

## ИССЛЕДОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОМЕНТНЫХ ФУНКЦИЙ СИГНАЛОВ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ МЕЛЬНИЦ ММС 70\*23

Л.И. Мещеряков, А.И. Лященко, Е.С. Родная  
(Украина, ДВНЗ «Национальный горный университет», Днепр)

Одна из центральных задач прикладной теории случайных процессов состоит в том, чтобы по траектории одного из случайных процессов оценить характер изменения другого. Для решения этой задачи необходимо, прежде всего определить степень взаимодействия исследуемых случайных процессов. Широко распространенный показатель корреляционной связи служит хорошим измерителем линейной зависимости случайных процессов. В случае же нелинейного взаимодействия, когда регрессия между временными сечениями случайных процессов нелинейна, предпочтительнее характеристика связи, распространяющая дисперсионное отношение двух случайных величин на два действительных случайных процесса. Эта функция связи в виде взаимной дисперсионной функции определяется неслучайной функцией двух аргументов, которая для каждой пары значений  $t, s$  равна дисперсии условного математического ожидания сечения одной случайной функции относительно сечения другой функции. Взаимная дисперсионная функция представляет собой характеристику разброса для функции условного математического ожидания при всех возможных значениях  $t$  и  $s$ . Эти характеристики позволяют оценить по результатам измерений структурную нелинейность различных случайных процессов. Сравнивая полученную оценку нелинейности связи значений случайного процесса с его значениями в предшествующие моменты с допустимым значением нелинейности, можно сделать вывод о возможности замены оптимальной нелинейной экстраполяции случайного процесса  $M[X(t + \tau)|x(t)]$  линейным прогнозом при условии, что значение  $x(t + \tau)$  идентифицируемо входом  $x(t)$  по критерию меры определенности  $\eta_{xx}^2(t + \tau, t)$ .

При решении задач оптимального управления нелинейными объектами барабанными мельницами (БМ) с известными характеристиками можно ограничиться построением управляющего устройства, оптимального в классе упрощенных моделей, например линейных и с меньшим числом входов, адекватно идентифицирующих реальную конструктивно-технологическую систему БМ по критериям степени нелинейности и меры идентичности. Для анализа нелинейных преобразований случайных процессов требуется определять степень нелинейного искажения входного сигнала при прохождении его через устройство с заданной характеристикой [1]. В этих случаях вычисление меры идентичности и степени нелинейности приводит к необходимости оперировать условными математическими ожиданиями и дисперсионными функциями и встречает существенные трудности.

В настоящее время известно много общих методов отыскания моментных характеристик случайного выхода через моментные характеристики входа. Эти методы изложены в [2], и имеется большое число примеров применения таких методов, как методы характеристической функции, производных и полиномиальных разложений, к анализу нелинейных преобразований с заданной характеристикой нелинейности. Эти методы можно также применять для изучения связи между условными моментными характеристиками случайных процессов на входе и выходе нелинейного объекта с известной характеристикой «вход – выход» ( $x$ - $y$ ).

Получены в результате проведенных исследований информационные моментные характеристики связей между разными стохастическими реализациями потребляемой приводом БМ ММС 70\*23 мощности для разных технологических степеней заполнения барабана мельницы рудой (5%, 33%, 37%, 40%, 43%, 47%, 50%, 55%). Типичные информационные моментные характеристики для технологически оптимального режима заполнения БМ ( $\varphi = 47\%$ ) представлены на рис. 1. При этом открывается сложный пространственный характер этих нелинейных зависимостей как в одну сторону, так и в обратную. Несомненна информационная чувствительность к изменению технологически базового параметра степени заполнения, что может быть эффективно использовано в системах идентификации БМ.

