагрузок в пружинах электровоза и моторного думпкара, определены усилия в пружинах, частота колебаний изменения нагрузок, периодичность. Определены максимальные и минимальные усилия и касательные напряжения в пружинах рессорного подвешивания.*

*Подано аналіз відмов пружин рессорного підвішування промислових електровозів, які експлуатуються в різних кліматичних зонах на гірничих підприємствах; проведені тензометричні дослідження пружин рессорного підвішування в реальних умовах експлуатації. Отримані осцилограми зміни навантажень в пружинах електровоза і моторного думпкара, визначено зусилля в пружинах, частота коливань зміни навантажень, періодичність. Визначено максимальні і мінімальні зусилля і дотичні напруження в пружинах рессорного підвішування.*

*The analysis of failures spring suspension springs, industrial locomotives operating indifferent climatic zones in mining enterprises, research carried out strain-gaugespring suspension springs in actual use. Received waveform changes in the loadsprings and an electric motor dumpcars determined effort in the springs, the oscillation frequency change of load, the frequency. Defined minimum and maximum effort and tangential stresses in the springs of spring suspension.*

**Ключевые слова:** отказы, пружины рессорного подвешивания электровозов, динамическая нагруженность.

Днепропетровским научно-производственным комплексом «Электровозостроение» серийно выпускаются тяговые агрегаты (промышленные электровозы) постоянного и переменного тока. Это мощные комплексы, состоящие из электровоза управления и двухмоторных думпкаров (тяговые агрегаты постоянного тока типа ПЭ2У, ПЭ2М) или электровоза управления, моторной

© Черных Ю.М., 2012

дизельной секции и моторного думпкара (тяговые агрегаты переменного тока типа ОПЭ1А, ОПЭ1Б) с силой тяги, соответственно 681 и 650 кН, мощностью 5460 и 5325 кВт в часовом режиме. Более 400 таких локомотивов эксплуатируется сейчас на горнорудных предприятиях министерств черной и цветной металлургии, угольной промышленности и промышленности строительных материалов, в Украине, Узбекистане, Казахстане, России.

Все тяговые агрегаты работают устойчиво и показывают высокую эксплуатационную надежность, однако работоспособность ряда узлов не соответствует современным требованиям.

Значительное число отказов приходится, в частности, на пружины рессорного подвешивания, что вызывается специфическими условиями эксплуатации локомотивов на постоянных и передвижных путях карьеров. Результаты осцилографирования процесса работы этих пружин в условиях горно-обогатительного комбината показали, что они испытывают большие динамические нагрузки, которые вызывают касательные напряжения в витках, иногда превышающие допустимые.

Повреждаемость пружин рессорного подвешивания подвижного состава изучалась рядом исследователей [2, 3, 5, 6, 7]. Практически во всех работах отмечается усталостный характер поломок пружин. Основной причиной появления трещин усталости является наличие дефектов на поверхности прутков и обезуглерожность поверхностного слоя [1, 4].

При анализе отказов тяговых агрегатов выбирались места эксплуатации, расположенные в разных климатических зонах: Заполярье – Оленегорский горно-обогатительный комбинат (ОГОК), Средняя Азия – производственное объединение «Средазуголь», Урал – производственное объединение «Челябинскуголь», средняя полоса Европейской части страны – Лебединский горно-обогатительный комбинат (ЛГОК).

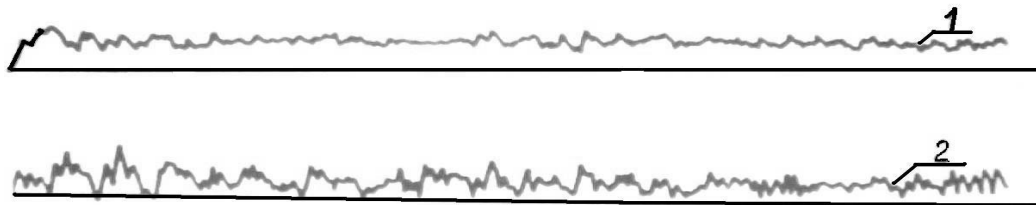
Результаты анализа представлены в табл. 1

