

где A_B, ω - амплитуда и частота колебаний внешнего воздействия. Амплитуда вынужденных колебаний уравнения (3), соответствующих такой правой части, будет иметь вид

$$R = \left| \frac{c_3 A_B (1 - e^{-i\omega\tau_2})}{i\omega(c_3 + k_1 - k_1 e^{-i\omega\tau_1})} \right|. \quad (4)$$

После очевидных преобразований (4) получим

$$R = \frac{2 A_B c_3 \left| \sin \frac{\omega\tau_2}{2} \right|}{|\omega| \sqrt{(c_3 + k_1)^2 + k_1^2 - 2k_1(c_3 + k_1) \cos \omega\tau_1}}. \quad (5)$$

Наибольшего значения амплитуда вынужденных колебаний будет достигать при значении частоты, при котором:

$$\left| \sin \frac{\omega\tau_2}{2} \right| = 1, \quad \omega = \pi(2k + 1) / \tau_2; \quad \cos \omega\tau_1 = 1, \quad \omega = 2\pi n / \tau_1,$$

т. е. $\pi(2k + 1) / \tau_2 = 2\pi n / \tau_1, \Rightarrow \tau_2 / \tau_1 = (2k + 1) / 2n$.

Таким образом, самым неблагоприятным является такое сочетание угловых скоростей круга и детали, при котором отношение их будет пропорционально отношению целых чисел, причем четного к нечетному числу. Важным является то, что это соотношение не зависит от частоты возмущения, а определяется заданием угловых скоростей круга и детали. Для проверки адекватности предложенной модели были взяты волнограммы колец подшипников типа 412/01 из стали ШХ-15, обработанных шлифовальными кругами 24A166МЛ, полученными с помощью прибора Talyrand. Анализ этих волнограмм подтверждает полученный в результате расчетов вывод о том, что в случае неблагоприятного соотношения угловых скоростей круга и детали, волнистость с наибольшей амплитудой на поверхности колец имеет частоту, близкую по значению к частному от деления скорости круга на скорость вращения детали, и не зависит от других факторов.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о принципиальной неустойчивости процесса шлифования, так как даже при достаточной жесткости конструкций станка и при отсутствии дисбаланса круга (что позволяет избежать возникновения резонанса вынужденных колебаний на частотах, близких к собственным частотам узлов шпинделей круга или детали), если отношение угловых скоростей круга и детали будет представлять собой рациональную дробь, то в процессе обработки возникнут колебания на частоте, близкой к целой части этой дроби.

Основными рекомендациями по повышению виброустойчивости процесса шлифования являются: во-первых, изменение скорости вращения детали непосредственно во время обработки; во-вторых, максимальное увеличение угловой скорости круга; в-третьих, уменьшение дисбаланса круга.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Егорова Г.Ф., Михелькевич В.Н., Чабанов Ю.А. Автоколебания при шлифовании // Изв. вузов. Машиностроение. 1986, №1. С. 95-101.

УДК 681.51.015.23

Б.К. Чостковский, С.А. Колпациков

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНИВАНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖУЩЕГОСЯ КАБЕЛЬНОГО ИЗДЕЛИЯ

Рассмотрен метод оценивания скорости движущегося кабельного изделия по показаниям двух датчиков диаметра. Алгоритм может быть использован для построения устройства измерения скорости.

Существует несколько способов измерения скорости движущегося кабельного изделия: измерение скорости катящимся колесиком, корреляционно спектральный метод и др. Эти методы имеют недостатки. Первый способ имеет низкую точность измерения и воздействует на изоляционное покрытие кабеля, второй же является довольно медленным способом из-за необходимости вычисления автокорреляционных функций. Для оценки корреляционной функции необходимо использовать усреднение по значительным реализациям случайных процессов [1], причем от этого зависит точность оценки.

Предлагается метод оценки скорости кабельного изделия по показаниям двух датчиков диаметра, устанавливаемых вдоль линии движения изделия. Использование этого метода позволяет построить бесконтактное устройство измерения скорости движущегося кабельного изделия, не требующее длительных вычислительных операций.

