

УДК 330.322.5

М. А. Халиков

Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, Москва,
e-mail: mihail.alfredovich@mail.ru

Е. С. Кулинченко

Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, Москва,
e-mail: ekaterina.kulin99@gmail.com

А. А. Струкова

Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, Москва,
e-mail: anastasiia.strukova2003@mail.ru

ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕНЕЖНЫХ ПОТОКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ С НЕОКЛАССИЧЕСКОЙ ФУНКЦИЕЙ «ЗАТРАТЫ-ВЫПУСК»

Ключевые слова: денежные потоки, динамическая модель, инвестиции в сферу производства, заёмный капитал, оптимизационные модели, производственная сфера предприятия, рабочий капитал, рычаг капитала, структура капитала.

В статье представлены новые результаты, полученные авторами в рамках продолжения начатых проф. М.А. Халиковым и его учениками исследований по проблематике разработки и совершенствования экономико-математического инструментария моделей и методов оптимального управления производственной сферой предприятия с учетом параметров внешней (рыночной) и внутренней сред. Представлен формальный вид динамической модели денежных потоков производственной сферы предприятия, для которого зависимость в паре «затраты-выпуск» описывается неоклассической зависимостью. Приведены критерии, ограничения, неуправляемые (экзогенные) и управляемые (эндогенные) параметры модели. Представлен перечень задач производственного и финансового планирования и управления, для решения которых может быть эффективно применена динамическая модель и алгоритмический комплекс. Проведена серия эмпирических расчетов динамики денежных потоков предприятия для различных комбинаций управляемых параметров с целью выбора наиболее значимых, определяющих доминирующий тренд на последовательности временных интервалов, составляющих выбранный горизонт планирования. Обосновано, что в число таких параметров необходимо включить структуру рабочего капитала, задаваемую долей заемного финансирования производственной деятельности компании, и уровень отчислений из прибыли на собственные инвестиции в рабочий капитал. Выбраны комбинации этих параметров, обеспечивающие устойчивый рост консолидированного денежного потока предприятия в условиях стабильных товарных и финансовых рынков.

М. А. Khalikov

Russian Economic University named after G.V. Plekhanov, Moscow,
e-mail: mihail.alfredovich@mail.ru

Е. S. Kulichenko

Russian Economic University named after G.V. Plekhanov, Moscow,
e-mail: ekaterina.kulin99@gmail.com

А.А. Strukova

Russian Economic University named after G.V. Plekhanov, Moscow,
e-mail: anastasiia.strukova2003@mail.ru

DYNAMIC MODELING OF CASH FLOWS IN THE PRODUCTION SPHERE OF THE ENTERPRISE WITH THE NEOCLASSIC FUNCTION “COSTS-OUTPUT”

Keywords: cash flows, dynamic model, investments in the sphere of production, borrowed capital, optimization models, production sphere of the enterprise, working capital, capital leverage, capital structure.

The article presents new results obtained by the authors in the framework of the continuation of those begun by prof. M.A. Khalikov and his students research on the development and improvement of economic and mathematical tools for models and methods of optimal management of the production area of an enterprise, taking into account the parameters of the external (market) and internal environments. A formal view

of a dynamic model of cash flows in the production sphere of an enterprise, for which the dependence in the “input-output” pair is described by a neoclassical dependence, is presented. Criteria, limitations, uncontrollable (exogenous) and controllable (endogenous) parameters of the model are given. A list of production and financial planning and management tasks, for the solution of which a dynamic model and an algorithmic complex can be effectively applied, is presented. A series of empirical calculations of the dynamics of the enterprise’s cash flows for various combinations of controlled parameters was carried out in order to select the most significant ones that determine the dominant trend in the sequence of time intervals that make up the chosen planning horizon. It has been substantiated that among such parameters it is necessary to include the structure of working capital, set by the share of debt financing of the company’s production activities, and the level of deductions from the profit on own investments in working capital. Combinations of these parameters have been selected to ensure a steady growth in the consolidated cash flow of an enterprise in a stable commodity and financial markets.

Введение

Повышение эффективности рыночной деятельности производственной корпорации является основной стратегией сохранения высоких финансово-экономических показателей, обеспечивающих конкурентоспособное развитие, финансовую устойчивость и перспективы роста в условиях турбулентной рыночной среды. На кратком и среднесрочном интервалах планирования для достижения цели устойчивого, конкурентоспособного развития менеджмент и собственники ориентируются на критерий максимизации чистой прибыли, являющейся источником пополнения резервов и рабочего капитала производственной сферы корпорации. В связи с этим особую актуальность приобретает проблематика оценки качества и корректного принятия решений при управлении денежными потоками производственной сферы корпорации с учетом рыночного спроса на продукцию, возможных объемов и стоимости собственного и заемного капитала, направляемого в финансирование затрат и инвестирование перспективных проектов в этой сфере. Возможным и вполне эффективным инструментом решения этой проблемы является разработка и адаптация инструментария экономико-математических моделей и методов оптимального управления производственной сферой предприятия в статичном и динамическом вариантах. Второй представляется более актуальным, так как позволяет выбрать комбинацию управляемых параметров на основе наблюдаемого на последовательности временных интервалов тренда денежного потока, включающего потоки инвестиций в рабочий капитал, потоки кредитов, потоки платежей с агентами рынка, финансовыми и кредитными организациями и государством.

Цель исследования – разработка и верификация динамической модели управления денежными потоками производствен-

ной сферы предприятия с неоклассической функцией «затраты-выпуск»; проверка устойчивости экономической динамики производственной сферы такого предприятия при изменениях эндогенных (управляемых) параметров, характеризующих доли заемного финансирования производственных затрат (риск структуры рабочего капитала) и отчислений из прибыли на собственные инвестиции в рабочий капитал.

Методологическая основа исследования

Настоящая работа является прямым продолжением исследований проф. М.А. Халикова и его учеников, опубликованных в статьях [2,9,10]. Вид и свойства неоклассической зависимости в паре «выпуск-затраты» авторы заимствовали из работ Г.Б. Клейнера [4,5,6], Ф. Турино, П. Самуэльсона и Р. Соллоу [14,15,16]. Необходимо также подчеркнуть определенную связь изложенного материала с работами М.А. Бендикова [2], Б. Коласса [7], М. Круи [8] и Ю.Е. Хрусталева [11], посвященными повышению эффективности и устойчивости высокотехнологичных предприятий и холдингов. Математический аппарат для расчетов по динамической модели авторы разработали самостоятельно, а также частично заимствовали из работ Н.П. Бахвалова [1,12,13], Р. Дорфмана [12] и Д. Лиенберга [13].