В качестве характеристик взаимодействия случайных функций исследовались меры связи, которые обобщают перечисленные показатели. Чтобы понять механизм такого обобщения, достаточно вспомнить, что любую случайную функцию можно рассматривать как бесконечную совокупность случайных величин, зависящую от одного или нескольких изменяющихся параметров. В дальнейшем ограничим в основном рассмотрение изучением мер связи случайных процессов, т. е. случайных функций времени  $t$  мгновенных значений потребляемой мощности привода БМ ММС 70\*23 в зависимости от технологического режима степени заполнения барабана рудой. Этот случай выбран как наиболее распространенный, но все дальше приводимые результаты справедливы и для аргумента  $t$  другой физической природы. Каждому данному значению  $t$  соответствует случайная величина  $Xt$ . Все случайные величины  $Xt$  в совокупности определяют случайную функцию  $X(t)$ . Случайная функция как объект исследования значительно сложнее случайной величины, а именно равноценна бесконечному (в общем случае несчетному) множеству случайных величин. Распространение статических мер связи на случайные процессы приводит к таким показателям, которые отражают взаимодействие случайных величин, порождающих эти процессы, для бесконечного числа сочетаний всевозможных значений времени  $t$ . Отсюда видно, что показатели связи случайных процессов измеренных реализаций сигналов активной мощности привода БМ являются функциями векторного аргумента, компонентами которого служат различные моменты времени. Для каждой такой функции множество принимаемых ею значений совпадает с числовыми значениями мер связи случайных величин, отвечающих соответствующим совокупностям временных сечений исследуемых реализаций сигналов.