Пусть расстояние L между датчиками достаточно мало, так что за время прохождения изделием расстояния L его скорость практически не менялась:

$$g(t) \approx const. \quad (1)$$

Будем считать, что скорость изменения диаметра по длине изделия на отрезке, равному расстоянию L между датчиками, остается величиной постоянной:

$$\frac{\partial D(t,l)}{\partial l} \approx const, \quad (2)$$

где $D(t,l)$ - функция диаметра изделия.

При соблюдении условий (1) и (2) выполнение условия постоянства скорости изменения диаметра по времени на отрезке времени, затрачиваемом изделием на прохождение расстояния L , имеет вид

$$\frac{\partial D(t,l)}{\partial t} \approx const. \quad (3)$$

По известной формуле дифференцирования имеем

$$-\frac{\partial D(t,l)}{\partial t} / \frac{\partial D(t,l)}{\partial l} = \frac{dl}{dt} = g(t). \quad (4)$$

В свою очередь, исходя из выражений (1), (2) и (3), частные производные функции диаметра по времени и расстоянию могут быть выражены следующими соотношениями:

$$\frac{\partial D(t,l)}{\partial t} = \frac{D_1(t,l) - D_1(t - T_0, l)}{T_0}, \quad (5)$$

$$\frac{\partial D(t,l)}{\partial l} = \frac{D_1(t,l) - D_2(t,l)}{L}, \quad (6)$$

где $D_1(t,l)$ и $D_2(t,l)$ - показания первого и второго датчиков диаметра соответственно; T_0 - тактовое время задержки сигнала с первого датчика.

Исходя из условия (1) выберем T_0 в зависимости от номинальной скорости $g_n(t)$ в виде

$$T_0 = L / g_n. \quad (7)$$

Подставляя в (4) выражения (5), (6) и (7), получаем выражение для оценки скорости движения кабельного изделия по показаниям двух датчиков диаметра:

$$\hat{v}(t) = \frac{D_1(t - T_0, l) - D_1(t, l)}{D_1(t, l) - D_2(t, l)} \cdot g_n. \quad (8)$$

Поскольку диаметр кабельного изделия является случайной функцией, то предположение о постоянстве скорости изменения диаметра по длине изделия в общем случае не выполняется, что приводит к ошибке измерения. Оценим эту ошибку, считая отличие скорости изменения диаметра по длине от постоянной величины (6) помехой. В случае аддитивного характера этой помехи имеем

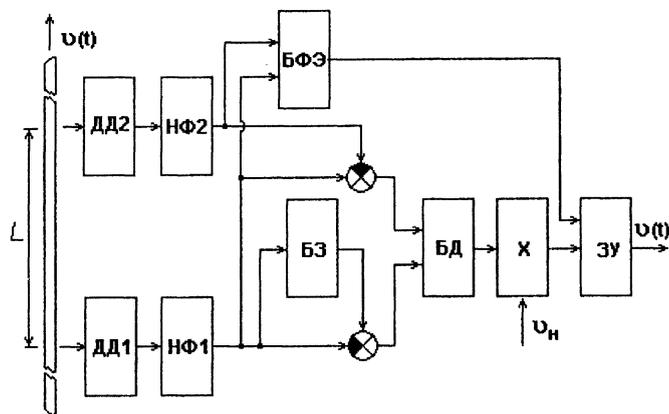
$$|\Delta(t)| \leq \left| \frac{a}{1-a} \cdot \frac{D_1(t,l) - D_2(t,l)}{L} \right|, \quad (9)$$

где a - максимальная относительная ошибка скорости изменения диаметра по длине длинномерного изделия, $a \in [0,1]$.

Ослабить это ограничение можно введением в алгоритм предварительной низкочастотной фильтрации сигналов с датчиков диаметра. Это позволит существенно снизить ошибку измерения за счет непостоянства скорости изменения диаметра по длине изделия.

