Міністерство освіти і науки України

ВІСНИК

Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

№ 869

Харків 2009

ISSN 0453-8048

Міністерство освіти і науки України

ВІСНИК

Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

Економічна серія

№ 869

Заснований у1966 року

Харків 2009

УДК 330

Вісник присвячений актуальним проблемам економічної теорії та практики господарювання в умовах переходу до ринкових відносин, соціального розвитку та мотивації праці, управління економікою на національному, регіональному та мікрорівнях. Чільне місце займають у Віснику питання розвитку підприємництва, фінансової системи, грошового обігу, банківської справи, бухгалтерського обліку і аудиту, маркетингових технологій, інвестиційної діяльності, міжнародної інтеграції, зовнішньоекономічних зв'язків та конкурентоспроможності вітчизняних товаровиробників. Розглянуто також питання застосування економіко-математичних методів і моделей, статистичного аналізу в економічних дослідженнях.

Для викладачів, наукових працівників, а також аспірантів і студентів економічних спеціальностей.

Вестник посвящен актуальным проблемам экономической теории и практики хозяйствования в условиях перехода к рыночным отношениям, социального развития и мотивации работы, управления экономикой на национальном, региональном и микроуровнях. Видное место занимают в Вестнике вопросы развития предпринимательства, финансовой системы, денежного обращения, банковского дела, бухгалтерского учета и аудита, маркетинговых технологий, инвестиционной деятельности, международной интеграции, внешнеэкономических связей и конкурентоспособности отечественных товаропроизводителей. Рассмотрсны также вопросы применения экономико-математических методов и моделей, статистического анализа в экономических исследованиях.

Для преподавателей, научных работников, а также аспирантов и студентов экономических специальностей.

The bulletin is devoted to actual problems of an economic theory and practice of managing in conditions of transition to the market rations, social development and motivation of operation, handle of economy on national, regional and micro levels. The outstanding place is borrowed in the Bulletin by problems of development of business, financial system, money call, banking, record-keeping and audit, marketing technologies, investment activity, international integration, foreign economic relations and competitiveness of the domestic commodity producers. The questions of application are considered also economic-mathematical methods and models, statistical analysis in economic researches.

For the teachers, science officers, and also post-graduate students and students of economic specialties.

Друкується за рішенням Вченої ради Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна, прот. № 11 від 30 жовтня 2009 р.

Видання фахове (Бюлетень ВАК України, 1999 р., №4, с.48), періодичність – 4 рази на рік.
Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 11825-696 ПР від 04.10.2006 р.

Адреса редакційної колегії:
61002, м. Харків, вул. Мироносицька, 1, економічний факультет ХНУ імені В.Н.Каразіна, тел. (057) 707-54-55.

УДК 658.51.012

ВЫВОД УРАВНЕНИЙ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Пигнастый О.М. , к.т.н.
НПФ Технология, г.Харьков

Ходусов В.Д., д.ф.-м.н., профессор, Меркулова Т.В. , д.э.н., профессор
Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина

С использованием статистического описания производственно-технических систем предложена методика построения уравнений системной динамики для технологического процесса предприятия. Показано, что уравнения системной динамики являются частным случаем системы балансовых уравнений в статистическом описании производственно-технических систем.

Ключевые слова: синергетика, базовый продукт, микроскопическое описание, функция распределения, инженерно-производственная функция

Общая постановка задачи и её актуальность. Идея моделирования сложных производственно-технических систем на уровне макроописания, когда исследователь абстрагируется от индивидуальных объектов, таких как предметы труда, работники, единицы технологического оборудования, единиц информации, и рассматривается только агрегированные количественные характеристики потоков этих объектов, была предложена Дж.Форрестером (Jay W. Forrester) [1,c.247; 2,c.17]. Для демонстрации функционирования сложных производственно-технических и социально-экономических Дж. Форрестер применил принципы исследования систем с обратной информационной связью, в которых показал, что поведение системы существенно зависит от структуры связей между агрегированными параметрами и от временных задержек. Проведен анализ взаимодействия потоков информации, денежных средств, заказов, товаров, рабочей силы и технологического оборудования производственно-технической системы предприятия, отрасли промышленности и народного хозяйства в целом [2,c.17]. Динамическое моделирование «воплощает количественный и экспериментальный подход к решению задачи приведения организационной структуры предприятия в соответствии с требованиями промышленного развития и устойчивости» [2,c.17]. Таким образом, методология системной динамики представляет в настоящее время достаточно мощный инструментарий исследования динамических моделей производственно-технических систем [1]. Актуальным в этом исследовании является построснис адскватных математических моделей производственно-технических систем и определение связей между макропараметрами производственно-технических систем.

