

Экономическая теория и мировая экономика

УДК 658.1:519.86 + 330.532:658
ББК У.в6

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ И ДИНАМИЧЕСКОЙ БАЛАНСОВЫХ МОДЕЛЕЙ НА УРОВНЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

А.В. Келлер, Т.А. Шишкина

В статье предлагается новая методика построения статической и динамической балансовых моделей на уровне предприятия. Для такого объекта динамическая балансовая модель представляет собой вырожденную систему обыкновенных дифференциальных уравнений. Методика построения матриц удельных капитальных и прямых затрат позволяет получить такую математическую модель экономики предприятия, которая позволит при ее дальнейшем количественном исследовании достичь хорошо интерпретированных результатов. Предложенная методика может применяться для построения балансовых моделей предприятий различных сфер деятельности.

Ключевые слова: статическая балансовая модель предприятия, вырожденная динамическая балансовая модель, модель леонтьевского типа для предприятия.

Балансовые модели, или модели В. Леонтьева [1] успешно разрабатывались как сложные межотраслевые модели и модельные комплексы с последующим прогнозным расчетом развития. Широко известны работы А.О. Баранова, Н.И. Ведуты, А.Г. Гранберга [2], Б.Л. Исаева, Ф.Н. Клоцвога, В.И. Маевского, В.К. Озерова, В.Н. Павлова, Н.Ф. Шатилова, Ю.В. Яременко и др.

В настоящее время теория межотраслевого баланса активно развивается. В нашей стране ведутся исследования в ИЭОПП СО РАН под руководством чл.-корр. В.И. Сулова, в ставропольской школе – проф. Е.Л. Торопцевым и его учениками Т.Г. Гурнович, О.О. Бутовой, А.С. Мараховским и в др. коллективах. За рубежом исследования в области балансовых моделей ведутся К. Алмоном, Д. Найхусом, Р. Хорстом, Дж. Верлингом, Т. Хасегава, Ш. Ли, Ш. Пэнном, Г. Осханом, П. Салмоном, Б. Стовером и Ф. Улрихом и др.

Изначально динамическая балансовая система является вырожденной, но ее решение классическими методами невозможно, поэтому обычно агрегированием она сводится к невырожденной, но при этом требуются специальные методики как для построения матриц, так и для интерпретации результатов с дополнительным анализом их адекватности. Именно отсутствие универсального математического метода, позволяющего численно решать невырожденные системы обыкновенных дифференциальных уравнений, сдерживало развитие экономических исследований в области динамических балансовых уравнений как дифференциальных уравнений. Результаты, полученные А.В. Келлер, по существу сняли эту проблему как в отношении численного исследования вырожденных балансовых моделей (или моделей леонтьевского типа) с последующим прогнозированием [3], так и в отношении построения и решения различ-

ных задач оптимального управления для такого рода моделей. Здесь необходимо отметить, что эти результаты основываются на методах решения уравнений соболевского типа, развиваемые в Челябинской математической школе под руководством Г.А. Свиридюка [4]. Отметим, что развитие численных методов в исследовании моделей леонтьевского типа, моделей Неймана и др. моделей, использующих идеи баланса, становится все более актуальным.

На возможность построения динамической балансовой модели для предприятия указывал основоположник метода межотраслевого анализа В. Леонтьев. В последнее время все активнее экономисты обращаются к идее использования балансовых моделей на уровне предприятия.

М.И. Летавин и С.А. Макарова в статье [5] исследуют вопросы применения динамической балансовой модели в анализе деятельности компании. Произведена и описана интерпретация динамического баланса для микроуровня, т. е. для отдельно взятого предприятия, причем в предлагаемой М.И. Летавиным и С.А. Макаровым балансовой модели в качестве «отраслей» рассматриваются только дивизионы (цеха, подразделения). Аналогичный подход использован и в [6].

В данной статье при построении балансовой модели учитываются внешние связи предприятия по принципу учета экспорта и импорта в балансовых моделях на макроуровне. Этот подход обеспечивает построение балансовой модели для предприятий любой организационной формы, а не только промышленного (опубликованные примеры использования балансовых моделей приводятся для крупных многопредельных промышленных предприятий).

Целью данной статьи является описание методик построения статической и динамической

балансовых моделей на уровне предприятия с учетом его внешних экономических связей.

