

Мещеряков Л.И.

Самуся С.В.

Ясир Юсеф Хусейн

Аль Хатиб

Зубарев А.И.

Государственный ВУЗ  
«Национальный горный  
университет»

УДК 621.391.14:519

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОМЕНТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УСЛОВНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОЖИДАНИЙ СИГНАЛОВ МГНОВЕННОЙ МОЩНОСТИ ПРИВОДОВ БАРАБАННЫХ МЕЛЬНИЦ

*Представлені результати виділення діагностичних ознак технологічних станів барабанных млинів на основі інформаційних характеристик сигналів миттєвої потужності приводів.*

*Results are presented of diagnostic feature extraction of technological states of drum mills on the basis of informative descriptions of signals of instantaneous power of drives.*

Для качественного решения задач интеллектуальной идентификации и управления многомерными, распределенными, многосвязными системами, какими являются барабанные мельницы (БМ) крайне важно не только чисто информационное отражение происходящих в них процессов, но и возможность выявления картины причинно-следственных связей входных, выходных переменных и переменных состояния. Методика моментной идентификации была использована для анализа реальных сигналов мгновенной мощности привода барабанных мельниц с целью идентификации и прогнозирования их технологических и технических состояний. Очень полезной в этом случае оказывается численная характеристика собственного условного математического ожидания сигналов [1,2,4].

Для реализации математического аппарата вычисления спектральных моментных характеристик сигналов, используемых в работе для выявления качественных информативных признаков технологического и технического состояний БМ был разработан специальный программный продукт.

В ходе анализа для каждой моментной функции определялись временные интервалы, изменения поведения функций (наличие, тип – максимум или минимум, взаимное расположение экстремумов, соотношение значений функций в них) на которых при переходе мельницы из одного технологического состояния в другое

выделяется информация для качественной идентификации [2, 3].

Полученные спектральные плотности моментных функций сформировали частотные интервалы, на значениях амплитуд и характере интенсивностей в которых и выполнялась интеллектуальная идентификация. Временные и частотные интервалы идентифицировались латинскими буквами как приведено в таблицах.

В анализе использовались следующие технологические состояния барабанной мельницы по заполнению барабана измельчаемой рудой:

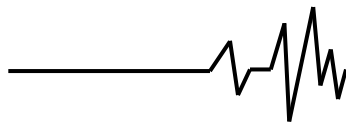
- 37 % – недогруз;
- 40 % – переход к недогрузу;
- 43 % –ход в оптимальное состояние;
- 47% – оптимальное состояние;
- 50 % – переход к перегрузке;
- 55 % – перегрузка.

Также в анализе используются следующие условные обозначения:

- |               |             |
|---------------|-------------|
| ∪ –наименьший | ~ –точка    |
| min;          | перепада;   |
| ∩ –наибольший | — –нет      |
| max;          | экстремума. |

Если данное обозначение встречается в псевдониме интервала, это значит что все анализируемые пики интервала относятся к указанному типу. Анализируемые сигналы мгновенной мощности барабанных мельниц по длине реализаций статистически достоверны.

Полученные в результате исследований основные информационные характеристики



автокорреляционных функций сигналов мгновенной мощности привода барабанной мельницы типа ММС 70\*23 в указанной символике сведены в таблице 1.

Для автокорреляционных функций приведенных реализаций сигналов характерны основные максимумы корреляционной функции в интервалах 0.23-0.37, 0.70-0.81, 1.05-1.16 с. Эти максимумы присутствуют в автокорреляционных функциях всех сигналов и отличаются лишь значениями функций в них. Анализ функций на менее значительные экстремумы по признакам, наличие/отсутствие которых позволяет отличить одно технологическое состояние по заполнению от другого дал следующие результаты.

Для состояния недогруза (37-40%) характерно меньшее количество экстремумов автокорреляционной функции по сравнению с

другими состояниями (табл. 1). В анализируемых в таблице интервалах для состояния загрузки 37% присутствуют лишь хорошо выраженные максимумы в интервалах Е и F, а для промежуточного состояния 40% характерно наличие минимума в интервале D, который не встречается в автокорреляционных функциях остальных сигналов. При переходе в оптимальное состояние (47%) появляются экстремумы автокорреляционной функции в интервалах А, В, С, отсутствующих при менее загруженных технологических состояниях.