Истоки исследования авторов. *Уравнения системной динамики технологического процесса производственно-технической системы.*

Базовая структура уравнений системной динамики для технологического процесса производственно-технической системы представляет уравнения уровней [2,c.65], темпов [2,c.66], вспомогательные [2,c.66] и уравнения начальных условий [2,c.68] для взаимосвязанных сетей [2,c.59]: сети материалов, заказов, денежных средств, рабочей силы, оборудования, информации. Разделение на шесть сетей условно [2,стр.60].

Уравнения уровней есть интегральные уравнения вида [2,стр.65]:

$$\{\chi\}_{0,m,n}(t+\Delta t)=\{\chi\}_{0,m,n}(t)+\int_0^{\Delta t}\left(\{\chi\}_{1\_in,m,n}-\{\chi\}_{1\_out,m,n}\right)dt\,,\ n=1..6,\ m=1..\mathrm{N} \quad (1)$$

где $\{\chi\}_{0,m,n}(t)$, $\{\chi\}_{1\_in,m,n}(t)$, $\{\chi\}_{1\_out,m,n}(t)$, - обозначение уровня, темпа входящего и темпа исходящего потока в момент времени t для m-го объекта n - ой сети.Построение уравнений системной динамики для технологического процесса (рис.1) производственно-технической системы с помощью статистической теории будем рассматривать на примере одной сети (далее индекс «n» опустим) из N_m -объектов. Под m—объектом подразумевается склад, производственный участок или технологическое оборудование. Под уровнем $\{\chi\}_{0,m}$ производственно-технической системы понимается количество базовых продуктов в межоперационном и страховом заделе перед m-объектом (технологическим оборудованием). Темпом входящего $\{\chi\}_{1\_in,m}$ и исходящего $\{\chi\}_{1\_out,m}$ потока есть поступление, и убыль базового продукта за единицу времени (темп обработки базового продукта) на m-технологической операции ($\{\chi\}_{1\_out,m-1} = \{\chi\}_{1\_in,m}$).

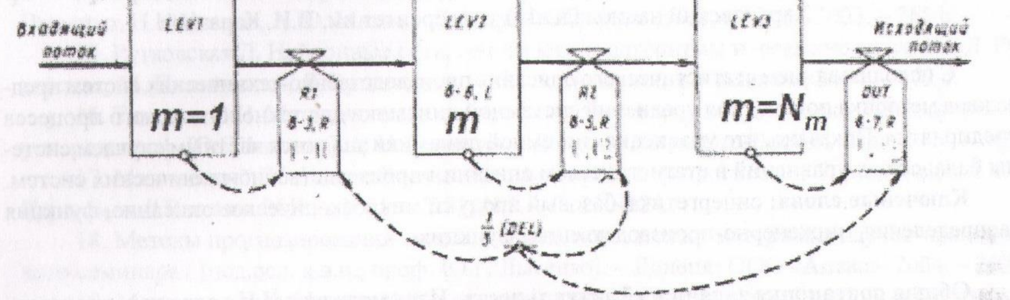

Рис.1. Технологический процесс ПТС

Система уравнений системной динамики для технологического процесса (рис.1) производственно-технической системы иметь вид

$$\frac{d\{\chi\}_{0,m}(t)}{dt} = \{\chi\}_{1\_in,m}(t) - \{\chi\}_{1\_out,m}(t) \text{, уравнения уровней [2,с.65],} \quad (2)$$

$$\{\chi\}_{1\_out,m}(t) = \{\chi\}_{0,m}(t) \Big/ T_m \text{, } m = 1..N_m \text{ уравнения темпов [2,с.76],} \quad (3)$$

$$\{\chi\}_{0,m}(0) = A_{0,m} \text{ , } \{\chi\}_{1\_in,m}(0) = \mathbf{B}_{in,m} \text{ , } \{\chi\}_{1\_out,m}(0) = B_{out,m} \text{ ,} \quad (4)$$

где T_m - заданная величина (постоянная запаздывания, [2,с.76]) а уравнения (4) - начальные условия для параметров уравнений уровней и темпов производственно-технической системы. Дополним систему уравнений (2),(3) дополнительные вспомогательные уравнения [2,с.68]:

$$\Phi_m\left(\{\chi\}_{0,m_1}, \{\chi\}_{1\_out,m_2}(t), \{\chi\}_{1\_out,m_3}(t)\right) = 0 \text{, } m_1, m_2, m_3 = 1..N_m \quad (5)$$

Уравнения (5) являются уравнениями состояния, связывают макропараметры производственно-технической системы между собой. Уравнения состояния накладывают ограничения на поведение макропараметров производственно-технической системы, вводятся из соображений обеспечения замкнутости системы уравнений, описывающей поведение макропараметров.