Результаты исследования и их обсуждение

1. Основные понятия и соотношения динамической модели «затраты-выпуск»

В соответствии с функциями и особенностями управления рабочим (или производственным) капиталом производственной сферы предприятия на этапах его формирования, использования и воспроизводства приведем следующую принципиальную схему денежных потоков его производственной сферы (рис. 1).

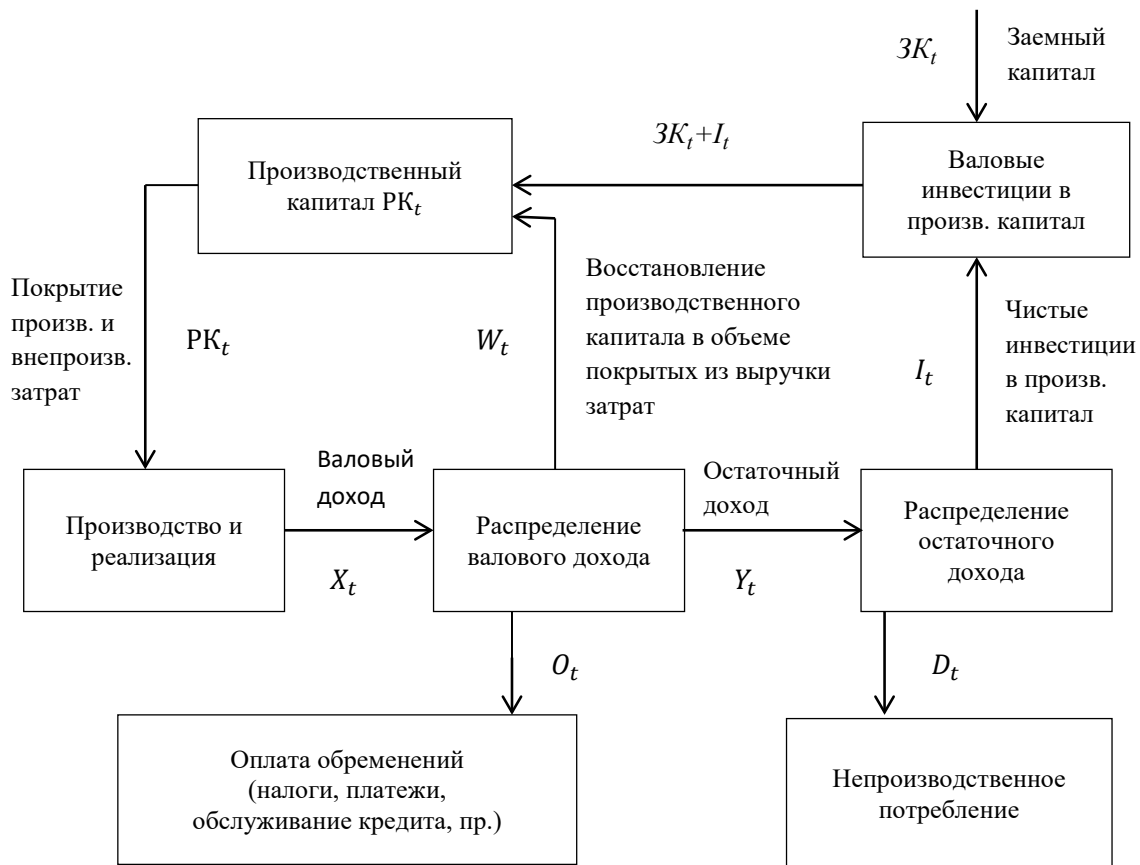


Рис. 1. Схема денежных потоков производственной сферы предприятия

Баланс денежных и материальных потоков описывается следующими соотношениями:

$$X_t = W_t + O_t + Y_t; \quad (1)$$

$$X_t \leq \min\{F(t; PK_t); Sp_t\}; \quad (2)$$

$$O_t = \tau(X_t - W_t - \rho_t \cdot 3K_{t-1}) + (1 + \rho_t) \cdot 3K_{t-1} = \tau(X_t - W_t) + (1 + \rho_t(1-\tau)) \cdot 3K_{t-1}; \quad (3)$$

$$Y_t = I_t + D_t; \quad (4)$$

$$PK_{t+1} = W_t + I_t + 3K_{t+1}; \quad (5)$$

$$W_t, I_t, D_t \geq 0, \quad (6)$$

$$PK_0 = PK_n, \quad (7)$$

где t – индекс интервала планирования ($t = \overline{0, T}$); $F(t; PK_t)$ – производственная функция, устанавливающая зависимость в паре «валовой доход производственной деятельности – затраты производственного капитала» в условиях реализации выбранного на шаге t варианта производственной деятельности (производственной программы); Sp_t – рыночный спрос (в стоимостном выражении)

для шага t ; τ – налог на прибыль хозяйствующего субъекта; ρ_t – ставка по кредитам для периода t ; PK_n – величина производственного капитала в конце нулевого интервала планирования, равная сумме первоначального объема текущих активов и первоначальным собственным инвестициям в капитал производственной сферы.

Из (1), (3) и (4) следует:

$$X_t = \tau X_t + (1-\tau) W_t + (1 + \rho_t(1-\tau)) \cdot 3K_{t-1} + D_t + I_t,$$

откуда:

$$(1-\tau) X_t = (1-\tau) W_t + (1 + \rho_t(1-\tau)) \cdot 3K_{t-1} + D_t + I_t,$$

или

$$X_t = W_t + \left(\frac{1}{1-\tau} + \rho_t \right) \cdot 3K_{t-1} + \frac{1}{1-\tau} (D_t + I_t). \quad (8)$$

На основании (8) можно привести выражение для остаточного дохода (суммы чистых инвестиций и непроизводственного потребления):

$$D_t + I_t = (1-\tau) (X_t - W_t) - (1 + \rho_t(1-\tau)) \cdot 3K_{t-1}. \quad (9)$$

Отметим, что соотношения (1)-(9), описывающие трансформацию производственного капитала предприятия на этапах производственно-коммерческого цикла, не включают элементы, связанные с амортизацией основного капитала. В данном случае это сделано сознательно с целью упрощения модели. Однако, здесь и далее будем считать, что амортизация используется исключительно для восстановления (реновации) основного капитала в данном или следующих плановых периодах и не используется в финансировании затрат текущей производственной деятельности (включая и оплату труда).