Статическая и динамическая модели баланса в общем виде представлены следующими уравнениями:

$$x(t) = Ax(t) + y(t), \quad (1)$$

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + B\dot{x}(t) + f(t), \quad (2)$$

где A , B – квадратные матрицы размера n ; A – матрица удельных прямых затрат или матрица материалоемкости, показывающая нормы затрат продукции i -го подразделения на воспроизводство единицы продукции j -го подразделения; B – матрица удельных капитальных затрат или матрица капиталоемкости, которая определяет нормы затрат капитальных вложений i -го подразделения на прирост единицы валовой продукции j -го подразделения, причем $\det B = 0$; $x(t)$ – векторы валовых выпусков продукции; $y(t)$ – вектор непроизводственного потребления в статической балансовой модели; $f(t)$ – вектор непроизводственного потребления в динамической балансовой модели.

Балансовая модель (2) может быть сведена к системе леонтьевского типа (конечномерный аналог уравнения соболевского типа):

$$B\dot{x}(t) = (E - A)x(t) - f(t), \quad (3)$$

где E – единичная квадратная матрица размера n .

Особенностью рассмотрения вырожденной балансовой модели на уровне предприятия является то, что ее использование позволяет решать многие значимые задачи для предприятия, например, управление транзакционными затратами. А сведение ее к невырожденной задаче настолько снижает адекватность модели, что может ставить вопрос об ее эффективности по сравнению с другими методами планирования деятельности и управления предприятием.

Статическая балансовая модель позволяет легко рассчитать валовой выпуск продукции по заданному конечному спросу, однако, у данной модели есть ряд недостатков:

- отсутствует возможность управления капитальными затратами;
- при расчете валового выпуска не учитываются имеющиеся на предприятии производственные мощности;
- не учитывается распределение чистой прибыли как источника восполнения и пополнения необходимых производственных ресурсов.

В динамической балансовой модели перечисленные выше недостатки статической модели отсутствуют. Учитывая все выше перечисленное, актуальным будет рассмотрение методики составления как статической, так и динамической балансовых моделей.

1. Статическая балансовая модель на уровне предприятия

Для начала выделим три группы структурных элементов матрицы, входящих в состав как стати-

ческой, так и динамической балансовых моделей на уровне предприятия:

- производственные виды деятельности (П), продукт которых является конечным;
- обслуживающие виды деятельности (О), их продукт является промежуточным;
- потребители конечного продукта (В) – внешние структурные элементы: домашние хозяйства и корпоративные потребители.

Данная классификация будет основополагающей при описании элементов балансовых моделей для предприятия.

Отдельно хотелось бы рассмотреть, какие категории или виды включает в себя такой внешний структурный элемент, как корпоративные потребители. К ним в зависимости от организационно-правовой формы и специфики предприятия могут относиться разные категории контрагентов, с которыми у компании возникают финансовые отношения. Наиболее распространенный состав контрагентов следующий:

1. Физические и юридические лица, принимающие участие в формировании уставного капитала – учредители. Для акционерных обществ это будут акционеры.
2. Банки и небанковские компании (инвестиционные, финансовые, лизинговые и страховые компании, аудиторские фирмы).
3. Органы исполнительной власти (государственного управления): Управление федеральной налоговой службы, Пенсионный фонд РФ, Фонд социального страхования и др.
4. Покупатели товаров или услуг компании.
5. Поставщики ресурсов для компании.

В целях компактного изложения в данной статье модели распределение сумм не будет детально прописываться по каждому контрагенту, а будет отражаться единой строкой. Также это позволит избежать возможных погрешностей при дальнейших расчетах в модели. Таким образом, степень конкретизации данного элемента будет зависеть от следующих параметров:

- 1) масштаб и специфика деятельности компании;
- 2) организационно-правовая форма;
- 3) целесообразность;
- 4) наглядность представления материала.

Все вышеперечисленные параметры должны учитываться в совокупности при принятии решения о детализации всей модели.

Также необходимо пояснить, какой состав включает такой элемент модели, как обслуживающие виды деятельности. Это могут быть: финансовый отдел, техническая служба, отдел маркетинга, отдел управления персоналом и т. д.

Первые два элемента будут присутствовать в каждом производственном предприятии, но набор подразделений, который будет входить в данный элемент, также зависит от специфики организации и выполняемых функций данных подразделений.

В табл. 1 представлена статическая матричная модель, оцениваемая в денежных единицах, производственных и экономических связей между подразделениями предприятия за период t .