Уравнение темпа (3) есть уравнением темпа с запаздыванием показательного типа [2,с.76], что определено видом решения $\{\chi\}_{0,m}(t)$. Система уравнений системной динамики (2)-(5) является замкнутой системой уравнений для описания технологического процесса производственно-технической системы.

Уравнения статистической теории производственно-технической системы для технологического процесса.

Статистический метод исследования производственно-технических систем [3,4] в отличие от принятого похода в системной динамики строит описание производственно-технической системы на двух уровнях: микроуровне и макроуровне. Производственно-техническая система представляет собой систему, состоящую из большого количества элементов – предметов труда. Состояние производственно-технической системы на микроуровне определяется состоянием предметов труда – базовых продуктов [4;6]. На микроуровне рассматривается процесс воздействия средств труда (технологического оборудования) на предмет труда. В ходе такого воздействия базовый продукт переходит из одного состояния в другое, изменяясь качественно и количественно. Состояние базового продукта описывается в фазовом технологическом пространстве (S,μ) микропараметрами (S_j,μ_j), где S_j- сумма общих затрат, перенесенная технологическим оборудованием на j -й базовый продукт на текущий момент времени; $\mu_j = \frac{\Delta S_j}{\Delta t}$; $\Delta t \to 0$ (грн/час) – интенсивность переноса ресурсов системы на j - ый базовый продукт в текущий момент времени, $0 \le j \le N$, N - количество базовых продуктов в технологическом процессе. Состояние производственно-технической системы в некоторый момент времени будет определено, если определены в некоторый момент микропараметры $(\mathrm{S}_1,\mu_1;.......\mathrm{S}_{N_1},\mu_{N_1})$ всех базовых продуктов производственно-технической системы. Положение системы в любой другой момент времени может быть найдено из системы уравнений состояния базовых продуктов:

$$\frac{dS_j}{dt} = \mu_j, \qquad \frac{d\mu_j}{dt} = f_j(t,S) \qquad (6)$$

где $f_j(t,S)$ инженерно-производственная функция, характеризующая установленные на предприятии технологический процесс изготовления базового продукта. Однако, если количество базовых продуктов N много больше единицы, то решить систему из N-уравнений состояния базовых продуктов, описывающих состояние производственно-технической системы, практически невозможно. Последнее уточнение требует перехода от микроописания производственно-технической системы к макроописанию [4;6], включающему в себя некий элемент вероятностной природы. Основная трудность в таком описании состоит в том, чтобы выделить те характеристики множества всех микросостояний базовых продуктов, которые можно было бы измерить макроскопическим образом на уровне состояния предприятия. Тем самым макровеличины производственно-технической системы посредством точных уравнений связаны с другими макропараметрами через интегральные параметры микроописания. Вместо того, чтобы рассматривать состояние производственной системы с микровеличинами $(\mathrm{S}_1,\mu_1;.......\mathrm{S}_{N_1},\mu_{N_1})$ вводится соответствующим образом нормированная дискретная функция распределения числа N базовых продуктов в фазовом технологическом пространстве (S,μ). Разумно ожидать, что при больших N эту функцию распределения будет хорошо аппроксимировать непрерывная функция распределения базовых продуктов $\chi(t,S,\mu)$ по скоростям изменения затрат μ. Разобьем фазовое технологическое пространство (S,μ) на такое число ячеек, чтобы размеры ячейки $\Delta\mathrm{S}_j \cdot \Delta\mu_j$ были много меньше характерных размеров производственно-технической системы и в тоже время, содержали большое число базовых продуктов. Вместо того, чтобы фиксировать точные значения микроскопических величин (S_j,μ_j) каждого базового продукта, будем приближенно характеризовать состояние производственно-технической системы, задавая число базовых продуктов в каждой ячейке. Если ячейки $\Delta\mathrm{S}_j \cdot \Delta\mu_j$ достаточно малы, то приближенное описание будет нести в себе почти столь же подробную информацию, что и точное. Таким образом, мы приходим к необходимости наряду с основным пределом при $N \to \infty$, рассматривать и предельный случай при стремящихся к нулю размерах ячейки. В силу того, что величина $\chi(t,S,\mu)\cdot d\mathrm{S}\cdot d\mu$ представляет собой число базовых продуктов в заданной бесконечно малой ячейке $\Delta\mathrm{S}_j \cdot \Delta\mu_j$ фазового технологического пространства, (S,μ) мы можем по изменению фазовой координаты S и фазовой скорости μ со временем судить и об изменении самой функции $\chi(t,S,\mu)$ [4]:

$$\frac{\partial\chi}{\partial t} + \frac{\partial\chi}{\partial S}\cdot\mu + \frac{\partial\chi}{\partial\mu}\cdot f(t,S) = \lambda_{оборуд}\cdot\left\{\int_0^\infty [\psi[\tilde{\mu}\to\mu]\cdot\tilde{\mu}\cdot\chi(t,S,\tilde{\mu})]\cdot d\tilde{\mu} - \mu\cdot\chi\right\} \qquad (7)$$

где $\psi[\mu \to \widetilde{\mu}]$ функция, которая характеризует процесс воздействия технологического оборудования на базовый продукт, задается паспортными данными технологического оборудования и параметрами технологического процесса, $\lambda_{оборуд}$ – плотность технологического оборудования вдоль технологической цепочки изготовления базового продукта.