При переходе в режим перегрузки (50%) их значение колеблется около нуля, а при дальнейшей загрузке возрастает почти в два раза (для интервалов А и В по сравнению с оптимальным технологическим состоянием по заполнению барабанов мельниц рудой.

Таблица 1

Скрытые периодичности автокорреляционных функций условных математических ожиданий сигналов мгновенной мощности приводов барабанных мельниц типа ММС 70\*23

		Скрытые периодичности							
		A ∪	B ∩	C ∩	D ∪	E ∩	F ∩	G ∩	H ∪
	T, с	0.05-00.09	0.09-0.14	0.19-0.26	0.33-0.37	0.51-0.60	0.60-0.70	0.84-0.93	0.93-1.02
	φ, %								
Технологические состояния по заполнению	37	—	—	—	—	0.13	-0.05	—	—
	40	—	—	—	0.01	—	—	—	—
	43	—	—	—	—	0.05	-0.08	—	-0.29
	47	0.05	0.11	0.11	—	0.04	0.05	-0.08	-0.23
	50	-0.01	0.01	—	—	0.01	0.05	—	-0.23
	55	0.09	0.19	0.13	—	-0.03	0.09	-0.14	-0.31

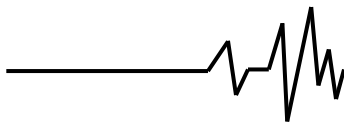
Показательными являются интервалы Е и F. В оптимальном режиме значение максимума интервала Е больше нуля и уменьшается по мере загрузки мельницы, и в режиме перегрузки становится меньше нуля. Для интервала F наблюдается обратный процесс – в оптимальном состоянии максимум интервала принимает минимальные значения начиная с отрицательных, а при переходе в состояние перегрузки возрастает и становится положительным. Максимум в интервале G для оптимального режима (47%) больше по значению чем соответствующий для режима перегрузки (55%). В интервале H значения минимума для режимов 43% и 55% практически идентичны, и несколько больше в промежуточных технологических режимах.

Полученные по спектральным плотностям (рис.1) амплитудно-частотные характеристики автокорреляционных функций сигналов мгновенной мощности приводов барабанных мельниц типа ММС 70\*23 в указанной символике обозначения частотных интервалов сведены в таблицу 2.

Для полученных по эксперименту автодисперсионных функций характерно разбиение на 3 группы информационных интервалов (табл.3):

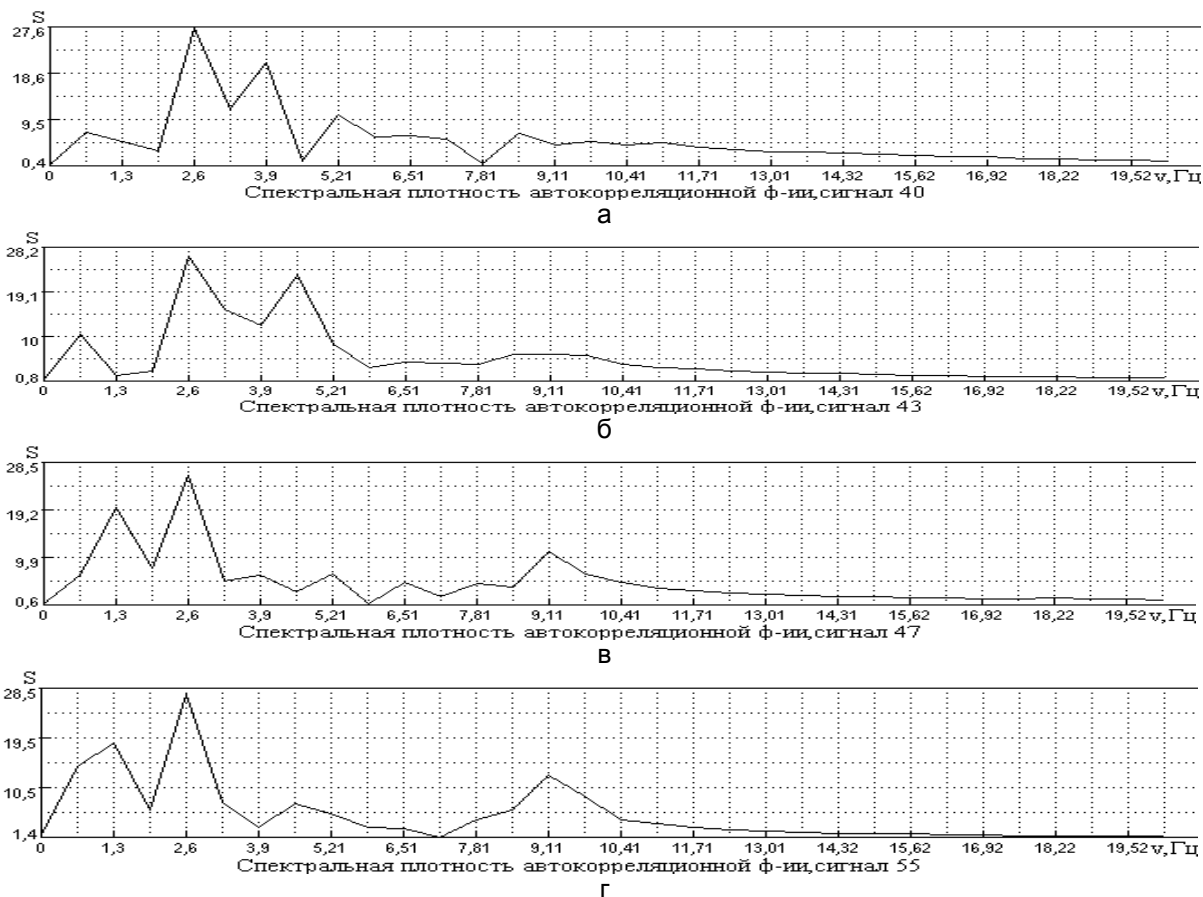
- 1) А, В, С;
- 2) D, E, F;
- 3) G, H, I.

