

УДК 338.5:658

СИСТЕМНАЯ ДИНАМИКА ФИНАНСОВЫХ ПОТОКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА И МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕСА

© 2009 г. А. Д. Руденко

**Южно-Российский государственный технический университет
(Новочеркасский политехнический институт)**

Предложена схема системных связей между уровнями, формирующих чистый финансовый поток производственного комплекса (ПК), определены структурные и динамические характеристики процессов в ПК, представлена диаграмма связей выделенных процессов и темпов динамики в системной модели ПК, представлена модель оптимизации динамики финансовых потоков.

Ключевые слова: производственный комплекс; модель системной динамики, уровень; темп; финансовый поток; оптимизация.

A scheme of system links between levels, which shape production complex's (PC) financial flow, is presented in the article. Structural and dynamic parameters of processes inside PC are also determined. A diagram of links between selected processes and dynamics rate in PC system model is shown, a model of financial flows' dynamics optimization is also presented.

Key words: production complex; model of system dynamics; rate; financial flow; optimization.

Основываясь на том факте, что машиностроительное предприятие – сложная динамическая система необходимо применять инструментарий, обладающий необходимыми средствами для описания динамики сложных структур. Разрабатываемая системная модель должна позволять решать несколько задач и поэтому должна обладать следующими характеристиками:

1. Использовать терминологию экономики производства и финансов предприятия;
2. Иметь возможность отражать причинно-следственные связи, которые требуется учесть в целях анализа, включая показатели эффективности бизнеса;
3. Иметь простую математическую форму;
4. Обладать прикладным аспектом (применимостью на практике).

Такой аппарат анализа можно найти в работах Д. Форрестера [1; 2; 5]. Его подход,

используемый для динамических систем, включает построение:

- *структурно-функциональной модели* (условный образ объекта или некоторой системы, описанный с помощью взаимосвязанных таблиц данных, блок-схем, диаграмм, графиков, и т. д., и отображающий структуру и взаимосвязи между элементами объекта);
- *имитационной модели* (программа или программный комплекс, позволяющий с помощью последовательности вычислений и графического отображения их результатов воспроизводить (имитировать) процессы функционирования объекта при условии воздействия на него различных факторов, включая случайные).

Для моделирования поведения системы необходимо различать иерархические ступени ее структуры:

- внешняя граница замкнутой системы;
- цепи обратной связи как основные

структурные элементы внутри границы системы;

- переменные, называемые уровнями, которые представляют накопления в цепях обратной связи;
- переменные, называемые темпами, которые отражают активность в цепях обратной связи.

Чтобы построить имитационную модель системы, в первую очередь необходимо выявить компоненты, чье взаимодействие определяет те стороны поведения системы, которые должны быть исследованы. Для каждого конкретного случая выбор ограничивается компонентами, лежащими внутри динамической границы, соответствующей данному случаю. Динамическое поведение систем генерируется цепями обратной связи. Цепи обратной связи являются теми основными ячейками, из которых построены системы.

Согласно Д. Форрестеру, экономический процесс, разворачивающийся во времени (временной параметр t) и характеризующийся одной фазовой переменной X , можно описать обыкновенным дифференциальным уравнением вида

$$\dot{X} = f(X, t).$$

Если задать начальное состояние этого процесса ($X(t_0)=X_0$) и решить для указанного уравнения задачу Коши, то получим формулу конкретной реализации процесса ($y=X(t)$) на временном интервале $t \in [t_0, t_1]$. Иначе, это задача прогнозирования хода процесса. Если же мы захотим управлять этим процессом (за счет дополнительной переменной u), то в уравнении должно найти отражение влияние управления на изменение фазовой переменной

$$\dot{X} = f(X, t, u).$$

В этом случае каждому управлению будет соответствовать своя траектория процесса $X(t, u)$. Если при этом известен критерий качества управления, то из множества допустимых управлений можно выбрать то управление $u^*(t)$, при котором показатель качества управления будет наилучшим.

