

УДК 621.757

АНАЛИЗ ГРУППОВЫХ СВОЙСТВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РОЛИКОВ В ОПОРАХ БЕССЕПАРАТОРНОГО ТИПА СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

© 2009 А.Н. Журавлев

Самарский государственный технический университет,

Поступила в редакцию 19.05.2008

В работе рассмотрен статистический эксперимент реализаций профилей роликовых дорожек опоры бурового горнорудного трехшарошечного долота, прошедших стендовые испытания и проведена обработка статистических данных с использованием гармонического и корреляционного анализа.

Ключевые слова: статистический эксперимент, роликовая дорожка, буровое горнорудное долото, стендовые испытания, гармонический и корреляционный анализ.

Исследование процесса взаимодействия деталей роликовых опор содержит формирование подцелей, которые включают разработку множества допустимых вариантов сборочных процессов, их предварительную оценку и выбор наилучшего варианта. Основным условием такого исследования является ограниченное число вариантов, включающих комбинаторику структурной составляющей комплектов роликов m , прошедших селективный отбор по размерным параметрам. Комбинаторика в случае сборки многорядных роликовых опор представляет множество альтернатив парных взаимодействий роликов в комплекте [1].

При всем различии в конструкциях многорядных роликовых опор они включают общие технологические и эксплуатационные признаки, обеспечивающие автономию разработки технологии сборки, формируя задачу декомпозиции изделий. На рис. 1 представлена многорядная роликовая опора бурового долота, характеризующаяся наличием двух контуров: внутреннего A_1 , A_2 , B и взаимосвязанного – B .

Представление в контурном виде рис.1 процессов взаимодействия деталей роликовых опор определяется тем, что в процессе сборки реализуется постоянство отсчетной системы координат, а направленность контура указывает на вектор взаимодействия. Так, внутренний контур образуется при комплектовании роликов и установке комплекта на роликовую дорожку, что отражает последовательность сборочной операции комплектования роликов. Координатой отсчета служит первый ролик в комплекте внутреннего контура $A_{1,2}$, а вектор, указывающий на направление комплектования, связан с угловыми разворотами комплектов роликов относительно своего ряда A_1 и A_2 . Этому же признаку посто-

янства отсчета и направленности вектора взаимодействия соответствует и выделенный взаимосвязанный контур B , который задает свойство роликовых опор при функционировании изделия. Показатели качества сборки каждого контура задается набором геометрических параметров составляющих структуру многорядных роликовых опор обладающих свойством однозначности. Элементы контура, в которые входят детали и сборочные компоненты соединений, жестко объединены общими процессами взаимодействия и условиями размещения их в изделии. Выделение общих контуров в задаче декомпозиции позволяет согласовать существенные связи подвижных деталей роликовых опор с ограничениями и частными критериями структурно упорядоченной сборки изделий.

Анализ групповых свойств, учитывающих взаимодействие роликов с роликовыми дорожками взаимосвязанного контура роликовых опор,

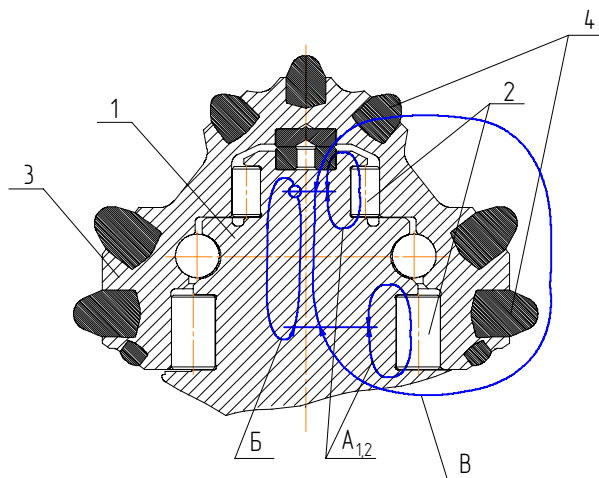


Рис. 1. Схема взаимосвязанных контуров взаимодействия деталей роликовой опоры бурового долота:

1 – цапфа лапы; 2 – большие и малые ролики соответственно; 3 – шарошка; 4 – рабочие зубки

Журавлев Андрей Николаевич, кандидат технических наук, докторант. E-mail: zan.samgtu@mail.ru.

выполним методом статистической динамики. С помощью этого метода выполняется анализ степени статистической взаимосвязи между роликами и роликовой дорожкой с учетом циклов внешней нагрузки на опору.