*Таблица 1. Данные по эксплуатации тяговых агрегатов*

	Тип агрегата			
	ПЭ2М, ПЭ2У		ОПЭ1А	
	Предприятия			
	ОГОК	ПО Челябин скуголь	ПО Средаз уголь	ЛГОК
Количество эксплуатируемых агрегатов, шт.	22	15	23	20
Количество отказов по пружинам рессорного подвешивания	95	30	48	62
Время простоя агрегата в связи с одним отказом пружины, ч.	4	3	8	4

Анализ эксплуатационных данных показывает, что по приведенным предприятиям отказывает в год примерно 11% пружин рессорного подвешивания. Излом пружин связан в основном, с началом разрушения на внутренних волокнах рабочих витков. Такие разрушения обусловлены высоким уровнем действующих напряжений.

Для определения величин этих напряжений были проведены тензометрические исследования пружин рессорного подвешивания, в реальных условиях эксплуатации тягового агрегата на горно-обогатительном комбинате. В результате проведенных исследований получены осциллограммы изменения нагрузок в изучаемых пружинах, которые представлены на рис. 1. В нижней части рисунка изображена напряженность пружины рессорного подвешивания электровоза, в верхней – пружины рессорного подвешивания моторного думпкара. Нулевые линии осциллограмм расположены, соответственно, ниже изменяющихся величин.



**Рис. 1. Типовая осциллограмма измерения усилий в пружинах рессорного подвешивания тягового агрегата постоянного тока типа ПЭ2М**

- 1 – Пружина моторного думпкара
- 2 – Пружина электровоза.

Расшифровка осциллограмм позволила сделать следующие выводы:

1. Усилие в пружине электровоза изменяется, в основном, по знакопостоянному асимметричному циклу. Частота колебаний изменения нагрузок находится в пределах 2...4 Гц, а периодичность – 0,25...0,5 с. Коэффициент асимметрии цикла изменяется на всем промежутке осциллограммы и имеет значение 0,2...0,6. Максимальное усилие составляет 27,6 кН, минимальное – 2,2 кН, касательные напряжения, соответственно, – 237 МПа и 18,9 МПа.

2. Усилия в пружине думпкара также изменяются по знакопостоянному асимметричному циклу. Частота колебаний 1...3 Гц, периодичность изменения нагрузки 0,35...1 с. Коэффициент асимметрии цикла колеблется также в достаточно широком диапазоне – 0,35...0,65. Максимальное усилие составляет 32,9 кН, минимальное – 23,3 кН. Экстремальное значение напряжений кручения в витках пружины думпкара достигает 277 МПа. Наиболее часто встречающееся значение напряжений – 167...176 МПа.

### Литература

1. *Зарембо Е.Г.* О влиянии обезуглероживания на долговечность рессор и пружин // Вопр. повышения долговечности деталей ж.-д. тр-та: Тр. Моск. ин-та инж. ж.-д. тр-та. – 1962. – Вып 160.
2. *Иванников Д.Г.* Наклеп дробью как средство увеличения долговечности железнодорожных рессор и пружин // Вестн. машиностроения. – 1953. - №10. – С. 59-68.
3. *Иванников Д.Г.* Состояние рессорного хозяйства и пути его улучшения на железнодорожном транспорте // Усовершенствование технологии пр-ва деталей подвижного состава: Тр. Моск. ин-та инж. ж.-д. то-та. – 1957. Вып. 93. – С 125-185.
4. *Листгартен Д.С.* Влияние состояния поверхности и термообработки на усталостную прочность рессорной стали // Повышение усталостной прочности деталей машин поверхностной обраб. – М.: Машгиз, 1952. –С. 177-199.
5. *Черепанов А.М.* Анализ эксплуатационных повреждений пружин рессорного подвешивания локомотивов // Динамические исследования подвижного состава железных дорог: Тр. Уральск. электромеханическ. ин-та инж. ж.-д. тр-та. – 1969. – Вып. 28. – С. 23-32.
6. *Шапиро Е.А.* Исследование напряженного состояния и усталостной прочности винтовых пружин тележки грузового вагона // Тр. Уральск. юбил. науч. сессии по итогам н.-и. работ в обл. машиностроения. – Курган, 1968. – С. 37-46.
7. *Шашин М.Я.* Дробеструйное упрочнение в напряженном состоянии деталей, работающих при переменном кручении // Вестн. машиностроения. – 1963. – №4. – С. 63-56.