С учетом сделанных замечаний можно утверждать, что система уравнений (1)-(9) корректно задает T-шаговую процедуру трансформации производственного капитала по величине и структуре и может служить основой динамической модели выбора их оптимальных по выбранному критерию величин. В качестве таких критериев рассматриваются:

- дисконтированный поток доходов собственников:

$$PD_T = \sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1+e)^t}, \quad (10)$$

где e – ставка дисконтирования доходов (как правило, планируемая ставка доходности собственного капитала);

- средняя за период отдача (рентабельность) производственного капитала, авансированного в затраты:

$$\tau_t = \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T \frac{Y_t}{W_t}, \quad (11)$$

- средний за период индекс доходности собственных инвестиций в производственный капитал:

$$In_T = \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T \frac{Y_t}{I_t}. \quad (12)$$

При этом в составе системы ограниченный динамической модели предлагается дополнительно учитывать: максимально допустимый риск структуры капитала (доля заемных средств в производственном капитале) – для моделей с критериями (11), (12); минимально допустимую рентабельность и максимально допустимый риск структуры

производственного капитала – для модели с критерием (10).

2. Постановка задачи моделирования экономической динамики предприятия с неоклассической производственной функцией

Рассмотрим постановку задачи моделирования экономической динамики предприятия для важного частного случая, когда зависимость между выпуском и затратами задается неоклассической производственной функцией степени однородности α ($\alpha > 0$). Напомним, что если в границах экономической области предприятия производственная функция является однородной степени α , то зависимость в паре «выпуск-затраты» задается соотношением:

$$c(v_t) = c(1) \cdot v_t^{1/\alpha}, \quad (13)$$

где v_t – величина выпуска (в натуральном или стоимостном выражениях) для периода планирования t ; $c(v_t)$ – совокупные затраты на объем выпуска v_t ; $c(1)$ – удельные затраты.

Из (13) следует:

$$v_t = (c(v_t) / c(1))^\alpha. \quad (13')$$

Выше введено понятие производственного капитала, включающего текущие активы, формируемые на основе собственных и заемных средств и авансируемые в покрытие производственных и внепроизводственных затрат (постоянных и переменных) операционной деятельности.

Так как производственный капитал полностью покрывает затраты, то представим (13') в виде:

$$v_t = (\underline{PK}_t)^\alpha / z, \quad (14)$$

где \underline{PK}_t – производственный капитал, сформированный в начале периода t и направляемый на покрытие затрат операционной деятельности этого периода; $z = (c(1))^\alpha$.

Если β_t – доля заемного капитала, а $CsPK_t$ – величина собственных средств в производственном капитале для периода t , то

$$\underline{PK}_t = CsPK_t / (1 - \beta_t). \quad (15)$$

$CsPK_t$ – часть собственного капитала Cs_t предприятия в начале периода t , который образуется из чистой прибыли и покрытых из выручки затрат операционной деятельности периода $(t - 1)$

$$\begin{aligned}
 Cs_t &= (1 - \tau) \left(p_{t-1} \cdot v_{t-1} - \underline{PK}_{t-1} - \rho_{t-1} \cdot \beta_{t-1} \cdot \underline{PK}_{t-1} \right) + \underline{PK}_{t-1} = \\
 &= (1 - \tau) \left(p_{t-1} \cdot v_{t-1} - \rho_{t-1} \cdot \beta_{t-1} \cdot \underline{PK}_{t-1} \right) + \tau \cdot \underline{PK}_{t-1} = \\
 &= (1 - \tau) \cdot p_{t-1} \times v_{t-1} + \underline{PK}_{t-1} \cdot (\tau - (1 - \tau) \cdot \rho_{t-1} \cdot \beta_{t-1}),
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

где τ – налог на прибыль; p_{t-1} – стоимость продукции для периода $(t - 1)$; ρ_{t-1} – стоимость заёмных средств (в объёме $\beta_{t-1} \cdot \underline{PK}_{t-1}$), включаемых в производственный капитал для периода $(t - 1)$.

Напомним, что производственный капитал \underline{PK}_t , формируемый для периода t , образуется путем выделения собственниками регулируемой доли γ_t из собственных средств Cs_t на начало периода t и краткосрочного кредита, доля которого соответствует рычагу капитала β_t :

$$\underline{PK}_t = \gamma_t \cdot Cs_t / (1 - \beta_t) \tag{17}$$

или с учетом (16):

$$\underline{PK}_t = \gamma_t \left[(1 - \tau) \cdot p_{t-1} \cdot v_{t-1} + \underline{PK}_{t-1} \cdot (\tau - (1 - \tau) \cdot \rho_{t-1} \cdot \beta_{t-1}) \right] / (1 - \beta_t) \tag{18}$$

На основании (14) делаем вывод, что:

$$\begin{aligned}
 \underline{PK}_t &= (v_{t-1} \cdot z)^{1/\alpha} \text{ или} \\
 \underline{PK}_{t-1} &= v_{t-1}^{1/\alpha} \cdot c(1) \tag{14''}
 \end{aligned}$$

С учетом (14'') представим (18) в виде:

$$\underline{PK}_t = \frac{\gamma_t}{1 - \beta_t} \cdot \left[(1 - \tau) \cdot p_{t-1} \cdot v_{t-1} + v_{t-1}^{1/\alpha} \cdot c(1) \cdot (\tau - (1 - \tau) \cdot \rho_{t-1} \cdot \beta_{t-1}) \right] \tag{19}$$

Используя соотношения (14) и (19), получим следующее рекуррентное уравнение, связывающее выпуски v_t и v_{t-1} на последовательных интервалах планирования:

$$v_t = \left(\frac{\gamma_t}{(1 - \beta_t) \cdot c(1)} \right)^\alpha \cdot \left[(1 - \tau) \cdot p_{t-1} \cdot v_{t-1} + v_{t-1}^{1/\alpha} \cdot c(1) \cdot (\tau - (1 - \tau) \cdot \rho_{t-1} \cdot \beta_{t-1}) \right]^\alpha \tag{20}$$

Возвращаясь к формуле (16) расчета величины Cs_t собственного капитала по завершении периода $(t - 1)$, определим ту его часть, которая направляется в фонд потребления и в дальнейшем выплачивается акционерам в форме дивидендов.

$$D_t = (1 - \gamma_t) \cdot Cs_t = (1 - \gamma_t) \cdot \left[(1 - \tau) \cdot p_{t-1} \cdot v_{t-1} + \underline{PK}_{t-1} \cdot (\tau - (1 - \tau) \cdot \rho_{t-1} \cdot \beta_{t-1}) \right] \tag{21}$$

где D_t – абсолютный прирост фонда потребления в конце периода t .

В динамической модели предприятия, задаваемой соотношениями (19) – (21), экзогенными (неуправляемыми) параметрами являются: ставка τ налогообложения прибыли, вектора p и ρ цен соответственно товарного и финансового рынков (по интервалам планирования).