– в соответствии с изменениями соотношений высоты экстремумов при переходе от одного состояния к другому. Для состояния недогруза характерны малые значения экстремумов всех интервалов кроме группы 1 где наблюдаются подъем значений



до уровня 0,2-0,3. При дальнейшей загрузке (состояние 40%) наблюдается увеличение значений экстремумов в группе 2 до уровня 0,2-0,3, которые формируют соотношение между

собой в виде  $F > D > E$ . Значения остальных выделяемых экстремумов не превышают значимого уровня в 0,16 (рис.2).

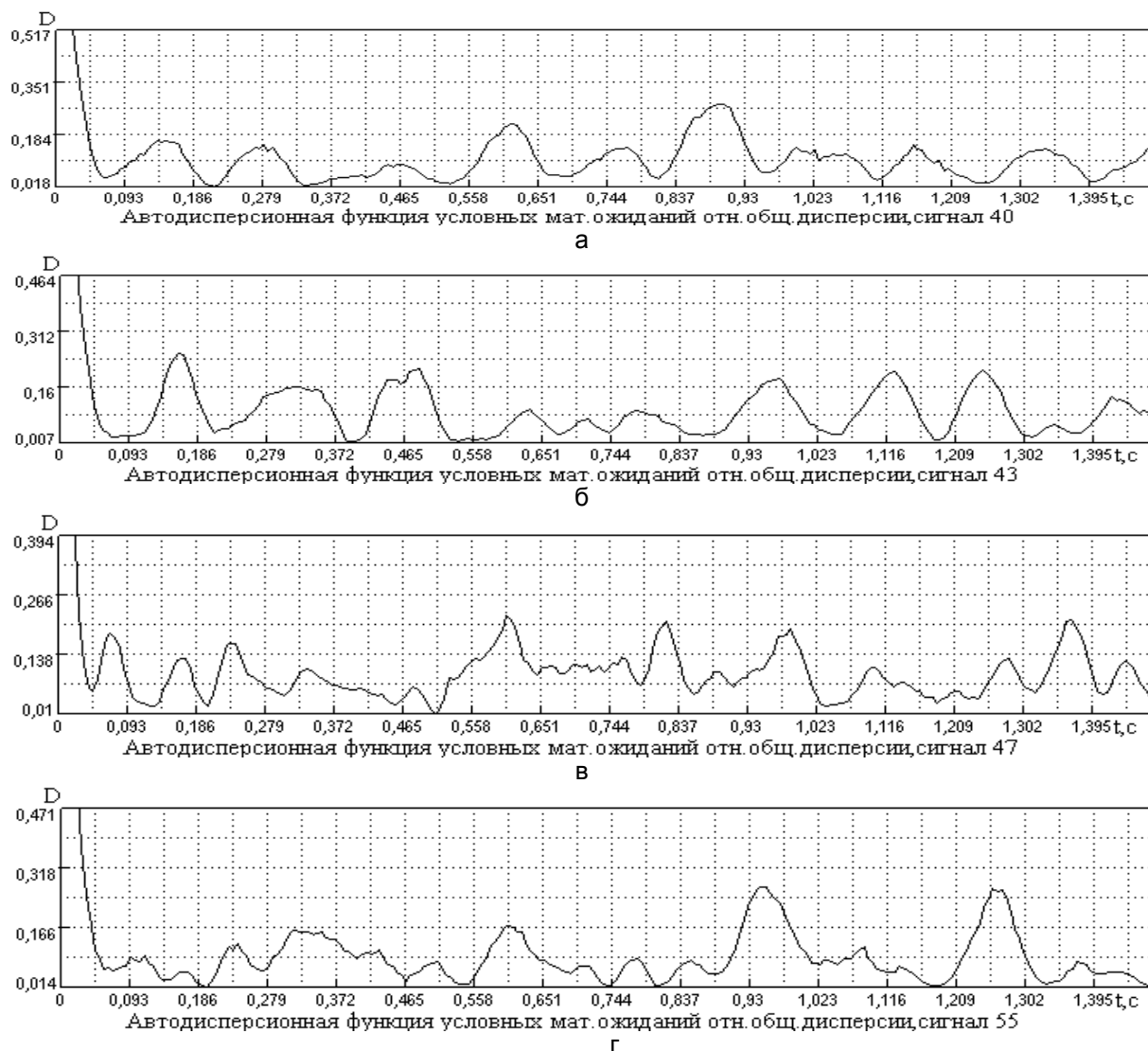
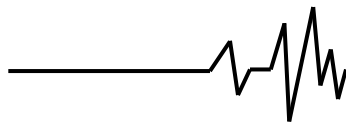


**Рис. 1. Спектральные плотности автокорреляционных функций сигналов потребляемой мгновенной мощности привода мельниц в зависимости от степени заполнения: а – 40%; б – 43%; в – 47%; г – 55%**

**Таблица 2**

**Амплитудно-частотные характеристики автокорреляционных функций условных математических ожиданий сигналов мгновенной мощности приводов барабанных мельниц типа ММС 70\*23**

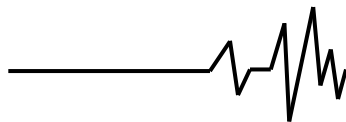
