

ПРЕДПОСЫЛКИ К ПРИМЕНЕНИЮ КЛАССИЧЕСКОГО АППАРАТА ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ERP-СИСТЕМ

А.В. Сергеев

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: sergeev-av@samaraenergo.ru

Излагаются основные положения идеи разработки новой концепции построения автоматизированных систем управления ресурсами предприятий (т. н. ERP-систем), отличительной особенностью которой от существующих является применение классического аппарата теории автоматического управления для анализа и синтеза моделей, критериев и алгоритмов управления финансово-хозяйственной деятельностью предприятий. Приведен пример построения модели предприятия в пространстве состояний на основе принципов бухгалтерского учета движения материальных и финансовых потоков компании.

Ключевые слова: *теория автоматического управления, ERP-система, бухгалтерский баланс, балансовые уравнения материальных и финансовых потоков, модель в параметрах состояния, цель управления, финансовая устойчивость, концепция построения ERP-систем.*

Как известно, в середине XX в. благодаря трудам американского математика, одного из отцов-основателей кибернетики Н. Винера была выявлена принципиальная возможность единого методологического подхода к анализу и синтезу систем управления объектами и процессами, существенно отличающимися друг от друга по природе своего происхождения. Установленное Винером подобие процессов управления и связи в машинах, живых организмах и обществах указывало на перспективы плодотворного обмена идеями в данном направлении между различными областями науки и техники, ранее не имевшими точек соприкосновения.

Работы Винера послужили импульсом к развитию нового научного направления – общей теории управления, которая на данный момент всерьез претендует на роль одного из фундаментальных научных знаний об окружающей действительности. При этом, к сожалению, приходится отметить, что одной из особенностей развития ее прикладных разделов является явная диспропорция в объемах знаний, полученных относительно решения задач управления техническими объектами и объектами любой другой природы: биологическими, социально-экономическими, организационными и т. п.

Наличие существенного, на наш взгляд, разрыва по глубине и качеству полученных результатов имеет место даже в таких тесно связанных между собой классах задач управления, как автоматическое управление технологическими процессами и установками и автоматизированное управление производственными и бизнес-процессами предприятий.

Теория автоматического управления (ТАУ) представляет собой область научно-го знания, имеющего дедуктивную структуру и высокую степень формализации,

Антон Владимирович Сергеев (к.т.н.), доцент каф. автоматики и управления в технических системах.

единую методологическую базу и развитый математический аппарат. Полученные здесь результаты имеют строгое математическое обоснование и доведены до уровня инженерных методик, на базе которых построено большое количество систем автоматизированного проектирования систем автоматического управления.

Из теории автоматического управления выделился и бурно развивается ряд самостоятельных научно-прикладных направлений в области разработки систем управления техническими объектами (самонастраивающиеся и адаптивные системы управления, системы управления с распределенными параметрами, робастные системы управления, системы управления на базе нечеткой логики и др.).

При этом особо подчеркнем, что в рамках ТАУ не постулируется природа управляемых объектов и процессов, а значит, полученные ею результаты имеют универсальный характер и применимы в различных областях человеческой деятельности.

Тем не менее несмотря на все достижения в области управления техническими системами успехи в применении кибернетического подхода к разработке теоретических аспектов решения задач управления производственными и бизнес-процессами предприятий пока носят в основном локальный характер. Зачастую они сводятся лишь к общему, концептуальному, лишенному конкретного содержания представлению проблемы управления: выделяются объект управления, управляющее устройство или орган управления, указываются прямые и обратные связи между ними. При этом математическая постановка задачи управления в этих случаях, как правило, отсутствует. В этой области главным образом развиты задачи математического и имитационного моделирования динамики экономических систем и построения различного рода планов [1, 2]. В то же время здесь практически не уделяется внимания изучению проблем оперативного управления текущей деятельностью предприятий в режиме реального времени, с учетом воздействия на систему внешней среды.

На практике же решение задач оперативного управления деятельностью предприятия как совокупностью бизнес-процессов можно встретить в так называемых ERP-системах (ERP – Enterprise Resource Planning – Планирование ресурсов предприятия). В них предполагается наличие функций оперативного управления сложными многокомпонентными процессами, подверженными влиянию внешних факторов. Однако алгоритмические возможности построения такого управления здесь весьма ограничены и представлены набором подсказанных практикой рабочих процедур при высокой доле ручного вмешательства. Понятно, что такой подход к построению управления, строго говоря, не гарантирует его оптимальности.

