

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ СКРЫТЫХ ПЕРИОДИЧНОСТЕЙ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ РЕГИОНА

В работе рассматривается возможность учёта влияния на производственную деятельность скрытых периодичностей, объективно существующих в протяжённых временных интервалах. На примере учёта временной зависимости потребления и производства технологического ресурсного параметра при использовании для управления метода «эталонных» моделей показана возможность идентификации технологических процессов предприятия – потребителя и предприятий – производителей, что может служить основой для конкретных инвестиций.

Динамика развития реальных производственных технологических процессов зависит от большого числа факторов: уровней применяемых технологий, возможностей ресурсного обеспечения, методов и систем управления, наличия федеральных и региональных организационных и институциональных инфраструктур.

Научно обоснованные решения в настоящих бурно развивающихся условиях и на перспективу могут быть получены только с помощью построения модельных описаний протекающих процессов и прогнозирования изменения ситуаций на основе применения методов математического моделирования. Прогнозирование эффективности инвестиций в предприятия региона принято проводить методом моделирования; для чего обычно используется аппарат производственных функций. Однако имеющуюся при этом возможность рассматривать производственную функцию как линейную связь темпов роста ресурсов и выпуска не удается реализовать для идентификации параметров используемых моделей [1].

Представление производственных функций в виде периодически повторяемых темпов изменения производственных показателей не только позволяет устранить разрыв непрерывности роста ресурсов и выпуска, но и повысить чувствительность математических моделей к описанию закономерностей протекающих процессов. При равномерной дискретизации периодически повторяемые темпы представляют собой суперпозиции последовательностей прямоугольных импульсов одинаковой длительности с полярностью, совпадающей с характером приращения в очередной отсчетной точке, и амплитудой, равной абсолютному темпу в той же отсчетной точке [2].

Кроме повышения точности и быстродействия суперпозиционный метод определения и идентификации производственных функций открывает возможность обратного перехода от желаемого вида спектрального представления, аналитическое задание которого затруднено, к его временному соответствию на основании двойственности преобразования Фурье.

К такому классу процессов относятся производственные функции технологических комплексов регионального уровня, обеспечивающие ресурсами одного или нескольких видов группу других производств. При определении стратегии технологических циклов таких взаимозависимых региональных производств важно учитывать их временные или скоростные характеристики, так как при любом наборе технологий региона эффективное управление производством должно базироваться на современных средствах контроля добычи ресурсов и их переработки в соответствии с экологически оптимизированной потребностью собственных производств и запросами других регионов. Для достижения этого производителям различных отраслей, в том числе и добывающих, необходимо владеть информацией о характере возможных потребительских «всплесков».

Однако информация во временной области не может обеспечить высокой степени идентичности текущей информации о параметрах технологических процессов и «эталонной» информации о них. Описание периодического (или периодизированного по однократной реализации) процесса во временной области (аналитическое или в виде графика) открывает возможность регистрации изменений его параметров по изменениям амплитуд или фаз гармоник, то есть в частотной области [3].

При описании циклически повторяемых технологических процессов полезно соотносить строгое математическое понятие периодичности с его реальными технологическими и экономическими проявлениями. Наиболее тяжелым в практическом проявлении является требование бесконечно протяженного во времени существования циклически повторяемого процесса. Идеальному требованию периодичности в отношении временной протяженности удовлетворяют планетарные явления (вечно существует чередование времен года и т. д.). При этом более тонкие календарные периодичности составляют 12 лет, 60 лет и т. д. Однако для регистрации изменений параметров технологического процесса в частотной области с заданной погрешностью

достаточно на основании выражения процесса $f(\tau)$ для текущего спектра:

$$S_t(\omega) = \int_0^t f(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (1)$$

определить временную зависимость $S_t(\omega)$ и указать требуемое количество реализаций процесса. Так при уровне погрешности установления амплитуд гармоник в процессе перехода от одной периодичности к другой порядка 0,5% требуемое количество реализаций составляет 10^4 [4]. С этих позиций ясно, что пошив фирменных брюк «джинсы» миллионными тиражами представляет почти строго периодический процесс. Однако очевидно, что для столь тяжелой в технологическом отношении отрасли сельского хозяйства, как растениеводство (производство зерна, овощей и т. д.), прямое использование понятия периодичности затруднено, т. к. 10^4 посевных реализаций в открытый грунт требуют 10-тысячелетнего труда аграриев, что работающих на земле лишает надежды на получение достоверных прогнозов. И это усиливается пониманием того, что спектр короткого процесса (одной вегетации) – однороден, т. к. короткий отрезок любого процесса есть просто короткий импульс. Если в дальнейшем происходит периодическое повторение некоторого цикла явлений, то на текущем спектре начинают формироваться максимумы на основной частоте и ее гармониках. Природа, тем не менее, вносит ясность в этот вопрос на статистической основе.