Решение уравнения относительно функции распределения базовых продуктов по скоростям изменения затрат $\chi(t,S,\mu)$ в фазовом технологическом пространстве (S,μ) связано со значительными трудностями, и первый шаг анализа должен состоять в исследовании порядка величин различных слагаемых уравнения (11). Обозначим через τ, η, ξ характерные время, скорость изменения затрат и себестоимость базового продукта. Введем безразмерные $\widehat{t}$, $\widehat{S}$, $\widehat{\mu}$, переменные связанные с переменными τ, η, ξ следующим образом:

$$t = \tau \cdot \widehat{t}; \quad S = \xi \cdot \widehat{S}; \quad \mu = \eta \cdot \widehat{\mu}; \quad J(\chi,\chi) = \left\langle \lambda_{оборуд} \right\rangle \cdot \eta \cdot \widehat{J}(\chi,\chi), \tag{8}$$

$$\widehat{J}(\chi,\chi) = \left\{ \int_0^\infty \left[\psi[\widehat{\mu}] \cdot \widehat{\widetilde{\mu}} \cdot \chi \right] \cdot d\widehat{\widetilde{\mu}} - \widehat{\mu} \cdot \chi \right\} \tag{9}$$

Таблица 1. Вид кинетического уравнения производственно-технической системы в нулевом приближении по малому параметру $\varepsilon(K_v, P_m) \to 0$

	$P_m \to 0$	$P_m \to 1$	$P_m \to \infty$
$K_v \to 0$, $\varepsilon \approx K_v$	$\frac{\partial \chi}{\partial \widehat{S}} = 0$, $\widehat{J}(\chi,\chi) = 0$	$\frac{\partial \chi}{\partial \widehat{t}} + \frac{\partial \chi}{\partial \widehat{S}} \cdot \widehat{\mu} + \frac{\partial \chi}{\partial \widehat{\mu}} \cdot \frac{d\widehat{\mu}}{\partial \widehat{t}} = 0$, $\widehat{J}(\chi,\chi) = 0$	$\frac{\partial \chi}{\partial \widehat{t}} + \frac{\partial \chi}{\partial \widehat{\mu}} \cdot \frac{d\widehat{\mu}}{\partial \widehat{t}} = 0$, $\widehat{J}(\chi,\chi) = 0$
$K_v \to 1$	$\frac{\partial \chi}{\partial \widehat{S}} \widehat{\mu} = \widehat{J}$	$\frac{\partial \chi}{\partial \widehat{t}} + \frac{\partial \chi}{\partial \widehat{S}} \cdot \widehat{\mu} + \frac{\partial \chi}{\partial \widehat{\mu}} \cdot \frac{d\widehat{\mu}}{\partial \widehat{t}} = \widehat{J}$	$\frac{\partial \chi}{\partial \widehat{t}} + \frac{\partial \chi}{\partial \widehat{\mu}} \cdot \frac{d\widehat{\mu}}{\partial \widehat{t}} = \widehat{J}$
$K_v \to \infty$, $\varepsilon \approx 1/K_v$	$\frac{\partial \chi}{\partial \widehat{S}} = 0$,	$\frac{\partial \chi}{\partial \widehat{t}} + \frac{\partial \chi}{\partial \widehat{S}} \cdot \widehat{\mu} + \frac{\partial \chi}{\partial \widehat{\mu}} \cdot \frac{d\widehat{\mu}}{\partial \widehat{t}} = 0$,	$\frac{\partial \chi}{\partial \widehat{t}} + \frac{\partial \chi}{\partial \widehat{\mu}} \cdot \frac{d\widehat{\mu}}{\partial \widehat{t}} = 0$

Введем обозначения $K_v = \left[\dfrac{1}{\left\langle \lambda_{оборуд} \right\rangle} \right] \cdot \dfrac{1}{\xi}$, $\quad P_m = \dfrac{\xi}{\tau \cdot \eta}$, (10)

с учетом которых кинетическое уравнение производственно-технической системы (7) примет вид

$$K_v \cdot \left[P_m \cdot \frac{\partial \chi}{\partial \widehat{t}} + \frac{\partial \chi}{\partial \widehat{S}} \cdot \widehat{\mu} + P_m \cdot \frac{\partial \chi}{\partial \widehat{\mu}} \cdot \frac{d\widehat{\mu}}{\partial \widehat{t}} \right] = \left\{ \int_0^\infty \left[\psi[\widehat{\mu}] \cdot \widehat{\widetilde{\mu}} \cdot \chi \right] \cdot d\widehat{\widetilde{\mu}} - \widehat{\mu} \cdot \chi \right\}. \tag{11}$$

В предельных случаях вид кинетического уравнения производственной системы (11) представлен в таблице №1.