Детерминантами модели являются показатели используемой технологии: α – степень однородности (суммарная эластичность производственной функции), $c(1)$ – удельные затраты.

Эндогенными (управляемыми) параметрами являются: v_1 – объем выпуска в первом плановом периоде, вектора

$$\vec{\gamma} = (\gamma_1, \dots, \gamma_t, \dots, \gamma_T) \text{ и } \vec{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_t, \dots, \beta_T)$$

относительных долей соответственно пополнения производственного капитала предприятия из собственных средств и финансирования операционной деятельности из заёмных источников.

Таким образом, уравнения (19) – (21) задают возможные траектории изменения объемов средств в производственном капитале и в фонде потребления предприятия в зависимости от проводимой собственниками и менеджментом политики в сфере финансирования производственной деятельности. Последняя включает выбор структуры производственного капитала (управление долей β_t заёмных средств) и его объёма (управление долей γ_t собственных средств, вкладываемых в производство).

3. Эмпирические расчеты по динамической модели

Практическое значение динамической модели, построенной на основе уравнений (19), (20) и (21), заключается в возможности решения следующих задач производственного и финансового планирования:

- выбор оптимального по рыночному критерию (максимум финансового результата операционной деятельности) объема производства, величины и структуры производственного капитала для следующего интервала планирования, исходя из его величины и структуры в текущем периоде, изменений экзогенных и эндогенных параметров функционирования предприятия;

- определение оптимальных пропорций в собственные инвестиции в рабочий капитал и непроемленное потребление.

Для дальнейшего исследования экономической динамики предприятия с нелинейной неоклассической производственной функцией, задаваемой уравнениями (19) – (21), будем предполагать заданными:

ставку τ налогообложения прибыли, цены p – товарного и ρ – финансового рынков, а также технологические константы: $c(1)$ (удельные затраты) и v_1 (выпуск на первом интервале планирования – в натуральных единицах).

В первой части эмпирических исследований экономической динамики предприятия с неоклассической производственной функцией представим результаты расчетов по динамической модели для случая функции степени однородности $\alpha = 0,79$ по нашим исследованиям достаточно приближенный к реальной практике реального сектора экономики масштаб производства производственных корпораций) и для различных комбинаций управляемых параметров γ_t и β_t . Эти расчеты проведены для следующих рыночных и технологических констант: $\tau = 0,20$; $p = 2$; $c(1) = 1,2$; $\rho = 0,15$; $v_1 = 16$; $CS_1 = 0$. Характер динамики выпуска для различных комбинаций параметров α , γ_t , β_t отражен в табл. 1-10, а результаты расчетов приведены на рисунках 2-11.

Таблица 1

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,2, \gamma = 0,4$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	16,331	7,865	15,360
3	7,729	4,356	9,275
4	4,165	2,673	4,998
5	2,505	1,788	3,006
6	1,651	1,287	1,981
7	1,175	0,983	1,410
8	0,890	0,790	1,068
9	0,710	0,661	0,852
10	0,591	0,571	0,709

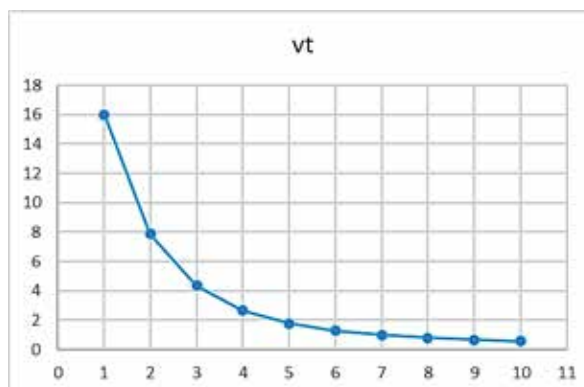


Рис. 2. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,2, \gamma = 0,4$

Таблица 2

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,4, \gamma = 0,4$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	21,132	9,642	15,360
3	12,426	6,338	11,183
4	8,020	4,485	7,218
5	5,596	3,375	5,037
6	4,167	2,674	3,751
7	3,274	2,210	2,947
8	2,689	1,892	2,420
9	2,290	1,666	2,061
10	2,009	1,503	1,809

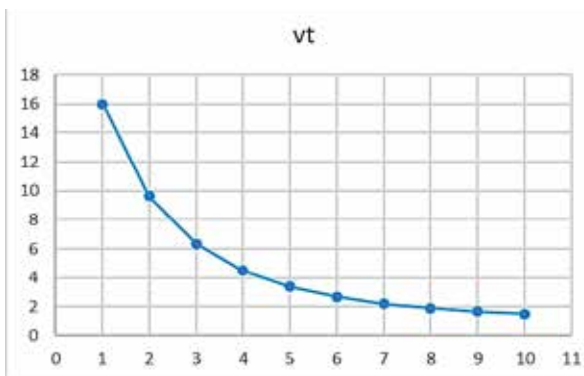


Рис. 3. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,4, \gamma = 0,4$

Таблица 3

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,6, \gamma = 0,4$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	30,736	12,962	15,360
3	24,674	10,897	14,804
4	20,594	9,447	12,356
5	17,751	8,401	10,651
6	15,714	7,630	9,428
7	14,219	7,050	8,531
8	13,101	6,609	7,860
9	12,251	6,267	7,350
10	11,596	6,001	6,958

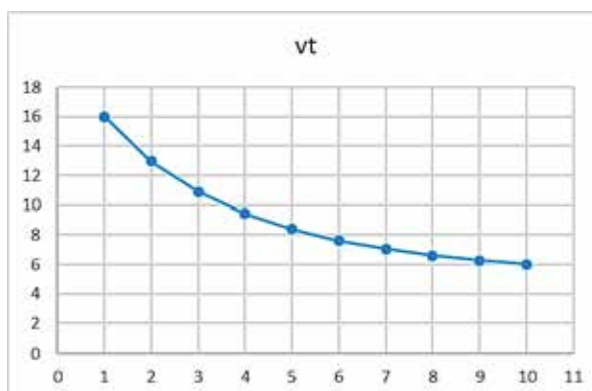


Рис. 4. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,6, \gamma = 0,4$

Таблица 4

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,8, \gamma = 0,4$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	59,545	21,856	15,360
3	82,326	28,231	24,698
4	107,462	34,845	32,238
5	133,855	41,447	40,157
6	160,471	47,831	48,141
7	186,437	53,848	55,931
8	211,092	59,399	63,328
9	233,984	64,432	70,195
10	254,852	68,931	76,456

