***А. В. Иванкович***

# ВОПРОСЫ О МОДЕЛИРОВАНИИ ДИНАМИКИ ЗАТРАТ В СУДОСТРОЕНИИ

*Работа представлена кафедрой финансов*
*Санкт-Петербургского государственного университета экономики и финансов.*
*Научный руководитель – доктор экономических наук, профессор М. В. Романовский*

**Статья посвящена описанию основных положений разработанной математической модели для управления финансовыми ресурсами на судостроительном предприятии.**

**The article is devoted to the mathematical model elaborated for management of financial resources at shipyards.**

Процесс динамики затрат в процессе постройки судна, с точки зрения финансиста, сугубо стохастический, и связи факторов могут быть лишь корреляционными. Поэтому авторегрессионные модели здесь используются главным образом для анализа временных рядов[1] и применяются почти исключительно для экстраполяционного про-

гнозирования при наличии достаточно большого числа членов ряда (предшествующих наблюдений).

Общеизвестно, что наилучшую (по формальному признаку тесноты связи) аппроксимацию стохастических процессов обеспечивают уравнения в конечных разностях.

Для танкера класса *Panamax* в аналитическом виде функция 6-го порядка, аппроксимирующая динамику нарастания затрат на постройку этого судна, выглядит следующим образом:

$$C(t) = C\left[0{,}0521t - 0{,}0091t^2 - 0{,}1921t^3 + 0{,}0498t^4 + 0{,}1194t^5 - 0{,}3777t^6 + 0{,}6424\right], \quad (1)$$

где $C(t)$ – затраты на момент $t$; $t$ – текущее время; $C$ – полная себестоимость.

При этом доверительный интервал с обеспеченностью 93,7% составляет всего 2,073% при коэффициенте корреляции 0,3125. Можно видеть, что достигается почти идеальная аппроксимация. Но для этого требуется использование 6 подстроечных параметров, которым нельзя приписать никакого реального содержания, поскольку они являются чисто формальными коэффициентами.

Исчезает всякая возможность содержательной экономической интерпретации параметров $a_1$; $a_2$; $a_3$,… и т. д.

Продвижение в области математического моделирования финансовых процессов в судостроении может быть достигнуто, если начать с установления параметров, которые должны управляться методами финансового менеджмента. Таких параметров можно выделить по меньшей мере четыре:

1) составляющие себестоимости судна, контролируемые производственным блоком предприятия на протяжении производственного цикла (фонд оплаты труда и переменная часть накладных расходов);

2) продолжительность собственно производственного цикла;

3) величина незавершенного производства;

4) объем производственных запасов.

Кроме того, желательно хотя бы косвенно учитывать пятый параметр – характер (качество) организации производственного процесса – соотношение между параллельным или последовательным сочетанием частных производственных процессов и операций.

Расчетным же параметром должен выступать конечный финансовый результат собственного производства – чистые терминальные затраты.

Представляют интерес нелинейные модели, основанные на использовании экспоненциальных функций вида:

$$y = Ae^{-\beta t^{\alpha}}, \quad (2)$$

являющихся функциями роста, достигающими своего предельного значения на конечном отрезке времени (т. е. в продолжение цикла постройки судна).

Эти соображения побуждают обратиться к нелинейной модели на базе экспоненциальной функции:

$$E(\tau) = Ce^{-\beta\tau^{\alpha}}, \quad (3)$$

где $E(\tau)$ – затраты на момент $\tau$; $\tau$ – дискретизированное время (экономический смысл этого параметра – срок, остающийся до сдачи судна).

Достоинством выбранной аппроксимации является возможность иметь вместо нескольких регрессионных коэффициентов один интегральный параметр, пригодный для описания терминальных затрат.

В качестве примера рассмотрим динамику затрат типичного судостроительно-

го предприятия за цикл постройки одного из транспортных судов.

Точность аппроксимации лишь немногим уступает достигаемой при полиномиальной функции 6-го порядка($D$ = 2,073%) и вполне достаточна для практических целей, зато каждый из параметров имеет четкую экономическую интерпретацию:

• независимая переменная – промежуток времени, отделяющий текущий момент от конечного момента цикла – сдачи судна заказчику, к которому всегда приурочена оценка финансового результата проекта и расчетов с заказчиком;

• $T$ – продолжительность производственного цикла;

• С – себестоимость судна, как основная величина бюджета заказа;

• $E$ – величина затрат (нарастающим итогом) на момент времени τ как основной параметр для распределения бюджета во времени;

Кроме того, и параметры регрессии β и α также могут быть интерпретированы как организационные характеристики производственного процесса.

Модель позволяет определить общую потребность в оборотных средствах для постройки каждого судна и/или предприятия (подразделения) на любой период. Для этого достаточно взять интеграл:

$$Q = C\int_0^T e^{-\beta\tau^{\alpha}}\,d\tau. \qquad (4)$$

Необходимость учета фактора времени требует применения в рассматриваемой модели специальных методов его оценки, конкретно – методов оценки терминальной стоимости издержек производства и определения силы воздействия таких факторов, как:

• процентная ставка, учитывающая как дополнительные затраты на привлечение заемных средств, так и упущенную выгоду от возможности размещения свободных собственных средств на банковском депозите либо использование их в иных финансовых операциях;

• инфляция, снижающая покупательную стоимость финансовых средств независимо от действий хозяйственного субъекта.

Наращение суммы $\Delta C_i$ может быть представлено следующим образом:

$$\overline{\Delta} C_i = \Delta C_i\left[(1 + r(\tau_i)(1 + s(\tau_i))\right], \qquad (5)$$

где $\overline{\Delta} C_i$ – будущая стоимость суммы $\Delta C_i$; $r$ – процентная ставка в единицу времени τ; $s$ – индекс инфляции.

Тогда будущая (терминальная) стоимость средств, связанных в незавершенном производстве, приведенная к моменту сдачи судна, будет составлять:

$$\overline{Q} = \sum_1^T \overline{\Delta} C_i = \sum_1^T \Delta C_i\left\{[1 + r(\tau_i)][1 + s(\tau_i)]\right\}. \qquad (6)$$

Основную методическую сложность в практическом приложении этой формулы представляет определение величин $r$ и $s$.

Можно записать выражение (6) в интегральном виде:

$$Q_{i,b} = C\int_0^T e^{-\omega^2\tau^{\alpha}}(1 + i)(1 + b)\tau d\tau. \qquad (7)$$

Считая $r$ и $s$ постоянными за цикл постройки, при α = 2, обозначив β как $\omega^2$, интеграл может быть взят аналитически:

$$Q_{i,b} = C\frac{1}{2\varpi}(1+i)(1+b)(\sqrt{\pi}erf(\varpi T) - 2T\exp(-\varpi^2 T^2)). \qquad (8)$$

В этом выражении $erf(\omega T)$ – известная функция ошибок.

При других значениях α значения $Q$ приходится рассматривать численными методами с использованием алгоритмов из программного теста Matlab2006a.

Данная математическая модель представляется инструментом, необходимым и достаточным для решения обширного ряда задач финансового менеджмента.

## ПРИМЕЧАНИЕ

[1] *Ковалев В. В.* Введение в финансовый менеджмент. М.: Финансы и статистика, 2006. С. 301.