Нулевой $[\chi]_0$ и первый $[\chi]_1$ моменты функции распределения имеют производственную интерпретацию: заделы базовых продуктов и их темп движения вдоль технологической цепочки. Умножив уравнение (7) на μ^k, $k = 0,1,2\ldots$ и проинтегрировав по всему диапазону, получим незамкнутые уравнения балансов производственно-технической системы [2]:

$$\frac{\partial[\chi]_0}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_1}{\partial S}=\int_0^\infty \lambda_{оборуд}\cdot\left\{\int_0^\infty[\psi[\tilde{\mu}\to\mu]\cdot\tilde{\mu}\cdot\chi(t,S,\tilde{\mu})]\cdot d\tilde{\mu}-\mu\cdot\chi\right\}d\mu,\quad k=1,2....$$

$$\frac{\partial[\chi]_k}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_{k+1}}{\partial S}=k\cdot f\cdot[\chi]_{k-1}+\int_0^\infty \mu^k\cdot\lambda_{оборуд}\cdot\left\{\int_0^\infty[\psi[\tilde{\mu}\to\mu]\cdot\tilde{\mu}\cdot\chi(t,S,\tilde{\mu})]\cdot d\tilde{\mu}-\mu\cdot\chi\right\}d\mu,$$

$$\int_0^\infty \chi\, d\mu=[\chi]_0,\qquad \int_0^\infty \mu^k\cdot\chi\, d\mu=[\chi]_k. \tag{12}$$

Возможность получить замкнутую систему уравнений основана на свойствах функции $\psi(\mu)$ и наличии безразмерных чисел Kv, Pm [7], характеризующих производственно-техническую систему. В зависимости от значений безразмерных чисел Kv и Pm, балансовые уравнения технологического процесса производственно-технической системы принимают вид, представленный в таблице №2.

Таблица 2. Вид балансовых уравнений макропараметров технологического производственно-технической системы в нулевом приближении по малому параметру

	$P_m\to 0$ $\varepsilon\approx P_m$	$P_m\to 1$	$P_m\to\infty$ $\varepsilon\approx 1/P_m$ $\varepsilon(K_v,P_m)\to 0$
$K_v\to 0$ $\varepsilon\approx K_v$	$\frac{\partial[\chi]_1}{\partial S}=0,$ $\frac{\partial[\chi]_2}{\partial S}=0,$ $\frac{\partial[\chi]_3}{\partial S}=0$	$\frac{\partial[\chi]_0}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_1}{\partial S}=0,$ $\frac{\partial[\chi]_1}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_2}{\partial S}=f(t,S)\cdot[\chi]_0,$ $\frac{\partial[\chi]_2}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_3}{\partial S}=f(t,S)\cdot[\chi]_1$	$\frac{\partial[\chi]_0}{\partial t}=0,$ $\frac{\partial[\chi]_1}{\partial t}=f(t,S)\cdot[\chi]_0,$ $\frac{1}{2}\cdot\frac{\partial[\chi]_2}{\partial t}=f(t,S)\cdot[\chi]_1$
	$\hat{J}(\chi,\chi)=0 \;\Rightarrow\; \{\psi[\tilde{\mu}\to\mu]\cdot[\chi]_1-\mu\cdot\chi\}=0$		
$K_v\to 1$	$\frac{\partial[\chi]_1}{\partial S}=\int_0^\infty d\mu\cdot J,$ $\frac{\partial[\chi]_2}{\partial S}=\int_0^\infty d\mu\cdot\mu\cdot J,$ $\frac{\partial[\chi]_3}{\partial S}=\int_0^\infty d\mu\cdot\mu^2\cdot J$	$\frac{\partial[\chi]_0}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_1}{\partial S}=\int_0^\infty d\mu\cdot J,$ $\frac{\partial[\chi]_1}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_2}{\partial S}=f(t,S)\cdot[\chi]_0+$ $\int_0^\infty d\mu\cdot\mu\cdot J,$ $\frac{\partial[\chi]_2}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_3}{\partial S}=2f(t,S)[\chi]_1$ $+\int_0^\infty d\mu\cdot\mu^2\cdot J$	$\frac{\partial[\chi]_0}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_1}{\partial S}=\int_0^\infty d\mu\cdot J,$ $\frac{\partial[\chi]_1}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_2}{\partial S}=\int_0^\infty d\mu\cdot\mu\cdot J,$ $\frac{\partial[\chi]_2}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_3}{\partial S}=\int_0^\infty d\mu\cdot\mu^2\cdot J$
$K_v\to\infty$ $\varepsilon\approx 1/K_v$	$\frac{\partial[\chi]_1}{\partial S}=0,$ $\frac{\partial[\chi]_2}{\partial S}=0,$ $\frac{\partial[\chi]_3}{\partial S}=0$	$\frac{\partial[\chi]_0}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_1}{\partial S}=0,$ $\frac{\partial[\chi]_1}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_2}{\partial S}=$ $=f(t,S)\cdot[\chi]_0,$ $\frac{1}{2}\cdot\frac{\partial[\chi]_2}{\partial t}+\frac{1}{2}\cdot\frac{\partial[\chi]_3}{\partial S}=$ $=f(t,S)\cdot[\chi]_1$	$\frac{\partial[\chi]_0}{\partial t}=0,$ $\frac{\partial[\chi]_1}{\partial t}=f(t,S)\cdot[\chi]_0,$ $\frac{1}{2}\cdot\frac{\partial[\chi]_2}{\partial t}=f(t,S)\cdot[\chi]_1$
	Функция распределения базовых продуктов по скоростям изменения затрат $\chi(t,S,\mu)$ в нулевом приближении по $\varepsilon(K_v,P_m)\to 0$ не зависит от функции $\psi[\tilde{\mu}\to\mu]$, описывающей работу технологического оборудования		