Если рассматривается процесс функционирования более сложной системы, то механизм такого системного процесса можно

представить в виде упорядоченного взаимодействия конечного числа частных процессов и по аналогии описать его системой дифференциальных уравнений.

Метод системной динамики включает в себя несколько универсальных приемов, позволяющих «настроить» имитационную модель на решение конкретной задачи, в рамках которой выполняется:

1. Обоснованная конкретной целью агрегация основных процессов, в результате которой получается реализуемая по размерности модель системного процесса, адекватно отображающая механизм достижения системной цели;

2. Естественная, оправданная реальным содержанием процессов, декомпозиция уравнений движения, позволяющая упростить описание механизмов изменения фазовых координат процессов;

3. Оптимальная структуризация системного процесса, позволяющая выделить и алгоритмически описать наиболее существенные последовательные, параллельные и обратные связи между частными процессами.

Следствием агрегирования процессов по времени является то, что в модели системной динамики состояние системного процесса рассматривается в дискретные моменты времени, а динамику его имитируют так, чтобы она оказалась близкой к закону движения, описываемого системой разностных уравнений

$$\Delta X(t+1) = F_i(X(t), t, u(t)), i=1, \dots, m. \quad (1)$$

Такая система и является структурной основой, на базе которой строятся модели системной динамики с использованием упрощающих приемов 1-3.

Формально-содержательный анализ зависимостей F_i в (1) позволяет для каждого i -го процесса выделить только те фазовые переменные и те управления, которые непосредственно и существенно влияют на вариации i -й фазовой переменной. При этом по возможности стремятся к линейной аппроксимации этих зависимостей. В частности, отдельно выделяют положительные и отрицательные приращения фазовых координат, в связи с чем уровни факторов (соответствующие фазовые переменные), влияющие

на темпы частного процесса (на приращение фазовой переменной), группируются по характеру «вклада» в приращение.

Важным этапом конкретизации модели (1) является построение схемы реальных причинно-следственных связей между частными процессами в одном временном цикле. При этом большую роль играет выделение контуров обратной (положительной и отрицательной) связи для каждой переменной, когда приращение ее определяется уровнем этой переменной в предыдущий момент. В схеме связей предусматривается такой временной интервал, который необходим, чтобы изменение уровней вызывало изменение темпов. Такой учет задержки (или запаздывания) параметризует инерцию промежуточных звеньев системы, благодаря чему избегают чрезмерного усложнения зависимостей.

Описать в управленческих терминах все черты всех процессов, происходящих в рамках рассматриваемой экономической системы МПК, довольно сложно [3, с. 9-10], поэтому одна из основных задач, решаемых с использованием метода Форрестера, сбалансировать по входам и выходам производственные процессы и выбрать направление развития, обеспечивающее достижение стратегических целей. Некоторые управления не выносятся на уровень рассмотрения. Каждый отдельный производственный процесс на экономическом уровне оценивается как неуправляемый, но остается возможность повторять процессы во времени. В результате таких приемов достигается уменьшение размерности задачи на экономическом уровне.

Применяя описанную выше методологию и приемы Д. Форрестера к системе МПК, согласно имеющимся причинно-следственным связям, получим диаграмму функционирования МПК как сложной динамической системы, представленную на рис. 1. На диаграмме представлены основные цепи обратной связи между протекающими в МПК процессами. Каждая из цепей связи описывается переменными двух видов – темпом и уровнем. На рисунке красными прямоугольниками обозначены уровни системной модели МПК, значения которых определяются на основе темпов потоков, входящих

и исходящих из каждого уровня (т. е. уровни представляют собой значения переменных, которые аккумулируются вследствие разности между входящими и исходящими потоками). Основные темпы представлены в виде клапанов. Пунктирными линиями показаны управляющие воздействия.