Предположение о постоянстве скорости изменения диаметра по длине теряет свой смысл при прохождении между датчиками сечения, соответствующего экстремуму функции диаметра. Поэтому в такой ситуации предлагаемый алгоритм неработоспособен. Типичная реализация диаметра изоляции кабельного изделия в процессе ее экструдирования характеризуется интервалом корреляции в пределах 1- 10 мин [1], номинальная скорость изготовления кабельного изделия в зависимости от типа кабеля колеблется от 20 до 2000 м/мин. Поэтому при расстоянии между датчиками диаметра $L = 1$ м время прохождения экстремума между датчиками составляет не более 5% от времени монотонного изменения функции диаметра. С уменьшением расстояния между датчиками процент времени неработоспособности алгоритма уменьшается.

Исходя из вышеизложенного предлагается при реализации алгоритма в устройстве измерения использовать блок, запрещающий расчет скорости по алгоритму при прохождении экстремума функции



Структурная схема устройства измерения скорости движущегося кабельного изделия

ности и выставляет его на выходе ЗУ. При появлении экстремума на ДД2 ЗУ переводится в режим пропускания входного сигнала на выход.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Г.Я. Мирский. Характеристики стохастической взаимосвязи и их измерения М.: Энергоиздат, 1982.

УДК 620.9

Н.В. Дилигенский, Е.Ю. Орлова

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С УЧЕТОМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

Построены математические модели для описания функционирования производственных комплексов региона на основе производственных функций, учитывающих влияние научно-технического прогресса на темп прироста выпуска готовой продукции.

Характерной чертой современного развития экономической науки является широкое использование математических методов и моделей как для всестороннего анализа развития промышленного производства, так и для решения конкретных планово-экономических задач. Разработка математических методов и моделей оптимизации, отдельных производственно-экономических процессов, общественного производства в целом тесно связана с конкретными проблемами моделирования экономики. Во-первых, в экономике невозможны модели подобию, которые широко применяются в технике. Нельзя построить точную копию экономики в каком-либо масштабе и на этой копии отрабатывать различные варианты экономической политики. Во-вторых, в экономике крайне ограничены возможности локальных экономических экспериментов, поскольку все ее части жестко взаимосвязаны друг с другом и, следовательно, "чистый" эксперимент невозможен. Таким образом, для выработки правильных экономических решений необходим скрупулезный учет как всего прошлого опыта, так и результатов, полученных по концептуальным и математическим моделям, наиболее адекватным данной экономической ситуации.

В условиях продолжающегося экономического кризиса во всей полноте встает проблема построения математических моделей производственных структур и комплексов, анализа на основе этих моделей эффективности использования капитальных, трудовых и информационных ресурсов производства, оценка влияния научно-технического прогресса на развитие промышленных комплексов.

В качестве объекта моделирования авторами была выбрана промышленность Самарской области и ее основные составляющие: машиностроение и металлообработка, топливно-энергетический комплекс (ТЭК), топливная промышленность, электроэнергетика, химия и нефтехимия, черная и цветная металлургия. Для исследования и построения математических моделей использовались числовые данные о выпуске продукции и вложенных трудовых и капитальных ресурсах с 1965 по 1997 г. При этом для построения модели использовались данные за период бескризисного развития экономики до 1990 г., а ретроспективный прогноз осуществлен на всем рассматриваемом интервале до 1997 года.

В качестве аппарата моделирования применен аппарат исследования экономических процессов с помощью производственных функций. При построении производственной функции научно-технический прогресс (НТП) может быть учтен с помощью введения множителя научно-технического прогресса e^t ,

диаметра и выставляющий на время запрета на выходе измерителя последнее измеренное по алгоритму значение скорости.

На рисунке приведена структурная схема устройства измерения, основанного на предлагаемом алгоритме. Здесь ДД1 и ДД2 - датчики диаметра, НФ1 и НФ2 - низкочастотные фильтры, БЗ - блок задержки сигнала (на время T_0), БД - блок деления, ЗУ - запоминающее устройство, БФЭ - блок фиксации экстремума. Сигнал от БФЭ при появлении экстремума на ДД1 отключает входной сигнал на ЗУ от выходного, запоминает значение скорости