Вид уравнения балансов технологического процесса определяется микроскопическим описанием производственно-технической системы, расстановкой технологического оборудования и процессом воздействия технологического оборудования на базовый продукт.

3. Нерешенные проблемы и цели работы. В настоящее время существует большое количество работ, посвященных моделированию производственно-технических и социально-экономических систем с применением уравнений системной динамики. Однако, почти не встречаются работы по методике построения уравнений системной динамики, адекватно отражающих рассматриваемый динамический производственно-технический или социально-экономический процесс. Так, например, при описании производственно-технической системы используются балансовые уравнения, не учитывающие особенности технологической обработки предмета труда на микроуровне, представляющие собой воздействие технологического оборудования на базовый продукт. Между макропараметрами производственно-технической системы записывают связи, в основе которых лежат накопленные статистические данные [1;2;3]. Эти данные, как правило, не учитывают динамику развития внешней и внутренней среды производственного предприятия, особенности его технологического процесса, взаимосвязи между элементами системы и элементами внешней среды. Особенно актуальным является вопрос описания производственно-технических систем, которые не обладают накопленной статистикой, в которых уравнения состояния записываются из эмпирических соображений. В святи с этим возникает еще вопрос о соответствии используемых уравнений изучаемым производственным и экономическим явлениям. Вопросу построения уравнений системной динамики технологического процесса производственно-технической системы и посвящена настоящая работа. Авторами предпринята попытка, используя данные о технологическом процессе, количестве, расстановке технологического оборудования и его параметрах, получить уравнения системной динамики для макропараметров технологического процесса.

4. Построение уравнений системной динамики для технологического процесса из уравнений статистической теории производственно-технических систем.

Рассмотрим принцип построения уравнений системной динамики для производственно-технической системы с характерными числами технологического процесса (10) :

$$K_\nu = \left[\frac{1}{\left\langle \lambda_{оборуд} \right\rangle}\right] \cdot \frac{1}{\xi} \to 0, \qquad P_m = \frac{\xi}{\tau \cdot \eta} \to 1, \tag{13}$$

Характерным числам (13) соответствует технологический процесс с большой плотностью расположения технологического оборудования $\lambda_{оборуд} >> 1$ вдоль технологической цепочки в единичном интервале фазового пространства (или, что аналогично большому количеству технологических операций в процессе производства базового продукта), когда среднее приращение затрат на технологической операции $\frac{1}{\left\langle \lambda_{оборуд} \right\rangle}$ много меньше себестоимости производства базового продукта ξ

$$\frac{1}{\left\langle \lambda_{оборуд} \right\rangle} << \xi . \tag{14}$$

Для описания производственно-технической системы будем использовать двухмоментную систему балансовых уравнений [4]

$$\int\limits_0^\infty \left(\left[\psi[\tilde{\mu} \to \mu] \cdot \tilde{\mu} \cdot \chi(t,S,\tilde{\mu}) \right] \cdot d\tilde{\mu} - \mu \cdot \chi \right) d\mu = 0, \quad \int\limits_0^\infty \chi \; d\mu = [\chi]_0, \quad \int\limits_0^\infty \mu \cdot \chi \; d\mu = [\chi]_1,$$

$$\frac{\partial [\chi]_0}{\partial t} + \frac{\partial [\chi]_1}{\partial S} = 0, \qquad \frac{\partial [\chi]_1}{\partial t} + \frac{\partial [\chi]_2}{\partial S} = f \cdot [\chi]_0 . \tag{15}$$