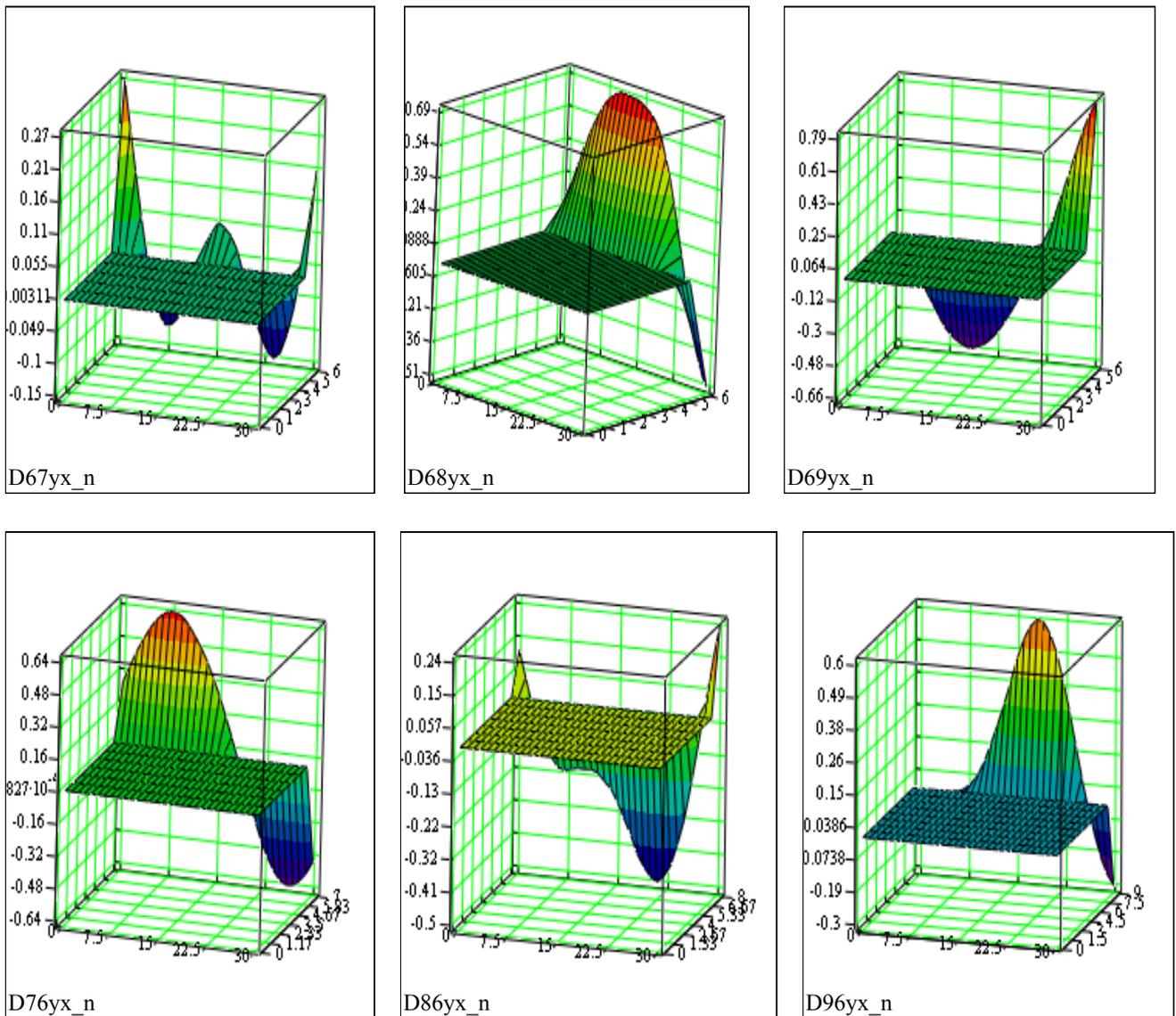


Рис. 1. Нормированные взаимодисперсионные функции экспериментальных реализаций мгновенных значений потребляемой мощности привода барабанной мельницы ММС 70\*23 между заполнением  $\varphi = 47\%$  (1) и всеми технологически возможными остальными

Обобщение числовых характеристик зависимости на случайные процессы дает возможность изучить, траекторные особенности взаимодействия и структурные связи, в частности, связи переходов между разными технологическими заполнениями барабана рудой. Переход к случайным функциям позволяет исследовать динамические системы БМ. На основании этих характеристик при наличии дополнительной информации о виде регрессионных зависимостей можно также судить о тесноте статистической связи процессов  $X(t)$  и  $U(t)$ , формирующих условия. Для реализации отмеченных возможностей можно воспользоваться методами анализа нелинейных преобразований случайных функций, в частности методом производных.

Приращение определенности в пространстве входов с увеличением размерности  $i$  вектора входных переменных  $X_{\bar{i}}$  через величину критерия идентификации  $\eta_{y|x_{\bar{i}}}^2$  может только возрастать. Если записать  $MD(Y | X_{\bar{i}})$  как

$$M[Y - M(Y | X_{\bar{i}})]^2 = M[Y - M(Y | X_{\bar{i+1}})]^2 + M[M(Y | X_{\bar{i+1}}) - M(Y | X_{\bar{i}})]^2 + 2M\{[Y - M(Y | X_{\bar{i+1}})][M(Y | X_{\bar{i+1}}) - M(Y | X_{\bar{i}})]\}. \quad (1)$$

Отсюда после очевидных преобразований можно получить что

$$\eta_{y|x_{\bar{i+1}}}^2 - \eta_{y|x_{\bar{i}}}^2 = \frac{M[M(Y | X_{\bar{i+1}}) - M(Y | X_{\bar{i}})]^2}{D[Y]}. \quad (2)$$

Из последнего равенства видно, что  $\eta_{y|x_{\bar{i+1}}}^2 \geq \eta_{y|x_{\bar{i}}}^2$ , т. е. мера определенности не убывает с увеличением размерности пространства входных переменных идентифицируемого объекта.

Таким образом, на основании полученных моментных информационных характеристик при наличии дополнительной информации в виде регрессионных зависимостей можно судить о тесноте статистической связи формирующих условия технологических режимов процессов входа  $X(t)$  и выхода  $U(t)$ . При этом установлено, что приращение определенности в пространстве входов с увеличением размерности вектора входных переменных через величину критерия идентификации может только возрастать.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Мещеряков Л.И. Идентификация горных электромеханических систем // Сб. науч. трудов. НГАУ. – Днепропетровск, 2001. – Т. 2. – №11. – С. 106–109.
2. Мещеряков Л.И. Диагностические оценки горных электромеханических систем на основе множественных статистических связей. // Вибрации в технике и технологиях, 2001. – №3(19). – С. 65–68.

УДК 004.942

### МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРІВ СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Н.Д.Михайлів, Л.О. Сав'юк

(Україна, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу)

**Постановка проблеми.** Забезпечення високої надійності роботи оператора, а, відповідно, системи «людина – машина» (СЛМ), – є пріоритетним завданням для більшості сфер промисловості та сучасного виробництва. Тому важливим є розробка заходів по підвищенню кваліфікації операторів складних технологічних об'єктів (СТО), шляхом підбору математичного апарату для який б дав можливість підвищити надійність його діяльності в структурі СЛМ.