		Амплитудно-частотные характеристики						
		A	B	C	D	E	F	G
	ν, Гц	0.65	1.30	1.95	2.60	3.90	4.55	8.13-10.41
	φ, %	0.65	1.30	1.95	2.60	3.90	4.55	8.13-10.41
Технологические состояния по заполнению	37	—	∪0.08	∪0.08	~4.6	∩13.06	∩13.06	∩5.23
	40	∩4.78	—	∪2.24	∩19.34	∩14.52	∪0.77	∩4.74
	43	∩7.12	∪1.34	~4	∩18.02	∪8.28	∩15.33	∩4.21
	47	~4	∩14.27	∪5.55	∩18.90	∩4.56	∪2.23	∩8.00
	50	~6	∩5.58	∪3.52	∩19.41	∪2.18	∩8.42	∪3.01
	55	~10.8	∩12.69	∪4.34	∩18.75	∪2.13	∩5.06	∩8.71



**Рис. 2. Автодисперсионные функции условных математических ожиданий относительно общей дисперсии для сигналов потребляемой мощности по заполнению: а – 40%; б – 43%; в – 47%; г – 55%**

**Таблица 3**  
**Скрытые периодичности автодисперсионных функций условных математических ожиданий сигналов мгновенной мощности приводов барабанных мельниц типа ММС 70\*23**