Уровни – те компоненты, из которых образуется чистый финансовый поток. Таким образом, уровнями являются наиболее значимые и влиятельные (в смысле воздействия на конечный финансовый результат) блоки. *Темпами* являются величины финансовых потоков между уровнями, и которые могут изменяться в зависимости от имеющейся информации об уровнях.

Значения уровней системы определяются дифференциальными уравнениями, которые в нашей работе были заменены разностными:

– уровень «Прибыль до налогообложения» (*EBITDA*):

$$\frac{dEBITDA}{dt} \approx \frac{\Delta EBITDA}{\Delta t} =$$

$$= TB_t^+ - TC_t^- - TKp_t^- - TY_t^-,$$

где TB_t^+ – темп поступления выручки от реализации,

TC_t^- – темп формирования производственных затрат,

TKp_t^- – темп коммерческих расходов,

TY_t^- – темп управленческих (административно-хозяйственных) расходов.

– уровень «Оборотный капитал» (*WC*):

$$\frac{dWC}{dt} \approx \frac{\Delta WC}{\Delta t} = TДЗ_t^+ + TЗC_t^+ + TЗП_t^+ - TKЗ_t^-,$$

где $TДЗ_t^+$ – темп дебиторской задолженности,

$TЗC_t^+$ – темп накопления запасов сырья и материалов,

$TЗП_t^+$ – темп накопления запасов готовой продукции,

$TKЗ_t^-$ – темп кредиторской задолженности,

– уровень «Займы и кредиты» (*ZK*):