Однако изучение практики построения ERP-систем указывает на один базовый принцип управления финансово-хозяйственной деятельностью предприятий, который может послужить отправной точкой к применению классической ТАУ при разработке систем автоматизации управления бизнес-процессами. Дело в том, что центральным звеном ERP-системы является система бухгалтерских счетов предприятия (в данном случае представленная набором таблиц соответствующего назначения в БД системы), на которых отражаются все финансово-хозяйственные операции и которые изменяются под воздействием внутренних и внешних материальных и финансовых потоков. При этом отражение изменений состояния счетов производится таким образом, чтобы все время соблюдалось равенство суммы финансовых и материальных (выраженных в денежном эквиваленте) ресурсов предприятия (активов) сумме источников, за счет которых они были приобретены или сформированы (пассивов). Это основной принцип бухгалтерского учета, на основе которого и формируется бухгалтерский баланс предприятия. Другими словами можно сказать, что в ос-

нове модели управления ERP-систем лежит бухгалтерский баланс и строго определенные алгоритмы его преобразования в результате деятельности предприятия. Одновременно с этим заметим, что одной из функций бухгалтерского баланса является отражение финансового состояния предприятия. Таким образом, переходя на язык математического моделирования, можно сказать, что изменение состояния предприятия в ERP-системах описывается системой балансовых уравнений, в которых роль переменных состояния играют значения статей бухгалтерского баланса. В этом представлении заключается аналогия с математическим описанием технических систем, модели динамики которых построены на основе балансовых уравнений, описывающих процессы преобразования энергии и материи в системе.

Проиллюстрируем приведенные выше соображения на простом примере построения математической модели финансово-хозяйственной деятельности некоторого коммерческого предприятия. В качестве такового рассмотрим предприятие розничной торговли (торговую компанию), основными статьями бухгалтерского баланса которого являются следующие: «Основные средства» (размер которых обозначим как BA_0), «Запасы» (BA_1) и «Денежные средства на счетах» (BA_2) – в разделе «Активы»; «Собственный капитал» (BP_1) и «Кредиторская задолженность поставщикам и подрядчикам» (BP_2) – в разделе «Пассивы». Изменение размера статей баланса происходит под действием следующих материально-финансовых потоков: поставка товаров для розничной продажи на предприятие от оптовых поставщиков или производителей (обозначим как D), отражающаяся в учете по мере поступления товара на склады или торговые площадки компании; расходы на приобретение товара (себестоимость приобретения товара E_1), относимые на финансовый результат деятельности компании в момент реализации товара розничным покупателям; прочие расходы (E_2), относимые на финансовый результат по мере их производства; оплата поставленного товара (OF_1); оплата прочих расходов (OF_2); поступление денежных средств от покупателей за приобретенный товар – выручка (IF_1).

С учетом введенных выше обозначений финансово-хозяйственную деятельность предприятия можно описать следующей системой уравнений:

$$BA_0[k+1] = BA_0[k]; \quad (1)$$

$$BA_1[k+1] = BA_1[k] + D[k] - E_1[k]; \quad (2)$$

$$BA_2[k+1] = BA_2[k] + IF_1[k] - OF_1[k] - OF_2[k]; \quad (3)$$

$$BP_1[k+1] = BP_1[k] + IF_1[k] - E_1[k] - E_2[k]; \quad (4)$$

$$BP_2[k+1] = BP_2[k] + D[k] + E_2[k] - OF_1[k] - OF_2[k], \quad (5)$$

где $k = 0, 1, \dots$ – дискретное множество моментов времени, в которые фиксируется состояние объекта. В качестве интервала между моментами k будем рассматривать одни сутки.

Первое уравнение системы (1) – (5) выражает допущение о неизменности балансовой стоимости основных средств предприятия. Т. е. здесь в дальнейшем мы будем исходить из условия, что предприятие регулярно обновляет свои основные фонды, строго компенсируя их износ. Данное допущение снижает общность представленной модели (хотя с определенной точностью и встречается на практике) и принято в целях упрощения дальнейшего изложения примера, поскольку в этом случае первое уравнение можно исключить из модели. Второе уравнение описывает изменение

уровня запасов на складах и торговых площадках компании. Величина запасов на каждом интервале равна своему значению на предыдущем интервале, увеличенному на сумму товаров, полученных от поставщиков, за вычетом реализованных в этом же периоде товаров розничным покупателям, списание которых с баланса предприятия осуществляется по себестоимости их приобретения. Размер суммы денежных средств, аккумулируемых на счетах компании, определяется третьим уравнением системы, согласно которому текущее значение данной статьи баланса равно предыдущему с учетом всех поступлений в предыдущем периоде, к которым в данной модели относится только выручка от продажи товаров, и оттоков, каковыми является оплата расходов компании. Четвертое уравнение определяет величину собственного капитала компании (средств, вложенных собственниками, и нераспределенной прибыли, полученной в результате работы компании), изменение которого в ту или иную сторону зависит от финансового результата деятельности предприятия (получение прибыли или убытка), рассчитываемого как разница между его выручкой и расходами. Последнее уравнение описывает динамику изменения уровня кредиторской задолженности компании перед поставщиками и подрядчиками, к увеличению которой приводят поставленные предприятию товары и оказанные ему услуги, а к сокращению – их оплата с его стороны.