Действительно, основные показатели вегетативного процесса при одновременном их определении обладают одинаковыми статистическими характеристиками. Потому, основываясь на свойстве эргодичности, наблюдения во времени могут быть заменены наблюдениями по ансамблю с последующей корреляцией по каждому влияющему фактору вегетации (например, разброс результатов развития от слабых семян и растений до сильных). Так шкала временных сечений в рамках одной вегетации может быть увязана со шкалами влияющих факторов, создавая основу для получения суперпозиционных выборок текущего спектра, являющегося носителем информации о процессе вегетации.

При наличии протяженной базы наблюдений за факторами вегетации (в соответствии, к примеру, с 60-летним календарем солнечной активности) могут быть получены более точные оценки прогнозирования. Так, в случае названного календаря периодичность погодных условий наблюдается через промежуток времени $T=2,2 \cdot 10^4$ дней, что соответствует относительной погрешности $2,5 \cdot 10^{-3}$. Отклонение погодных условий от перио-

дичности, определяемой $T=2,2 \cdot 10^4$ дней, на одну неделю составляет всего $3 \cdot 10^{-2}\%$. В то же время это отклонение от периода вегетации $T_B=120$ дней составляет уже величину в 6%. Отклонение в 6% (т. е. более ранний или более поздний сев) сопровождается серьезной потерей урожая.

Другой вид периодичности в практической деятельности – это сезонные работы (ежегодные заготовки растительного сырья; все виды «завозов» с Большой земли; лесосплав и т. д.). Производимые в достаточно строгой увязке с временами года, они представляют собой периодически производимые направленные действия, которые составляют содержательную часть особой технологии. Немаловажную роль в проявлении законов периодичности играет принцип обусловленности, согласно которому, к примеру, технологический процесс производства сахара может начаться после завершения процесса уборки и складирования свеклы. Временная взаимозависимость технологий в рамках региональной экономики является одним из параметров, варьирование которого позволяет разносить во времени экстремумы востребованности ресурсов ограниченной мощности, то есть позволяет удовлетворять в рамках региональной экономики принципу линейной зависимости объемов конечного продукта производства от объемов конкретного сырьевого ресурса.

Одной из важнейших процедур системного анализа, которая способствует не только выявлению скрытых периодичностей, но и установлению характера возможных преобразований одной технологической (а следовательно, и экономической) периодичности в другую технологическую периодичность, является декомпозиция.

Так, к примеру, продукция отлаженного в отношении периодичности металлургического производства не может являться конечной продукцией для потребителя готовых металлоизделий. Однако периодичность металлургического производства как стабилизирующий фактор технологической и экономической состоятельности предприятий – потребителей металла стимулирует проявление новых периодичностей, обусловленных конкретными параметрами технологий этих предприятий. Соотношение временных параметров периодичности предприятия-изготовителя и предприятий-потребителей может отличаться несколькими порядками: на одном предприятии металл с колес подается к одновременно, т. е. параллельно работающим станкам и технологическим установкам, а на другом месяцами и годами лежит на складе, омертвляя труд металлургов.

Процедура декомпозиции несет на себе важнейшую функцию, создавая основу для сопоставления реальных технологических фрагментов с их моделями, так как создание модели технологического процесса (особенно математической модели) без расчленения затруднено даже в предметной области. Создание модели фрагмента технологического процесса как более простого процесса предопределяет возможность проверки корректности декомпозиции путем перехода к синтезу (агрегированию) модели технологического процесса как суммы смещенных друг относительно друга функций, отождествляющих временную трактовку технологических фрагментов перед их совершенно сознательной сборкой (синтезом), не теряя из виду индивидуальности даже в аксиоматическом отношении.

Декомпозиция производственных процессов в отношении всех видов ресурсов (материальных, технологических, людских, управленческих и т. д.) позволяет увидеть различные виды скрытой периодичности.

В региональной экономической политике анализ скрытой периодичности может служить основанием для введения градаций на отпускные оптовые цены (к примеру, их снижение для предприятий с быстрой периодичностью технологической переработки металла в готовую продукцию металлообработки). Изложенное позволяет утверждать, что при наличии выражений для комплексных амплитуд «*n*»-х гармоник периодических технологических процессов (или периодизированных на основе однократной реализации технологического процесса)

$$\dot{A}_{nk} = \varphi(U_{mk}, f_k, t_{3k}, U_n, \psi_1, \dots, \psi_k), \quad (2)$$

где U_{mk} – интенсивность временной зависимости интересующего технологического параметра «*k*»-го технологического процесса, поставленного на контроль управляющим органом региона;