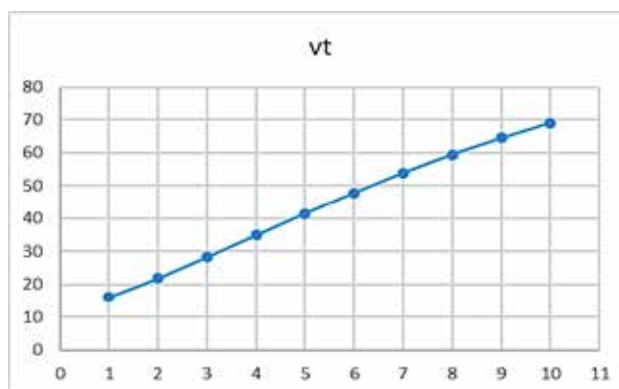


Рис. 5. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,8, \gamma = 0,4$

Таблица 5

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,9, \gamma = 0,4$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	117,165	37,308	15,360
3	281,885	74,646	42,283
4	581,465	132,258	87,220
5	1060,428	212,607	159,064
6	1750,920	315,956	262,638
7	2666,460	440,489	399,969
8	3800,389	582,789	570,058
9	5128,390	738,468	769,258
10	6613,444	902,786	992,017

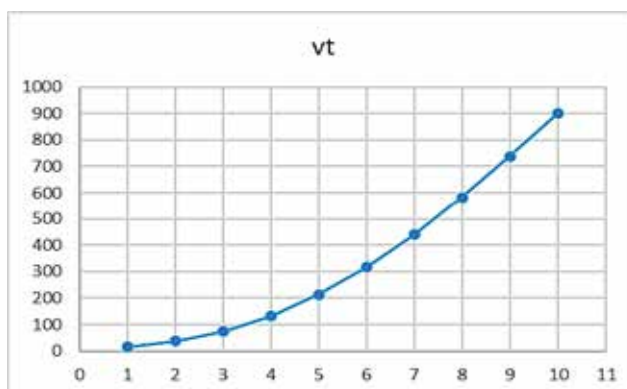


Рис. 6. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,9, \gamma = 0,4$

Таблица 6

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,2, \gamma = 0,8$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	32,661	13,600	5,120
3	27,508	11,875	5,502
4	23,841	10,606	4,768
5	21,165	9,653	4,233
6	19,171	8,927	3,834
7	17,658	8,366	3,532
8	16,494	7,927	3,299
9	15,587	7,581	3,117
10	14,873	7,305	2,975

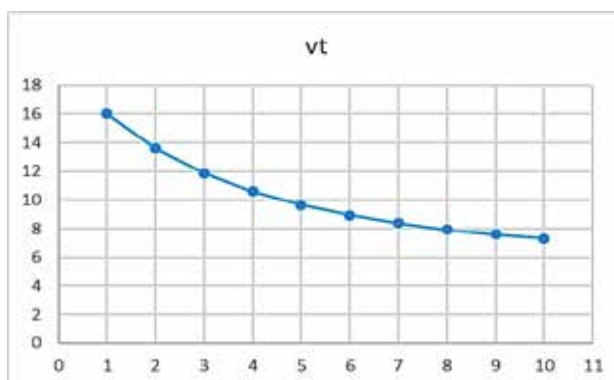


Рис. 7. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,2, \gamma = 0,8$

Таблица 7

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,4, \gamma = 0,8$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	42,265	16,671	5,120
3	44,131	17,250	6,620
4	45,744	17,747	6,862
5	47,130	18,170	7,070
6	48,314	18,530	7,247
7	49,321	18,834	7,398
8	50,175	19,091	7,526
9	50,897	19,308	7,635
10	51,505	19,490	7,726

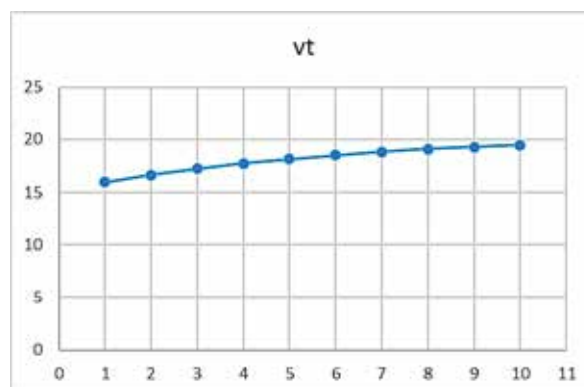


Рис. 8. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,4, \gamma = 0,8$

Таблица 8

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,6, \gamma = 0,8$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	61,471	22,413	5,120
3	87,458	29,612	8,746
4	117,148	37,303	11,715
5	149,360	45,195	14,936
6	182,861	53,030	18,286
7	216,509	60,600	21,651
8	249,346	67,752	24,935
9	280,638	74,385	28,064
10	309,874	80,442	30,987

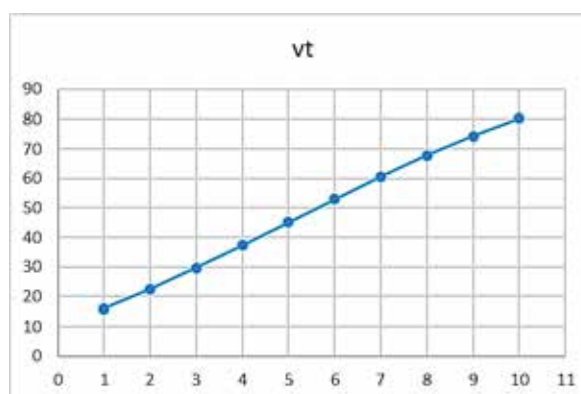


Рис. 9. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,6, \gamma = 0,8$

Таблица 9

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,8, \gamma = 0,8$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	119,091	37,791	5,120
3	291,405	76,630	14,570
4	611,658	137,654	30,583
5	1135,435	224,401	56,772
6	1908,508	338,217	95,425
7	2958,526	478,185	147,926
8	4291,134	641,474	214,557
9	5890,542	823,890	294,527
10	7723,365	1020,502	386,168

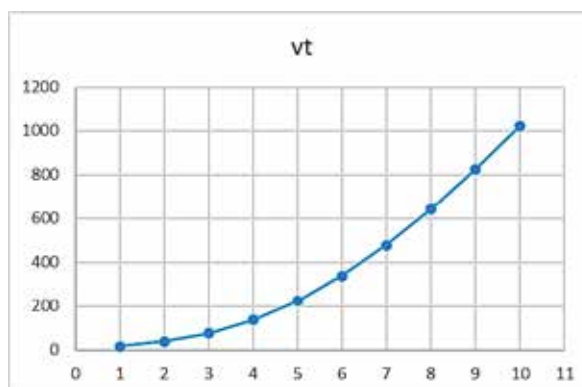


Рис. 10. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,8, \gamma = 0,8$

Таблица 10

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,9, \gamma = 0,8$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	234,330	64,508	5,120
3	998,164	202,682	24,954
4	3328,984	524,896	83,225
5	9168,798	1168,621	229,220
6	21706,582	2308,629	542,665
7	45526,490	4144,532	1138,162
8	86557,507	6885,216	2163,938
9	151837,088	10733,351	3795,927
10	249138,989	15872,150	6228,475