Далее в модели необходимо отразить зависимости между различными потоками, если таковые имеют место в силу бизнес-логики моделируемых процессов. Так, в рассматриваемой здесь модели учтем зависимость между расходами на приобретение товаров и величиной выручки, получаемой в результате их реализации покупателям. Как правило, цена продажи товара равна себестоимости его приобретения, увеличенной на фиксированную торговую наценку, а отражение расходов на приобретение товаров, как уже отмечалось выше, осуществляется одновременно с учетом выручки при его продаже. Таким образом, выручка от продажи связана с расходами на приобретение товара следующим выражением:

$$IF_1[k] = m \cdot E_2[k], \quad (6)$$

где m – торговая наценка.

С учетом (6) и исключения из системы (1) – (5) первого уравнения математическую модель торговой компании можно записать в следующем виде:

$$\begin{aligned} x[k+1] &= A \cdot x[k] + B \cdot u[k] + G \cdot w[k]; \\ y[k] &= C \cdot x[k], \end{aligned} \quad (7)$$

где $x[k] = (BA_1[k] \ BA_2[k] \ BP_1[k] \ BP_2[k])^T$ – вектор переменных состояния;

$u[k] = (D[k] \ OF_1[k] \ OF_2[k])^T$ – вектор управляющих воздействий;

$w[k] = (E_1[k] \ E_2[k])^T$ – вектор возмущающих воздействий;

$y[k] = (BA_1[k] \ BA_2[k] \ BP_1[k] \ BP_2[k])^T$ – вектор выходных управляемых процессов;

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & -1 \end{pmatrix}, \quad G = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & m \\ -1 & m-1 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \text{ – матрицы}$$

параметров.

Таким образом, мы получили описание деятельности компании в пространстве состояний, которое широко применяется и при моделировании динамики экономических систем и производственных процессов, и при анализе и синтезе систем автоматического управления в теории автоматического управления [3].

Полученный результат указывает на целесообразность исследования вопроса о применении арсенала ТАУ для постановки и решения задачи управления в отношении всего предприятия в целом точно так же, как это делается в отношении отдельно взятого технологического процесса, установки или производственного процесса.

В этом случае в качестве цели управления можно установить достижение и поддержание заданной структуры баланса предприятия. Значимость данной цели определяется актуальностью задачи поддержания некоторой оптимальной (квазиоптимальной или рациональной) структуры баланса, соответствующей устойчивому финансовому состоянию предприятия и росту его стоимости (капитализации), что и является в конечном итоге главным признаком эффективного управления бизнесом.

Например, для предприятия из рассмотренного выше примера как объекта управления цель управления может быть сформулирована как перевод объекта из произвольного начального состояния x^0 , соответствующего неудовлетворительному финансовому состоянию предприятия, в заданное конечное состояние x^k , отвечающее критериям финансовой устойчивости или оптимальности структуры баланса.

С учетом интегрирующей роли бухгалтерского баланса в отражении результатов деятельности предприятия есть основания полагать, что модель последнего в форме пространства состояний, построенная на основе принципов бухгалтерского учета, может с успехом выступать в качестве ядра системы управления ресурсами компании. По мере необходимости сферу приложения данной системы можно постепенно расширять, добавляя к модели новые или детализируя описание уже отраженных в ней бизнес-процессов.

Совокупность рассматриваемых выше идей: математическое описание финансово-хозяйственной деятельности предприятия в пространстве состояний, построенное на базе принципов бухгалтерского учета; формулировка цели управления как достижения и поддержания заданной структуры баланса, соответствующей устойчивому финансовому состоянию предприятия; интеграция частных моделей управления отдельными бизнес-процессами вокруг единой центральной модели, обеспечивающей сбалансированное отражение результатов движения всех ресурсов предприятия; применение для анализа и синтеза алгоритмов управления предприятием аппарата ТАУ – создает предпосылки к разработке новой концепции построения ERP-систем, в которой роль методологической платформы будут играть методы классической теории автоматического управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Форрестер Дж.* Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика): Пер. с англ. / Под ред. Д.М. Гвишиани. – М.: Прогресс, 1971. – 340 с.
2. Методы оптимальных решений: Учеб. пособие для вузов. В 2 т. Т.1 / А.В. Соколов, В.В. Токарев. – М.: Физматлит, 2010. – 564 с.
3. *Первозванский А.А.* Курс теории автоматического управления: Учеб. пособие. 2-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2010. – 624 с.

Статья поступила в редакцию 14 марта 2012 г.

PREMISES OF USING THE CLASSICAL METHODS OF THE AUTOMATIC CONTROL THEORY AS A METHODOLOGICAL PLATFORM FOR ERP-SYSTEMS DESIGNING

A.V. Sergeev

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

Basic provisions of development idea of the new designing conception of automated control systems by the enterprises resources (so-called ERP-systems), which distinctive feature from existing ones is application of the classical automatic control theory methods for the analysis and synthesis of models, criteria and algorithms of management of the financial and economic enterprises activity, are stated. Based on the accounting principles of movement of material and financial streams of the company the example of the enterprise model creation by conditions space method is given.

Keywords: *automatic control theory, ERP-system, balance sheet, balance equations of material and financial streams, model by conditions space, management goal, financial stability, the designing conception of ERP-systems.*