		Скрытые периодичности								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
	T, c	0.09-	0.19-	0.37-	0.56-	0.65-	0.84-	1.02-	1.16-	1.30-
	φ, %	0.19	0.37	0.56	0.65	0.84	1.02	1.16	1.30	1.44
Технологические состояния по заполнению	37	0.21	0.31	0.18	0.06	0.10	0.09	0.06	0.05	0.13
	40	0.16	0.15	0.09	0.21	0.14	0.28	0.15	0.10	0.14
	43	0.25	0.16	0.21	0.10	0.09	0.18	0.20	0.20	0.13
	47	0.13	0.16	0.08	0.22	0.21	0.19	0.11	0.13	0.21
	50	0.11	0.14	0.08	0.13	0.24	0.12	0.15	0.16	0.11
	55	0.09	0.16	0.11	0.17	0.08	0.27	0.12	0.26	0.07



Таблиця 4

**Амплитудно-частотные характеристики автодисперсионных функций условных математических ожиданий сигналов мгновенной мощности приводов барабанных мельниц типа ММС 70\*23**

		Амплитудно-частотные характеристики				
		A	B	C	D	E
	$\nu$ , Гц	0.00	3.25	7.15	10.39	12.34
	$\varphi$ , %					
Технологические состояния по заполнению	37	∩21.7	—	∩6.40	—	∩4.90
	40	∩28.1	∩5.31	∪2.07	∪2.93	—
	43	∩25.4	∪3.15	∩8.55	—	∩3.03
	47	∩25.9	∩3.46	∩4.50	∪2.00	∩3.98
	50	∩25.8	∩4.94	∩5.78	∩4.80	∪3.04
	55	∩24.5	∩8.15	∩6.68	∩4.73	∪2.49

При переходе в оптимальное состояние (43%) наибольшими становятся значения экстремумов групп 1 и 3, а в группе 2, напротив, значения экстремумов падают, за исключением интервала F, значение экстремума которого примерно соответствует группам 1 и 2. Для оптимального состояния (47%) характерно, что значения экстремумов интервалов группы 2 являются наибольшими, и примерно равны между собой, причем экстремумы группы характеризуются остротой пиков. В оптимальном состоянии также выделяется экстремум интервала I. В состояниях соответствующих перегрузу наблюдается общий спад значений экстремумов, за исключением интервалов E для состояния 50% и F, H для состояния 55%, которые принимают значения max.

Из таблицы 4. для спектральных плотностей данных автодисперсионных функций показательными являются частоты интервалов B и E. При недогрузе на частоте B экстремума нет, в состоянии 40% и в состоянии перегруза экстремум принимает наибольшие значения, а в оптимальном режиме – наименьшие.

Следует заметить, что при переходе в оптимальный режим (заполнение 43%) тип экстремума минимум, в оптимальном состоянии – максимум. Значение экстремума на частоте E максимально при недогрузе, при переходе в оптимальный режим снижается, в оптимальном режиме снова возрастает, а затем снижается и принимает минимальные значения при перегрузе. При недогрузе и в оптимальном состоянии тип этого экстремума – max, при перегрузе – min.

В результате установлено, что впервые примененные в работе числовые оценки тесноты статистических моментных связей случайных значений энергоинформационных сигналов потребляемой мощности барабанных мельниц типа ММС 70\*23 в виде количества и характера экстремумов моментных функций, являются в определенной форме новыми знаниями по всем основным признакам и могут быть использованы в качестве информационных сущностей при формировании предметных областей систем интеллектуальной поддержки принятия решений для задач АСУ технологических процессов БМ в условиях неопределенности состояния последних.

**Литература**

1. Мещеряков Л.И. Дисперсионные алгоритмы идентификации в информационно-аналитических системах техногенной безопасности // Сб. науч. трудов. НГАУ. №12, том 1, Днепропетровск, 2001. - С. 233-239
2. Мещеряков Л.И. Ідентифікація параметрів об'єктів автоматизованого управління в задачах АСУТП ексцесійними моделями // Сб. наук. пр. Національний гірничий ун-т. –2006. – № 24. – С. 182–186.
3. Мещеряков Л.И. Базова форма дисперсійної моделі гірничих технологічних комплексів // Сб. науч. тр. НГАУ. – 2004. – № 20. – С. 209–214.
4. Мещеряков Л.И. Методи і моделі ідентифікації та управління гірничими технологічними комплексами: Монографія. – Дніпропетровськ.: Національний гірничий університет, 2009. – 263 с.