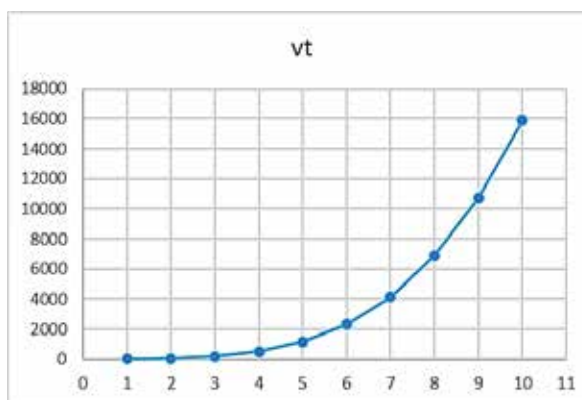


Рис. 11. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,9, \gamma = 0,8$

Подробные расчеты экономической динамики предприятий с неоклассической производственной функцией для случаев $0,7 < \alpha < 0,9$ и различных значений экзогенных параметров γ_t и β_t отражены в таблице 11.

Расчеты экономической динамики предприятия с неоклассической производственной функцией, основанные на соотношениях (19)–(21) и отраженные в таблицах 1–11 и рисунках 1–11, позволяют сделать следующие выводы:

- масштаб производства (степень однородности производственной функции), являясь фактором модели «выпуск-затраты», существенно влияет на экономическую динамику производственной сферы предприятия, чувствительно отражаясь на доле заемного финансирования, с которой начинает активно работать «рычаг капитала», а именно, динамика производственной

сферы переходит от умеренного падения к экспоненциальному росту;

- выбор управляемых параметров динамической модели (γ_t – темп накопления собственных средств в производственном капитале и β_t – доля заемных средств в производственном капитале) является обоснованным: и тот и другой активно влияют на динамику как в связке, так и по-отдельности:

- пороговым значением показателя γ_t является 0,4, что подтверждается сравнительным анализом динамики выпуска для значений показателя соответственно меньших и больших этой величины;

- аналогично случаю линейной производственной функции важную роль для улучшения динамики выпуска играет фактор налогового щита: с ростом рычага капитала выпуск и рентабельность собственного капитала, размещаемого в производственном сегменте предприятия, растут.

Таблица 11

Расчеты экономической динамики предприятия с неоклассической производственной функцией

α	γ_t	β_t	Динамика «выпуск-затраты»
0,83	0,1	0,3	Экспоненциальное падение
0,83	0,2	0,7	Умеренное экспоненциальное падение
0,83	0,8	0,3	Квазилинейный рост
0,83	0,4	0,1	Экспоненциальное падение
0,83	0,4	0,5	Умеренное экспоненциальное падение
0,83	0,6	0,7	Квазилинейный рост
0,83	0,8	0,5	Линейный рост
0,75	0,1	0,1	Экспоненциальное падение
0,75	0,1	0,7	Умеренное экспоненциальное падение
0,75	0,7	0,5	Квазилинейное падение
0,75	0,8	0,5	Квазилинейный рост
0,75	0,5	0,7	Умеренное экспоненциальное падение
0,86	0,1	0,1	Экспоненциальное падение
0,86	0,1	0,4	Умеренное экспоненциальное падение
0,86	0,8	0,3	Квазилинейный рост
0,86	0,4	0,1	Квазилинейное падение
0,86	0,7	0,5	Экспоненциальный рост
0,86	0,1	0,3	Квазилинейный рост
0,8	0,1	0,5	Заметный экспоненциальный рост
0,8	0,4	0,5	Умеренное экспоненциальное падение
0,8	0,8	0,5	Экспоненциальный рост
0,8	0,6	0,4	Экспоненциальное падение

Во второй части эмпирических исследований экономической динамики предприятия с неоклассической производственной функцией (степени однородности $\alpha = 0,79$) представим результаты расчетов по динамической модели (таблицы и рисунки 12-21) для варианта, когда ставка по кредиту монотонно

возрастает с ростом рычага капитала, в данном случае характеризующего риск структуры рабочего капитала. Будем предполагать, что стоимость кредита зависит от структуры капитала следующим образом:

$$\rho_t = \rho_0(1 + \beta_t^2).$$

Таблица 12

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,2, \gamma = 0,4$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	16,311	7,858	15,360
3	7,714	4,349	9,257
4	4,154	2,667	4,985
5	2,497	1,784	2,997
6	1,646	1,284	1,975
7	1,171	0,981	1,405
8	0,887	0,788	1,065
9	0,708	0,659	0,849
10	0,589	0,570	0,707

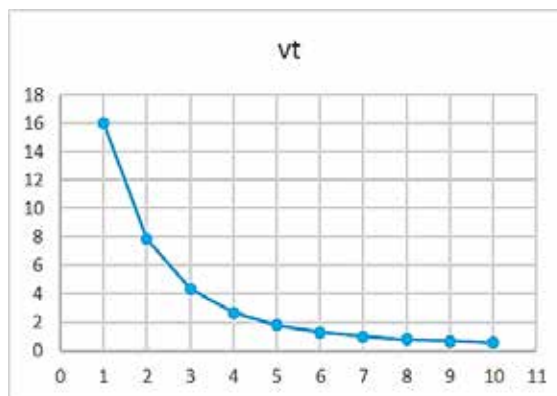


Рис. 12. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,2, \gamma = 0,4$

Таблица 13

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,4, \gamma = 0,4$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	20,927	9,568	15,360
3	12,219	6,255	10,997
4	7,847	4,408	7,063
5	5,457	3,309	4,912
6	4,054	2,616	3,649
7	3,181	2,160	2,863
8	2,610	1,848	2,349
9	2,222	1,627	2,000
10	1,949	1,467	1,754