Если в ходе технологической обработки базового продукта его конечное состояние не зависит от начального, то

$$\int_0^\infty ([\psi[\tilde{\mu}\to\mu]\cdot\tilde{\mu}\cdot\chi(t,S,\tilde{\mu})]\cdot d\tilde{\mu}-\mu\cdot\chi)d\mu=\{\psi[\tilde{\mu}\to\mu]\cdot[\chi]_1-\mu\cdot\chi\} \qquad (16)$$

$$\int_0^\infty \mu^2\cdot\chi\, d\mu=[\chi]_2, \qquad \chi=\frac{\psi[\tilde{\mu}\to\mu]\cdot[\chi]_1}{\mu}, \qquad (17)$$

$$\frac{d\{\chi\}_{0,m}(t)}{dt}=\{\chi\}_{1\_in,m}(t)-\{\chi\}_{1\_out,m}(t),$$

где $\int_0^\infty \psi\cdot\mu\cdot d\mu=[\chi]_{1\psi}$ - производительность технологического оборудования.

и система уравнений (15) принимает более простой вид

$$\frac{\partial[\chi]_0}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_1}{\partial S}=0, \quad \frac{\partial[\chi]_1}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_2}{\partial S}=f\cdot[\chi]_0, \qquad [\chi]_2=\frac{[\chi]_{1\psi}[\chi]_1}{[\chi]_0} \qquad (18)$$

Система балансовых уравнений (18) является замкнутой. Проинтегрируем первое уравнение в частных производных (18) в фазовом технологическом пространстве (t,S,μ) в пределах m -ой технологической операции $\Delta S_m=S_m-S_{m-1}$

$$\frac{d\{\chi\}_{0,m}(t)}{dt}=\{\chi\}_{1\_in,m}(t)-\{\chi\}_{1\_out,m}(t) \qquad (19)$$

$$\int_0^{\Delta S_m}[\chi]_0 dS=\{\chi\}_0 \qquad (20)$$

В пределах одной технологической операции инженерно-производственная функция не зависит от. Следовательно,

$f\cdot[\chi]_0=f\cdot\dfrac{\partial\{\chi\}_0}{\partial S}=\dfrac{\partial(f\cdot\{\chi\}_0)}{\partial S}$ и второе балансовое уравнение (18) примет вид

$$\frac{\partial[\chi]_1}{\partial t}+\frac{\partial([\chi]_2-f\cdot\{\chi\}_0)}{\partial S}=0, \qquad [\chi]_2=\frac{[\chi]_{1\psi}[\chi]_1}{[\chi]_0}. \qquad (21)$$

Положив $\dfrac{\partial[\chi]_1}{\partial t}=0$ и $[\chi]_{1\psi}\to[\chi]_1$, получим

$$\frac{d\{\chi\}_{0,m}(t)}{dt}=\{\chi\}_{1\_in,m}(t)-\{\chi\}_{1\_out,m}(t), \qquad (22)$$

$$\{\chi\}_{1\_out,m}(t)\approx\frac{\{\chi\}_{0,m}(t)}{T_m}, \qquad T_m\approx\sqrt{\frac{\Delta S_m}{f(S)}}, \qquad (23)$$

$$\{\chi\}_{1\_in,m}(t)=[\chi]_1(t,S_{m-1}), \qquad \{\chi\}_{1\_out,m}(t)=[\chi]_1(t,S_m). \qquad (24)$$

Получена система уравнений системной динамики (2)-(5) в предположениях стационарности темпа с постоянной запаздывания вида (23).

Выводы. Используя взаимосвязь микро и макроописания производственно-технической системы, получена система уравнений системной динамики для технологического процесса производственно-технической системы [2]. Показано, что уравнения системной динамики для сети материалов являются следствием статистического подхода описания производственно-технических систем.

Ценность результатов настоящей работы в том, что они не только совпадают с известными результатами [2,с.65], но и определяют условия их применимости. Следует указать, что широко используемые уравнения системной динамики (2-5) соответствуют, как показано в статье, состоянию производственно-технической системы, характеризуемое значениями безразмерных параметров (10): $K_v \to 0, \quad P_m \to 1$. Однако, в статье в таблице №2 приведена система уравнений, описывающая другие состояния производственно-технической системы, определяемые иными значениями этих параметров. Это дает возможность для таких систем, используя предложенную методику, получить уравнения системной динамики, отличные от рассмотренные.