$T_k = 1/f_k$ – период «*k*»-го технологического процесса с использованием ресурсного параметра с амплитудой интенсивности U_{mk} ;

t_{3k} – время вынужденной задержки технологического процесса в ожидании нарастания уровня ресурсного параметра до некоторого уровня U_n , выражение для комплексной амплитуды суммы всех технологических процессов, требующих обеспечения ресурсным параметром U , принимает вид:

$$\dot{A}_{nU} = \sum_{k=1}^N \dot{A}_{nk}. \quad (2)$$

Для некоторой статистики предприятия, обеспечивающего «*N*» технологических процессов региона ресурсным параметром U , на основании (3)

может быть построена «эталонная» модель его функционирования в частотной области, основанная на соответствующей «эталонной» модели во временной области.

Естественно, что для перехода из временной области в частотную «эталонная» модель во временной области должна быть представлена аппроксимирующим полиномом, без чего невозможно организовать учет отклонений реальных технологических процессов от «эталонных». Поэтому определение итерационными методами коэффициентов аппроксимирующего полинома порядка «*P*» на основании «*l*» отсчетных значений периодизируемого технологического процесса является важнейшей процедурой.

Аппроксимация функции на большом промежутке одним многочленом может потребовать для достижения заданной точности значительного увеличения его степени, что неприемлемо при работе в реальном времени. Для реализации процедуры идентификации во временной и частотной областях в качестве аппроксимирующего полинома должен быть выбран осуществляющий связь между этими областями тригонометрический полином:

$$Q_p(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^P (a_i \cos \omega t + b_i \sin \omega t), \quad (3)$$

как обеспечивающий минимум энергии ошибки аппроксимации периодической функции $f(t)$ так, чтобы

$$Q(t_i) = f(t_i), \quad (4)$$

где $0 \leq t_0 < t_1 < \dots < t_{2l} < \frac{2\pi}{\omega} = T$ – точки промежутка $[0, T]$, являющегося периодом T технологического процесса.

Процедура идентификации во временной области сопряжена с необходимостью реализации следующих этапов:

1. Период T разбивается на n интервалов $h = T/n$, и в точках $t_i = i \cdot h$ осуществляется процесс дискретизации $f(t)$, т. е. получение отсчетов $y_i = f(t_i)$.

2. Для определения коэффициентов аппроксимирующего полинома составляется следующая система уравнений:

$$\left. \begin{aligned} y_0 &= \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^P (a_i \cos i \cdot \frac{2\pi}{T} \cdot t_0 + b_i \sin i \cdot \frac{2\pi}{T} \cdot t_0), \\ y_1 &= \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^P (a_i \cos i \cdot \frac{2\pi}{T} \cdot t_1 + b_i \sin i \cdot \frac{2\pi}{T} \cdot t_1), \\ \dots \\ y_{2n} &= \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^P (a_i \cos i \cdot \frac{2\pi}{T} \cdot t_{2n} + b_i \sin i \cdot \frac{2\pi}{T} \cdot t_{2n}), \end{aligned} \right\} (5)$$

коэффициенты которой a_0 , a_k и b_k , должны быть подобраны на ЭВМ итерационными методами так, чтобы удовлетворять ей.

3. По найденным значениям a_0 , a_k и b_k синтезируется полином (3) и определяется мера его отклонения от функции $f(t)$ на множестве точек t_0, t_1, \dots, t_{2n} .

$$S_m(t_i) = \sum_{i=0}^{2n} [Q_m(t_i) - f(t_i)]^2. \quad (6)$$

Установление допуска на различие между мерой отклонения полинома (2) от «эталонной» функции $f_3(t)$ и мерой его отклонения от функции $f_k(t)$ контролируемого технологического процесса позволяет проводить идентификацию при обеспечении соответствия отсчетов $f_3(t)$ и $f_k(t)$.

Получение конкретных значений коэффициентов полинома порядка $m < n$ при больших значениях n сопряжено с необходимостью увеличения размера шагов между узлами аппроксимации (метод сплайнов), что затрудняет реализацию управления в реальном масштабе времени и сопровождается увеличением погрешности, так как приближаемая функция в этом случае не принадлежит классу многочленов, которыми осуществляется приближение.

Проведение аналогичных процедур для каждого технологического процесса, требующего контролируемого ресурсного параметра, позволяет сделать вывод о возможности или невозможности производства ресурсного параметра с законом изменения $f_3(t)$ внутри периода T , представляющих сумму «эталонных» функций отдельных технологических процессов предприятий-потребителей. Невозможность удовлетворения этому условию дает основания для постановки вопроса о выделении инвестиций предприятию-производителю ресурсного параметра, одному или группе предприятий-потребителей. Контроль результатов идентификации на каждом из предприятий – потребителей может производиться путем определения отклонения $|\dot{A}_{nk}|$ от $|\dot{A}_{n3}|$ с помощью ЭВМ или инструментально по приборам.