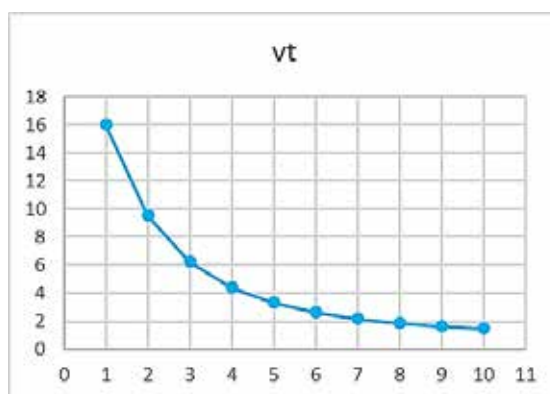


Рис. 13. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,4, \gamma = 0,4$

Таблица 14

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,6, \gamma = 0,4$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	29,696	12,615	15,360
3	23,215	10,385	13,929
4	18,986	8,859	11,391
5	16,113	7,782	9,668
6	14,097	7,002	8,458
7	12,643	6,425	7,586
8	11,571	5,991	6,943
9	10,767	5,660	6,460
10	10,155	5,404	6,093

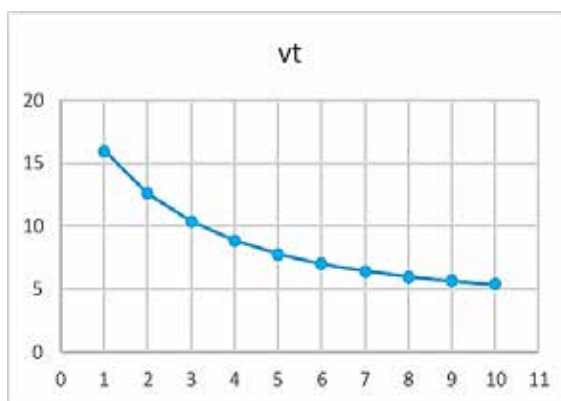


Рис. 14. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,6, \gamma = 0,4$

Таблица 15

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,8, \gamma = 0,4$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	54,615	20,414	15,360
3	69,973	24,828	20,992
4	85,406	29,062	25,622
5	100,267	32,989	30,080
6	114,098	36,534	34,229
7	126,621	39,667	37,986
8	137,711	42,387	41,313
9	147,360	44,716	44,208
10	155,636	46,689	46,691

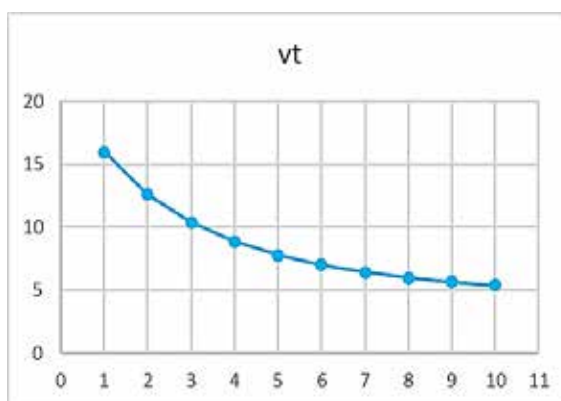


Рис. 15. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,8, \gamma = 0,4$

Таблица 16

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,9, \gamma = 0,4$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	103,125	33,729	15,360
3	217,731	60,870	32,660
4	393,505	97,153	59,026
5	628,896	140,710	94,334
6	911,913	188,717	136,787
7	1224,273	238,161	183,641
8	1546,365	286,420	231,955
9	1861,046	331,555	279,157
10	2155,597	372,362	323,340

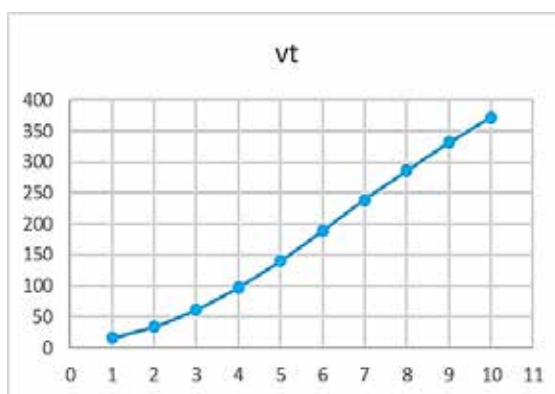


Рис. 16. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,9, \gamma = 0,4$

Таблица 17

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,2, \gamma = 0,8$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	32,623	13,587	5,120
3	27,450	11,855	5,490
4	23,772	10,581	4,754
5	21,091	9,627	4,218
6	19,095	8,900	3,819
7	17,582	8,338	3,516
8	16,418	7,899	3,284
9	15,511	7,552	3,102
10	14,798	7,276	2,960

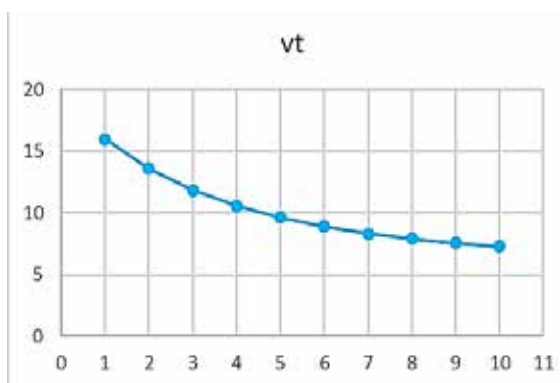


Рис. 17. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,2, \gamma = 0,8$

Таблица 18

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,4, \gamma = 0,8$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	41,854	16,543	5,120
3	43,346	17,007	6,502
4	44,623	17,402	6,693
5	45,711	17,736	6,857
6	46,633	18,018	6,995
7	47,413	18,256	7,112
8	48,070	18,455	7,210
9	48,621	18,623	7,293
10	49,084	18,763	7,363

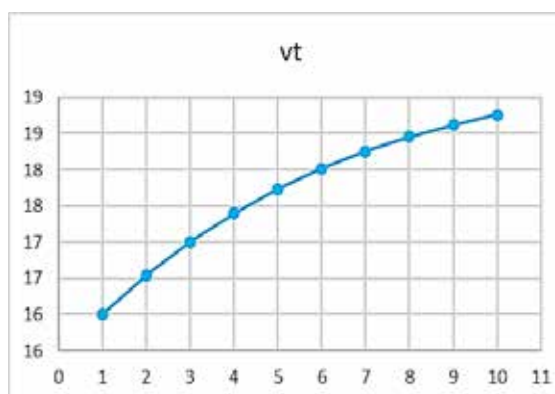


Рис. 18. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,4, \gamma = 0,8$

Таблица 19

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,8, \gamma = 0,4$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	59,391	21,812	5,120
3	81,923	28,121	8,192
4	106,713	34,653	10,671
5	132,676	41,158	13,268
6	158,792	47,435	15,879
7	184,212	53,339	18,421
8	208,295	58,776	20,829
9	230,610	63,697	23,061
10	250,912	68,088	25,091