Взаимосвязанный контур Б (см. рис. 1) характеризуется наличием зависимых циклов каждой пары роликов 2 по отношению к рабочим зубкам 4. Эта степень зависимости оценивается по исследованию деформационного следа на роликовой дорожке подвижной детали 3.

Расчеты выполнялись с использованием статистических программных продуктов Mathcad и Excel. Информационным носителем технологической информации является деформационный след, оставленный роликами на роликовой дорожке в процессе эксплуатации изделия. С целью установления влияния структурной составляющей сборки m на эксплуатационные параметры использовался гармонический и корреляционный анализы рельефов роликовых дорожек шарошки, выработавшей свой ресурс в условиях стендовых испытаний.

Для измерения деформационного следа большой и малой роликовых дорожек БРД и МРД, а также для измерения износа режущих зубков применяется специальная измерительная установка, представленная на рис. 2.

Вышеуказанная измерительная установка состоит из стола, подвижного измерительного блока, сменного щупа с рубиновым наконечником, а также персонального компьютера со специальным программным обеспечением. На рис. 3а и 3б показано измерение деформационного следа, оставленного роликами на беговых дорожках, а также износа режущих зубков с применением рубинового наконечника диаметром 2 мм.

Дискретность измерения обеспечивалась по разметке с угловым шагом в 11,2 градусов, что обес-



Рис. 2. Общий вид измерительной установки

печивало объем выборки в количестве 32 измерений. Каждый дискретный отсчет повторялся три раза, чтобы уменьшить влияние неконтролируемых факторов при измерении. В качестве начала системы отсчета была выбрана точка на торце контролируемой детали, совпадающая с координатой зубка, имеющего максимальную величину износа. При измерении обеспечивалось постоянство вектора направления отсчета, который выполнялся в положительном направлении, т.е. совпадал с направлением против часовой стрелки.

Автокорреляционная функция деформационного следа выражалась через гармонический анализ, который заключается в разложении периодических функций в сходящийся ряд Фурье [2]. Практическое проведение гармонического



а)



б)

Рис. 3. Измерение параметров шарошки, выработавшей свой ресурс: а – измерение деформационного следа; б – измерение износа зубков

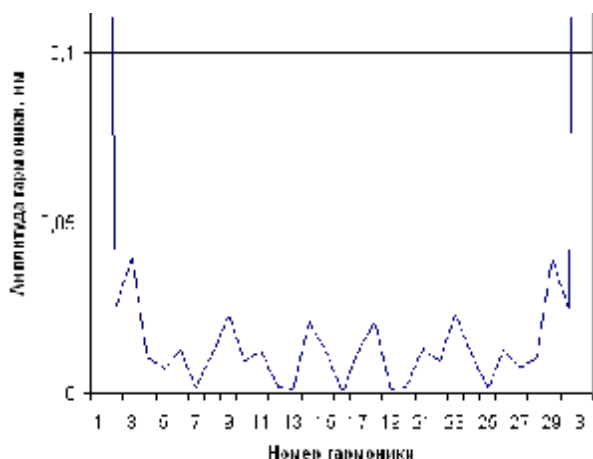


Рис. 4. Гармоническая функция деформационного следа БРД

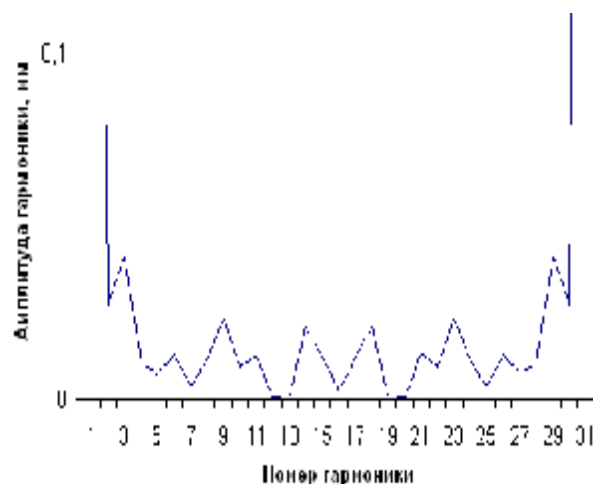


Рис. 5. Гармоническая функция деформационного следа МРД

анализа связано с вычислением коэффициентов Фурье. Аппроксимация динамики явлений рядом Фурье состоит в выборе таких гармонических колебаний, наложение которых друг на друга (сумма) отражало бы периодические колебания фактических уровней временного ряда. С помощью ряда Фурье можно представить динамику явлений в виде некоторой функции времени, в которой слагаемые расположены по убыванию периодов:

$$\hat{y}_t = a_0 + \sum (a_k \cos kt + b_k \sin kt). \quad (1)$$

В уравнении (1) величина k определяет гармонику ряда Фурье и равна 32. Параметры уравнения определяются на основе метода наименьших квадратов и вычисляются по следующим зависимостям:

$$a_0 = \frac{Y_{d0}}{N}; \quad (2)$$

$$a_k = \frac{Y_{dk}}{N}; \quad (3)$$

$$t_n = \frac{2\pi n}{N}. \quad (4)$$

Графическое представление аппроксимирующей кривой деформационного следа большой и малой беговыми дорожками показано на рис. 4, 5 соответственно.

Анализ свойств гармонических функций указывает на цикличность деформационного следа, как по большой, так и по малой роликовым дорожкам. Этот факт указывает на тесноту связи между деформационным следом, оставленным роликами и циклами внешнего воздействия от зубков в момент отделения породы в забое.

Кратность минимального значения гармоник деформационного следа приходится на количе-

ство роликов в комплекте (15 больших и 13 малых роликов), что устанавливает связь между структурной компонентой комплекта роликов m и стабилизацией траектории движения роликов заданной структуры в процессе функционирования изделия.

Измеренные значения деформационного следа на большой и малой роликовых дорожках шарошки, а также износ двух рядов зубков приведены в табл. 1.

На рис. 6 представлен график, построенный по вышеуказанным табличным значениям.

Корреляционная связь деформационного следа и износа зубков, а также деформационного следа между малой и большой роликовыми дорожками представлены в табл. 2.

Анализ значений коэффициентов корреляции (см. табл. 2) указывает на существование тесной корреляционной связи между деформацией роликовых дорожек и износом зубков шарошки.

Корреляционный анализ деформированных роликовых дорожек позволил установить свойство стационарности взаимодействия роликов с контактируемыми поверхностями и выявить наличие жестких кинематических связей в случайном процессе эксплуатации роликовых опор без сепаратора. Поскольку конструкция роликовых опор не предусматривает жестких кинематических связей, то в соответствии с общим принципом их структурной взаимосвязи определялась степень стабильности их траекторий при эксплуатации. С этой целью установлено влияние структурной составляющей сборки m на эксплуатационные параметры. Также корреляционный анализ роликовой дорожки указывает на наличие кинематических связей между роликами и угловыми положениями зубков. Это является необходимым условием при разработке модели структурно упорядоченной сборки с возможно-

Таблица 1. Значения деформационного следа и износ зубков

№ п/п	Значения деформационного следа, мм			Износ зубков, мм	
	МРД	БРД (низ)	БРД (верх)	Ряд зубков, приходящийся на БРД (1 ряд)	Ряд зубков, приходящийся на МРД (2 ряд)
1	0,015	0,015	-0,015	0,005	-0,015
2	-0,045	-0,21	-0,3	0,21	0,05
3	-0,2	-0,465	-0,59	0,42	0,11
4	-0,4	-0,72	-0,93	0,515	0,205
5	-0,455	-0,765	-1,09	0,58	0,355
6	-0,56	-0,81	-1,13	0,7	0,325
7	-0,555	-0,83	-1,045	0,6	0,25
8	-0,45	-0,78	-0,795	0,44	0,16
9	-0,37	-0,52	-0,495	0,385	0,095
10	-0,175	-0,23	-0,185	0,19	0,01
11	-0,035	-0,03	0,02	0,13	-0,025
12	0,04	0,05	0,06	0,04	0