Умение обнаруживать скрытые периодичности и определять их важнейшие параметры позволяет также прогнозировать объемы вычислительных работ, связанных с необходимостью проведения процедуры идентификации реальных технологических процессов. Так как воспроизведение «эталонного» технологического процесса реальным оборудованием нецелесообразно по экономическим и метрологическим соображениям (из-за его износа), то выходом из положения может быть получение однократной «эталонной» записи интересных параметров, процесса с последующей их периодизацией для осуществления идентификации соответствующих зависимостей параметров реального технологического процесса (в виде сигналов).

Предположим, что «эталонный» технологический сигнал образован N гармониками, суммируемыми с определенными амплитудными и фазовыми соотношениями. Исходя из этого, определим количество Z реальных технологических сигналов с учетом возможности увеличения и уменьшения амплитуд N гармоник как результата изменения фазировки приращения амплитуд вследствие воздействия на параметры технологического процесса дестабилизирующих факторов в сторону увеличения (синфазные приращения) или уменьшения (противофазные). Соответственно имеем:

$$Z = C_{2N}^m = \frac{2N!}{m!(2N-m)!}. \quad (7)$$

C_{2N}^m достигает максимума при $m=N$. При $N=10$ количество реальных технологических процессов составляет $C_{20}^{10} = 184756$.

Для проведения идентификации реальных технологических сигналов в этом случае должна быть создана библиотека «эталонных» технологических сигналов с числом экземпляров. При проведении идентификации на каждом рабочем технологическом сигнале и каждом противопоставляемом ему «эталонном» технологическом сигнале должно быть произведено с интервалом квантования Δt согласно теореме Котельникова количество отсчетов:

$$M = \frac{T}{\Delta t} = \frac{T}{\frac{T}{2N}} = 2N. \quad (8)$$

Максимальное количество числовых эквивалентов при последовательном сопоставлении отсчетных точек реального технологического сигнала и всех «эталонных» сигналов для этого технологического процесса составляет:

$$P = ZM = MC_{2N}^m = 2 \cdot 10 \cdot 184756. \quad (9)$$

Учет рассматриваемой особенности процедуры идентификации во временной области может служить основой для оценки требуемых вычислительных мощностей.

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы.

1. «Эталонный» и рабочий технологические сигналы являются сигнальными моделями, повышение точности измерения параметров которых обеспечивает переход от модели технологического процесса в виде «черного ящика» к модели в виде «белого ящика».

2. Периодизация создает основу для повышения точности сравнения параметров эталонного и рабочего технологических сигналов, т. к. использование в качестве базисных гармонических фун-

кций, обладающих высокой метрологией их воспроизведения и задания параметров (U_{mk} и Φ_k), обеспечивает наиболее точную аппроксимацию этих сигналов.

3. Возможность реализации процесса декомпозиции многопараметрового технологического процесса на отдельные зависимости параметров (T^0 , давления и т. д.) в течение временного интервала, требуемого для реализации «эталонного» многопараметрового технологического процесса (т. е. периода повторения технологического процесса), создает основу для формирования библиотеки технологических сигналов, обеспечивающей идентификацию конкретного рабочего технологи-

ческого сигнала (отдельного параметра) с последующей идентификацией многопараметрового технологического сигнала с его реализациями, хранимыми в библиотеке (памяти).

4. Возможность учета скрытых периодичностей в законах изменения параметров технологических процессов внутри значительных временных интервалов функционирования предприятий позволяет при построении управления производством по принципу «эталонных» моделей создать инструмент контроля в частотной области за отклонениями производства ресурсного параметра и за отклонениями его технологического использования на предприятиях-потребителях.

Список использованной литературы:

1. Клейнер Г.Б. Производственные функции. Теория, методы, применения. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 239 с.
2. Абдрашитов Р.Т., Раимова А.Т., Сикорская Г.А., Шевеленко В.Д. Повышение точности идентификации производственных функций технологических комплексов / Социокультурная динамика региона. Наука. Культура. Образование: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2000. – Ч 2. – С. 4-14.
3. Раимова А.Т., Шевеленко В.Д. Дискриминирование изменений параметров технологических сигналов сложной формы // Машиностроение. Сборник научных трудов. – Оренбург: ОГУ, 1997. – В. 2. – С. 110-115.
4. Раимова А.Т. Повышение эффективности АСУ качеством электроэнергии спектральными методами воспроизведения параметров эталонных моделей. Дисс. канд. техн. наук. Оренбург, 1997. 161 с.