Для статической балансовой модели введем следующие обозначения:

l – количество подразделений, занимающихся производственными видами деятельности. К производственным подразделением стоит отнести те из них, которые непосредственно занимаются изготовлением готовой продукции (цеха, участки, службы);

m – количество подразделений, занимающихся обслуживающими видами деятельности. К обслуживающим деятельности предприятия стоит относить такие подразделения, как служба логистики, отдел маркетинга, отдел сбыта, бухгалтерия, отдел качества, юридический отдел, склад, отдел управления персоналом и др.;

k – количество внешних потребителей – потребителей конечного продукта: домашние хозяйства (выражаются в затратах на заработную плату персонала) и корпоративные потребители (суммы затрат на сырье, услуги сторонних организаций, банков и т. д.);

n – общее количество подразделений предприятия, $n = l + m + k$. Количество подразделений и их распределение на производственные, обслуживающие и внешние осуществляется на основе утвержденной организационной структуры, а также зависит от особенностей организации бизнес-процессов на предприятии;

x_{ij} – объем продукции (работ, услуг) i -го подразделения, потребляемого j -м подразделением в процессе производства продукции или внутрипроизводственный оборот;

В итоге производственное потребление делится на девять матриц, образуя совокупность элементов на пересечении соответствующей строки и столбца, например:

$$x_{ij}^{PO} = (x_{ij}), i = \overline{1, l}; j = \overline{l+1, l+m};$$
 – матрица

потребления j -м обслуживающим подразделением продукции i -го производственного подразделения.

X_i – валовой объем выпуска продукции i -го подразделения;

x_j – общая сумма затрат j -го подразделения для производства товаров;

Y_i – сумма конечной продукции в статической балансовой модели i -го подразделения, потребляемого в непроизводственной сфере;

c_j – сумма начисленной амортизации j -го подразделения;

d_j – сумма распределенной чистой прибыли между подразделениями.

Далее приступим к описанию динамической балансовой модели на уровне предприятия.

Заключительным этапом составления статической модели является получение матрицы удельных прямых затрат, элементы которой рассчитываются по формуле:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_i}, \quad i, j = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Таблица 1

Табличный вид статической балансовой модели для предприятия

Затраты		Распределение					
		Производственное потребление в j -х подразделениях, $j = n$			Всего производственное потребление	Конечное потребление продукции	Валовой выпуск
		Производственные подразделения (П)	Обслуживающие подразделения (О)	Внешние структурные элементы (В)			
$\begin{matrix} j \\ i \end{matrix}$	$1 \dots l$	$l + 1 \dots l + m$	$l + m + 1 \dots n$		Y_i	X_i	
$\begin{matrix} 1 \\ \dots \\ l \end{matrix}$	П	$x_{ij}^{ПП}$	$x_{ij}^{ПО}$	$x_{ij}^{ПВ}$	$x_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}$	Y_i	X_i
$\begin{matrix} l + 1 \\ \dots \\ l + m \end{matrix}$	О	$x_{ij}^{ОП}$	$x_{ij}^{ОО}$	$x_{ij}^{ОВ}$	$x_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}$	Y_i	X_i
$\begin{matrix} l + m + 1 \\ \dots \\ n \end{matrix}$	В	$x_{ij}^{ВП}$	$x_{ij}^{ВО}$	$x_{ij}^{ВВ}$	$x_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}$	Y_i	X_i
Амортизация		c_j	c_j	c_j			
Чистая прибыль		d_j	d_j	d_j			
Всего		$x_j = \sum_{i=1}^n x_{ij}$	$x_j = \sum_{i=1}^n x_{ij}$	$x_j = \sum_{i=1}^n x_{ij}$		$\sum_{i=1}^n Y_i$	$\sum_{i=1}^n X_i$

2. Динамическая балансовая модель на уровне предприятия

Динамическая балансовая модель на уровне предприятия – это матричная модель, оцениваемая в денежных единицах, производственных и экономических связей между подразделениями предприятия за период t . Матричный вид динамической балансовой модели представлен в табл. 2. Такие элементы, как $l, m, k, n, x_{ij}, X_b, x_j$, будут аналогичными и в динамической модели. Введем дополнительные обозначения:

f_i – сумма конечной продукции в динамической балансовой модели i -го подразделения, потребляемого в непродуцирующей сфере. В данном случае это сумма будет эквивалентна общему объему произведенной продукции в статической балансовой модели за вычетом элементов матрицы капитальных затрат. Предполагается, что объем производства равен объему продаж;

z_{ij} – капитальные вложения, определяющие затраты i -го подразделения на прирост валовой продукции j -го подразделения.

Область капитальных издержек в модели делится на девять частей, образуя совокупность элементов на пересечении соответствующей строки и столбца, например:

$$z_{ij}^{PB} = (z_{ij}), \quad i = \overline{1, l}; j = \overline{l+m+1, n} - \text{матрица}$$

капитальных вложений, определяющая затраты i -го производственного подразделения на прирост валовой продукции j -го внешнего подразделения.