Литература:

1. Плотников Ю.М. Теоретические и эмпирические модели социальных процессов/ Ю.М. Плотников. – М.: Логос, 1998г. – 291 с.

2. Форрестер Д. Основы кибернетики предприятия/Д. Форрестер. – М.: Прогресс, 1961. – 341 с.

3. Шкурба В.В. Планирование дискретного производства в условиях АСУ/ В.В. Шкурба и др. – К.: Техника, 1975. – 296 с.

4. Пигнастый О.М. Статистическая теория производственных систем/ О.М. Пигнастый. – Х.: ХНУ, 2007г. – 388 с.

5. Занг З.В.-Б. Синергетическая экономика/З.В.-Б. . Занг. – М.: Мир, 1999г. . – 335с.

6. Летенко В.А., Родионов Б.Н. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием/ В.А. Летенко, Б.Н. Родионов. – М.: Высшая школа, 1979. – Ч.2: Внутризаводское планирование. – 232 с.

7. Пигнастый О.М. Характерные числа в моделях описания производственных систем/ О.М. Пигнастый// Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. –Харьков: НАКУ «ХАИ», 2006. – Вып.31. – С.242–252.

8. Михайленко В.Г Особенности моделирования технологических процессов производственных систем/ В.Г. Михайленко, Н.П. Дидиченко, А.А. Дубровин [и др.]// Вестник Харьковского национального университета имени В.Н.Каразина. Серия :Экономическая. – 2006. – Выпуск 719. – С.267–276.

9. Пигнастый О.М. Функция Лагранжа производственной системы с массовым выпуском продукции/О.М. Пигнастый, В.Д Ходусов[и др.] //Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Особенности социально-экономического развития Украины и регионов». – Запорожье, 11-12 октября 2007. – С.189–190.

10. Михайленко В. Г. Стохастическое описание производственных систем/ В. Г. Михайленко, А. А. Дубровин, О.М. Пигнастый // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Развитие высшего и преддипломного образования в сфере страхования и актуарных наук». – Харьков, 2006. – С.150–151.

Анотація

ВИВОД РІВНЯНЬ СИСТЕМНОЇ ДИНАМІКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ІЗ СТАТИСТИЧНОЇ ТЕОРІЇ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Пігнастий О. М., к.т.н.,

НВФ Технологія, м. Харків

Ходусов В. Д., д.ф.-м.н., професор, Меркулова Т. В., д.е.н., професор

Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна

Для технологічного процесу підприємства запропонована методика побудови рівнянь системної динаміки з використанням статистичного опису виробничо-технічних систем. Показано, що рівняння системної динаміки є окремим випадком системи балансових рівнянь в статистичному описі виробничо-технічних систем.

Ключові слова: синергетика, базовий продукт, мікроскопічний опис, функція розподілу, інженерно-виробнича функція.

Summary

RECEPTION OF THE EQUATIONS OF SYSTEM DYNAMICS OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF THE STATISTICAL THEORY OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Pignasty O.M., candidate of technical science research-and-production firm Technology, Kharkiv.

Khodusov V.D., full professor Merkulova T.V., professor of economics,

V.N. Karazin Kharkiv National University

With use of the statistical description of technological systems the technique of construction of the equations of system dynamics for technological process of the enterprise is offered. It is hown that the equations of system dynamics are a special case of system of the balance equationsin the statistical description of technological systems.

Key words: synergetics, base product, microscopic description, distribution function, engineering-production function, generating function, balances equation.

УДК 332.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

Раевнева Е.В., д.э.н., доцент

Харьковский национальный экономический университет

Статья посвящена разработке модели определения точек возникновения кризиса в цикле развития региона. Регион рассматривается как многомерная система, которая состоит из совокупности сфер его жизнедеятельности. Разработанная модель, основанная на спектральном анализе, позволяет диагностировать моменты возникновения точек локальных кризисов, то есть кризисов отдельных сфер жизнедеятельности региона и определять точки возникновения глобальных кризисов, которые отражают моменты возникновения системного кризиса регионального развития.

Ключевые слова: регион, жизнедеятельности региона, развитие, модель, диагностика, прогнозирование, точка возникновения кризиса.

Последние десятилетия ситуация в Украине характеризуется системным кризисом, который развивается во всех структурных элементах экономики, в том числе и в регионах. Анализ

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Вісник
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

Економічна серія

№ 869

Українською та російською мовами

Відповідальний за випуск В.О. Хомин

10.11.2009. Формат 84x108/16. Папір офсетний. Друк офсетний.
Умовно-друк. арк. 23,78. Обл.-вид. арк. 26,82. Наклад 300 прим. Ціна договірна.
61077, м. Харків, пл. Свободи, 4.
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна.
Видавничий центр.