$$\frac{dZK}{dt} \approx \frac{\Delta ZK}{\Delta t} = TZK_t$$

где TZK_t – темп займов и кредитов

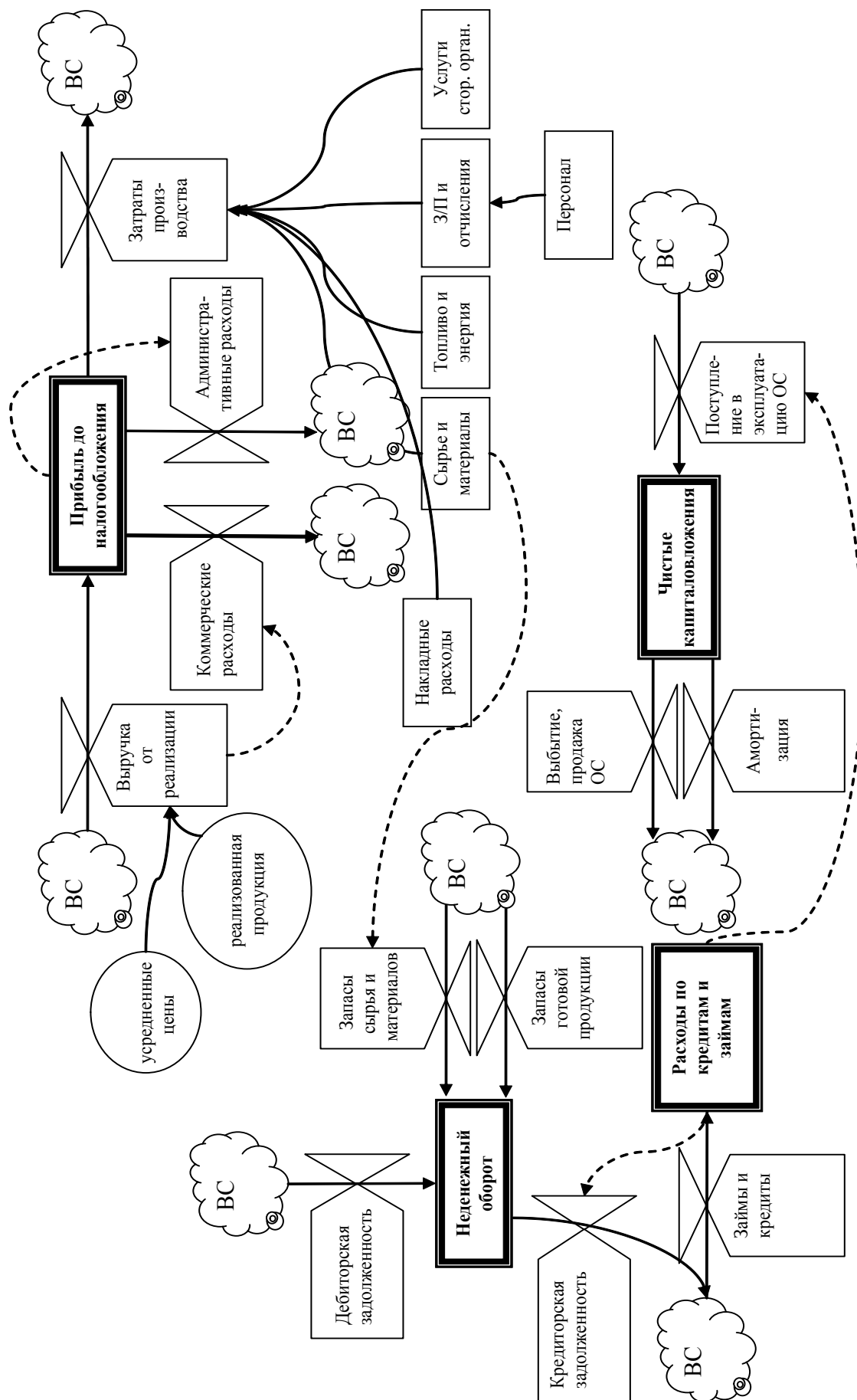


Рис. 1. Схема системных связей между уровнями, формирующих чистый финансовый поток МПК

– уровень «Чистые капиталовложения» (К)

$$\frac{dK}{dt} \approx \frac{\Delta K}{\Delta t} = TOCn_t^+ - TOCv_t^- - TA_t,$$

где $TOCn_t^+$ – темп поступления в эксплуатацию основных средств,

$TOCv_t^-$ – темп выбытия, продажи основных средств,

TA_t – темп амортизации.

Каждый уровень системы, в свою очередь, можно описать процессом. Структур-

ные и динамические характеристики процессов каждого из уровней даны в таблице 1. Входными данными в системной модели МПК служат числовые значения параметров, коэффициентов, которые описывают начальное состояние системы. На выходе модели мы оцениваем результат эффективность бизнеса производственного комплекса путем расчета чистого дисконтированного финансового потока с учетом следующих управлений:

Таблица 1

Структурные и динамические характеристики процессов в МПК

Содержание процесса	Фазовая переменная	Факторы, влияющие на приращение переменной		Ситуация, оцениваемая коэффициентом	Управляемость процесса
		Δ^+	Δ^-		
1	2	3	4	5	6
Прибыль до налогообложения	EBITDA	Увеличение выручки от реализации	Темп себестоимости продукции, уровень коммерческих и управленческих расходов	Чем больше прибыль до налогообложения, тем больше будет финансовый поток за определенный промежуток времени	Увеличение заказов, сокращение себестоимости продукции
Чистые капиталовложения в производственные фонды	К	Поступление в эксплуатацию новых основных средств	Выбытие, продажа основных средств, уровень амортизации	Увеличение объема чистых инвестиций отрицательно влияет на финансовый поток	Выделение средств на обновление и ремонт производственных фондов
Расходы по кредитам и займам	ZK	Получение новых кредитов и займов	Выплата кредитов, займов	Структура по видам кредитов, финансовым операциям	Финансовое управление
Неденежный оборотный капитал	WC	Увеличение дебиторской задолженности, запасов сырья и материалов, готовой продукции	Сокращение кредиторской задолженности	Структура и объем оборотного капитала	Сокращение неденежного оборотного капитала вызывает рост финансового потока

- увеличение расходов на НИОКР и сервисное обслуживание (программа «повышение качества выпускаемой продукции», ориентируется на увеличение спроса на продукцию);
- увеличение расходов на инвестиционную деятельность (программа «обновления производственных фондов», рассчитана на ускорение оборачиваемости средств);
- повышение коэффициента эффективности инвестиций (программа «Увеличение стоимости бизнеса», определяет интересы собственников (участников) на этапе продажи бизнеса или его доли.