Далее рассмотрим, как осуществляется процесс распределения сумм в матрице капитальных затрат. К суммам капитальных вложений, идущих на воспроизводство продукции, относятся:

– амортизационный фонд, по своей сути являющийся фондом накопления и воспроизводства основных фондов;

– чистая прибыль, т. е. часть прибыли, которая находится в распоряжении предприятия и является финансовым источником его развития.

Поскольку амортизационный фонд – это финансовый ресурс, в котором учет поступления ведется по каждому оборудованию и отделу, существует возможность распределить данные суммы по каждому подразделению. Значения данных сумм будут записываться по главной диагонали в матрице капитальных затрат.

Источники распределения чистой прибыли, от которых будет зависеть расположение значения в матрице капитальных затрат, представлены в табл. 3.

Таким образом, в матрице капитальных затрат значениями чистой прибыли будут заполнены только i -е строки производственных подразделений: $z_{ij}^{ПП}$, $z_{ij}^{ПО}$, z_{ij}^{PB} , поскольку только они приносят организации доход. Исключением являются случаи, когда обслуживающие подразделения будут также приносить прибыль. Что касается распределения сумм чистой прибыли по j -м столбцам, то здесь суммы распределяются в зависимости от

того куда они направляются. Например, при выплате дивидендов учредителям, которые не являются сотрудниками организации, значения данных сумм будет располагаться в матрице z_{ij}^{PB} , поскольку данный вид учредителей относится к категории «внешний структурный элемент».

Целесообразно будет выделить под операции с акциями и ценными бумагами отдельную строку и столбец, если этого требует специфика компании.

Заключительным этапом составления динамической модели является получение матриц удельных прямых (4) и капитальных затрат, элементы последней рассчитываются по формуле:

$$b_{ij} = \frac{z_{ij}}{X_i}, \quad i, j = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Заключение

В данной статье был описан понятийный аппарат для статической и динамической балансовых моделей на уровне предприятия. Представлены обозначения и их описание для каждого элемента модели. При описании данных матричных моделей сделаны следующие выводы:

– элементы модели x^{PB} и x^{OB} также будут нулевыми, поскольку в данных матрицах отсутствуют межструктурные производственные связи;

– конечный выпуск продукции непродуцируемых подразделений для потребления во вне будет нулевым. Это объясняется тем, что такие подразделения хоть и косвенно участвуют в создании итоговой стоимости продукции компании, но сами продукцию не производят. Исключением является предоставление этими структурами (отделами) услуг для других юридических или физических лиц на основании договора аутсорсинга (бухгалтерские, маркетинговые, юридические услуги);

– в балансовой модели предприятия всегда будут прибыльные и затратные подразделения, это объясняется спецификой таких моделей, построенных на микроуровне, т. е. полученная прибыль производственных подразделений будет покрывать затраты обслуживающих и внешних и структурных подразделений, а также свои производственные затраты.

В заключение отметим, что одной из задач дальнейшей работы авторов является практическая апробация предложенной методики составления модели на примере бухгалтерской отчетности компании.

Литература

1. Леонтьев, В.В. *Экономическое эссе. Теории, исследования, факты и политика* / В.В. Леонтьев. – М.: Политическая литература, 1990. – 415 с.
2. Гранберг, А.Г. *Динамические модели народного хозяйства* / А.Г. Гранберг. – М.: Экономика, 1985. – 239 с.

Таблица 2

Матричный вид динамической балансовой модели для предприятия

Распределе- ние	Производственное потребление в j-х подразделениях, j = n			Всего производственное потребление	Капитальные затраты в j-х под- разделениях, j = n			Всего капитальных затрат	Конечное потре- ление продукции	Валовой выпуск	
	П	О	В		П	О	В				
Затраты											
$i \backslash j$	1 ... l	l + 1 ... l + m	l + m + 1 ... l + m + k = n		1 ... l	l + 1 ... l + m	l + m + 1 ... n		f_i	X_i	
1 ... l	П	$x_{ij}^{ПП}$	$x_{ij}^{ПО}$	$x_{ij}^{ПВ}$	$x_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}$	$z_{ij}^{ПП}$	$z_{ij}^{ПО}$	$z_{ij}^{ПВ}$	$z_i = \sum_{j=1}^n z_{ij}$	f_i	X_i
l + 1 ... l + m	О	$x_{ij}^{ОП}$	$x_{ij}^{ОО}$	$x_{ij}^{ОВ}$	$x_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}$	$z_{ij}^{ОП}$	$z_{ij}^{ОО}$	$z_{ij}^{ОВ}$	$z_i = \sum_{j=1}^n z_{ij}$	f_i	X_i
l + m + 1 ... n	В	$x_{ij}^{ВП}$	$x_{ij}^{ВО}$	$x_{ij}^{ВВ}$	$x_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}$	$z_{ij}^{ВП}$	$z_{ij}^{ВО}$	$z_{ij}^{ВВ}$	$z_i = \sum_{j=1}^n z_{ij}$	f_i	X_i
Всего		$x_j = \sum_{i=1}^n x_{ij}$	$x_j = \sum_{i=1}^n x_{ij}$	$x_j = \sum_{i=1}^n x_{ij}$		$z_j = \sum_{i=1}^n z_{ij}$	$z_j = \sum_{i=1}^n z_{ij}$	$z_j = \sum_{i=1}^n z_{ij}$	$\sum_{i=1}^n f_i$	$\sum_{i=1}^n X_i$	