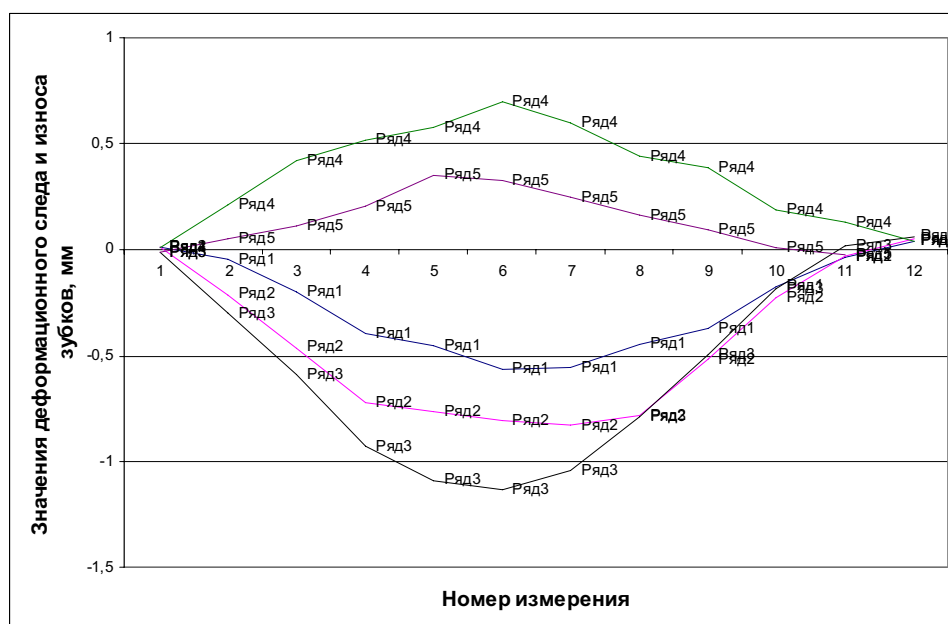


Рис. 6. Изменение параметров деформационного следа и износа зубков, полученные по результатам эксперимента:
 ряд 1 – МРД; ряд 2 – БРД (низ); ряд 3 – БРД (верх); ряд 4 – 1 ряд зубков;
 ряд 5 – 2 ряд зубков

стью прогнозирования ресурса роликовых опор [3]. Наличие групповых свойств является достаточным условием сборки с прогнозированием ресурса, которые характеризуют взаимодействия роликов с роликовыми дорожками. Для этого определяется степень статистической взаимосвязи между роликами и роликовой дорожкой с учетом внешней нагрузки на опору.

В качестве эксплуатационного параметра рассматривается время до возникновения отказа в результате заклинивания опоры. Такой вид

отказа является результатом эксплуатационного процесса, требующего времени при взаимодействии подвижных деталей роликовых опор качения. Этот процесс следует рассматривать как пару событий сборки и эксплуатации, первое событие отмечает начало действия, а второе – его завершение. Продолжительность эксплуатации на примере роликовых опор бурового долота определяется интервалом времени между событием – начала бурения и событием – завершения, т.е. наступлением заклинивания. В течение всего

Таблица 2. Корреляционные связи

	МРД	БРД (низ)	БРД (верх)	1 ряд	2 ряд
МРД	1				
БРД (низ)	0,971711	1			
БРД (верх)	0,937607	0,974657	1		
1 ряд	-0,94587	-0,96106	-0,98329	1	
2 ряд	-0,86596	-0,89549	-0,96714	0,950508	1

этого времени могут происходить другие события, которые не входили в предметную область исследования.

Тематика работы входит в состав научно-исследовательских работ, проводимых в рамках тематического плана СамГТУ по заданию Федерального агентства по образованию на 2006-2009 годы по теме “Разработка теоретических основ структурно упорядоченной сборки тяжело нагруженных изделий машиностроения”, номер государственной регистрации НИР 01.2.006 06882.

ВЫВОДЫ

1. Установлено присутствие статистически устойчивых кинематических связей между роликами и роликовыми дорожками при отсутствии сепаратора в опорах. Этот результат получен на основе корреляционного анализа деформационного следа, оставленного роликами

на роликовых дорожках.

2. Учитывая это свойство контакта роликов с роликовой дорожкой, стало возможно выбирать оптимальный параметр угловой ориентации комплектов роликов при сборке роликовых опор, исходя из степени взаимосвязи между структурой комплектов роликов и циклами внешних нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыльцев И.К., Журавлев А.Н., Воловненко А.Э. Комплектование роликов многорядных опор качения со случайной тактикой управляемых параметров// Сборка в машиностроении, приборостроении. 2006. № 5. С. 14-19.
2. Макарова Н.В., Трофимец В.Я. Статистика в Excel. Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.: ил.
3. Журавлев А.Н. Упорядоченная сборка двухрядных роликовых опор// Сборка в машиностроении, приборостроении. 2004. № 10. С. 14-18.

ANALYSIS OF GROUP FEATURES OF ROLLER INTERACTIONS IN BEARINGS OF CAGELESS TYPE WITH THE STATISTICAL METHOD

© 2009 A.N. Zhuravlyov

Samara State Technical University

We considered statistical experiment realizations profiles roller track supports drilling mining three-roller bit, the last bench tests and conducted statistical data processing with the use of harmonic and correlation analysis.

Key words: statistical experiment, roller track, drilling mining chisel, bench tests, harmonic, and correlation analysis.