1. Одним из основных является блок прибыли до налогообложения.

$$EBITDA_t = EBITDA_{t-1} +$$

$$+ \Delta t \cdot (TB_t^+ - TC_t^- - TKp_t^- - TY_t^-),$$

где Δt – временной коэффициент;

Символами t и $(t - 1)$ обозначены, соответственно, настоящий и прошлый периоды времени

2. Уровень «Оборотный капитал» (WC):

$$WC_t = WC_{t-1} +$$

$$+ \Delta t \cdot (TДЗ_t^+ + ТЗС_t^+ + ТЗГП_t^+ - ТКЗ_t^-);$$

3. Уровень «Займы и кредиты» (ZK):

$$ZK_t = ZK_t + \Delta t \cdot TZK_t;$$

$Pr_t = q \cdot ZK_t$, где q – средневзвешенная ставка процентов по кредитам и займам

4. Уровень «Чистые капиталовложения» (K):

$$K_t = K_t + \Delta t \cdot (TOCn_t^+ - TOCn_t^- - TA_t),$$

$FCF_t = EBITDA_t (1 - tax) - K_t - \Delta WC_t - pr_t$,
 FCF – чистый финансовый поток, доступный компании в период t .

Стоимость компании = Чистые дисконтированные финансовые потоки

$$= \sum_{t=1}^T \frac{FCF_t}{(1+r)^t},$$

где T – период, за который существуют прогнозные или фактические значения финансовых потоков;

r – ставка дисконтирования с учетом риска или стоимости капитала;

Ставка дисконтирования используется для оценки эффективности вложений.

С учетом выбора соответствующей стратегии развития компании по построенной системной модели финансовых потоков можно рассчитать приращение стоимости бизнеса за прогнозируемый период.

Литература:

1. Форрестер Дж. Динамика развития города. – М.: Прогресс, 1974.
2. Форрестер Дж. Мировая динамика. – М.: Наука, 1978.
3. Иванов Ю. Н., Токарев В. В., Уздемир А. П. Математическое описание элементов экономики. – М.: Физматлит, 1994.
4. Ширяев В. И., Баев И. А., Ширяев Е. В. Экономико-математическое моделирование управления фирмой. – М.: Наука, 2006.
5. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика). – М.: Прогресс, 1971.



Андрей Дмитриевич Руденко – коммерческий директор ООО «ЮгЭнергоРесурс». Автор работ по проблеме оценки стоимости фирмы, системного представления структуры производственного комплекса, моделирования финансовых потоков компании, критериев эффективности бизнеса. Соискатель кафедры «Прикладная математика» ЮРГТУ (НПИ), научный руководитель – д.э.н., профессор С. В. Арженовский; научный консультант – докторант, к.э.н П. И. Канивец.

Andrey Dmitriyevich Rudenko – commercial manager of limited liability company «YugEnergoResurs». Author of numerous works, devoted to problems of firm's cost valuation, production complex structure's system presentation, modeling of company's financial flows, business' effectiveness criteria. Applicant of SRSTU (NPI) «Applied Mathematics» department, research supervisor – Ph.D., doctor of economics, professor S.V. Arzhenovskiy, research aide – competitor for doctor's degree, Ph.D., candidate of economics P. I. Kanivets.

346428, г. Новочеркасск, ул. Первомайская, 107-А
107-A Pervomayskaya st., Novocherkassk, Rostov reg., Russia
Тел.: (8635) 22-80-69, e-mail: rad80@inbox.ru