Таблица 3

Источники распределения сумм чистой прибыли

№ п/п	Источники распределения чистой прибыли	Цель или способ расходования
1	Дивиденды учредителям	Выплата дивидендов учредителям – сотрудникам организации
		Выплата дивидендов учредителям – не являющимся сотрудниками организации
		Выплата дивидендов учредителям – юридическим лицам
2	Резервный фонд	Покрытие убытков прошлых лет
		Финансирование технического развития
		Выкуп акций компании
3	Уставный фонд	Вложения в основные производственные фонды
		Размещение дополнительных акций
4	Фонд накопления	Финансирование расширения, дооборудования, переоборудования основных фондов
		Выпуск ценных бумаг

3. Келлер, А.В. Алгоритм решения задачи Шуолтера–Сидорова для моделей леонтьевского типа / А.В. Келлер // Вестник ЮУрГУ. Серия «Математическое моделирование и программирование». – 2011. – Вып. 7. – № 4(221). – С. 40–46.

4. Sviridyuk, G.A. Linear Sobolev type equations and degenerate semigroups of operators / G.A. Sviridyuk, V.E. Fedorov. – Utrecht: VSP, 2003. – 216 p.

5. Летавин, М.И. Динамическая балансовая модель экономической деятельности предприятия / М.И. Летавин, С.А. Макарова // Экономика. – 2009. – № 4. – С. 46–50.

6. Банин, А.А. Применение балансовой модели в анализе деятельности предприятия / А.А. Банин, М.И. Летавин // Экономика и математические методы. – 2002. – № 4. – С. 67–73.

Келлер Алевтина Викторовна. Доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой математического моделирования, декан механико-математического факультета, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск). Область научных интересов – модель леонтьевского типа, оптимальное управление, численные методы. Контактный телефон: 8-351-909-35-29. E-mail: alevtinak@inbox.ru.

Шишкина Татьяна Александровна. Преподаватель, аспирант очной формы обучения кафедры управления персоналом международного факультета, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск). Область научных интересов – вырожденная динамическая балансовая модель, модель леонтьевского типа, оптимальное управление. Контактный телефон: 8-951-804-81-05. E-mail: sh.t.a_90@mail.ru.

THE METHOD OF CONSTRUCTING DYNAMIC AND STATIC BALANCE MODELS AT THE ENTERPRISE LEVEL

A.V. Keller, T.A. Shishkina

The paper proposes a new method of constructing static and dynamic balance models at the enterprise level. For such an object a dynamic balance model is a degenerate system of ordinary differential equations. The method of constructing the matrix of specific capital and direct costs allows getting a mathematical model of the enterprise economics, which will allow for its further quantitative research to achieve good interpreted results. The proposed method can be used to build a balance model of enterprises in different fields of activity.

Keywords: static balance model of an enterprise, degenerate dynamic balance model, Leontiev-type model for an enterprise.

Keller Alevtina Viktorovna. Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mathematical Modeling, Dean of the Faculty of Mechanics and Mathematic, South Ural State University, Chelyabinsk. Field of scientific interests: Leontiev type model, optimal control, numerical methods. Tel.: 8-351-909-35-29. E-mail: alevtinak@inbox.ru.

Shishkina Tatyana Aleksandrovna. Teacher, postgraduate student of a full-time curriculum in the Personnel Management Department, South Ural State University, Chelyabinsk. Field of scientific interests: degenerate dynamic balance model, Leontiev type model, optimal control. Tel.: 8-951-804-81-05. E-mail: sh.t.a_90@mail.ru.

Поступила в редакцию 11 мая 2013 г.