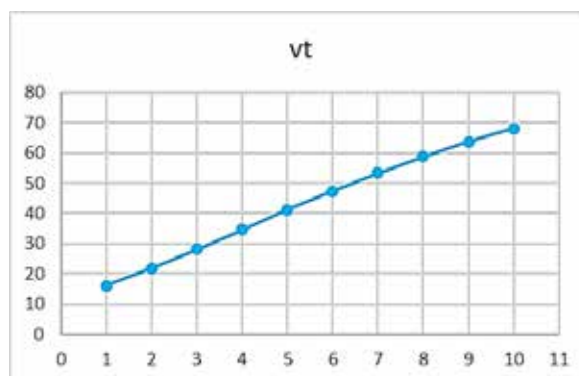


Рис. 19. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,8, \gamma = 0,4$

Таблица 20

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,8, \gamma = 0,8$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	109,230	35,297	5,120
3	244,496	66,709	12,225
4	468,558	111,519	23,428
5	793,491	169,077	39,675
6	1217,178	237,070	60,859
7	1724,460	312,178	86,223
8	2291,514	390,790	114,576
9	2891,164	469,563	144,558
10	3497,398	545,765	174,870

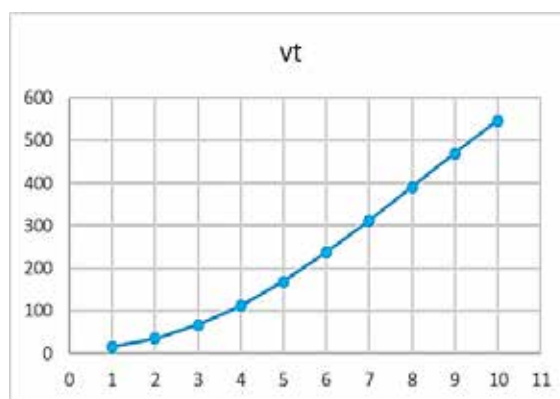


Рис. 20. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,8, \gamma = 0,8$

Таблица 21

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,9, \gamma = 0,8$)

t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000
2	206,251	58,320	5,120
3	753,957	162,387	18,849
4	2105,814	365,552	52,645
5	4755,206	695,682	118,880
6	9076,675	1159,335	226,917
7	15167,701	1739,296	379,193
8	22811,449	2400,975	570,286
9	31557,339	3102,674	788,933
10	40855,337	3804,813	1021,383

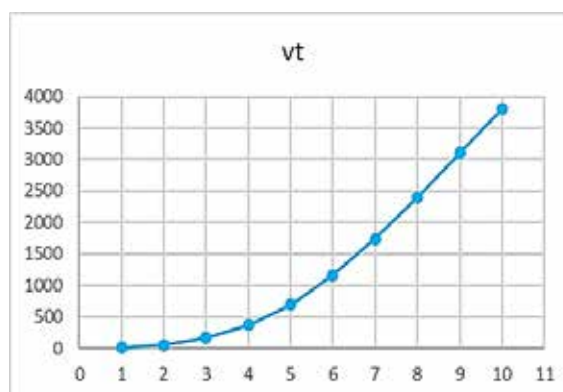


Рис. 21. Результат расчетов при значениях параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,9, \gamma = 0,8$

Таким образом, влияние риска структуры капитала на динамику производственной сферы при нелинейной ставке по кредиту наиболее значимо для комбинаций параметров $\beta = 0,9$, $\gamma = 0,8$ и $\beta = 0,9$, $\gamma = 0,4$. Ниже

наглядно показаны существенные различия линейной и нелинейной зависимостей для указанного набора параметров (отличия наблюдаются также по масштабу на оси ординат).

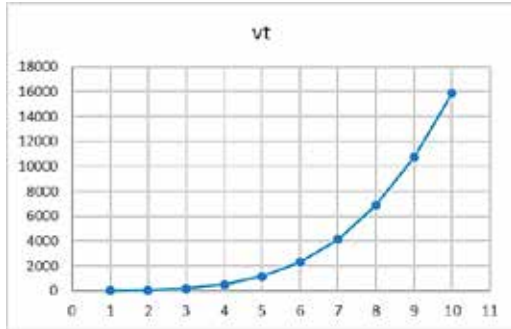


Рис. 22. Линейная зависимость при комбинации параметров $\beta = 0,9$, $\gamma = 0,8$

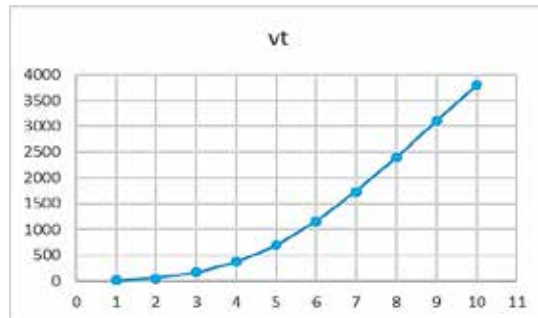


Рис. 23. Нелинейная (параболическая) зависимость при комбинации параметров $\beta = 0,9$, $\gamma = 0,8$

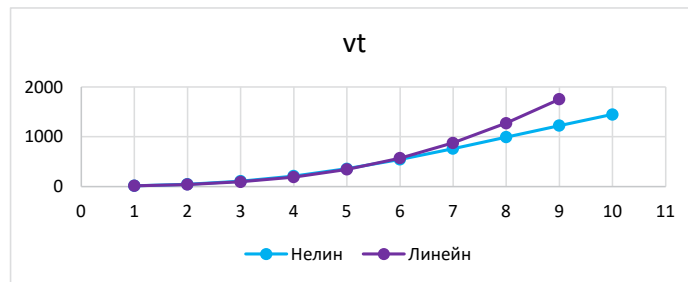


Рис. 24. Наложение линейной и нелинейной функции

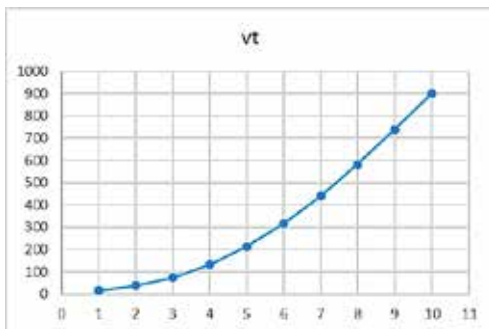


Рис. 25. Линейная зависимость при комбинации параметров $\beta = 0,9$, $\gamma = 0,4$

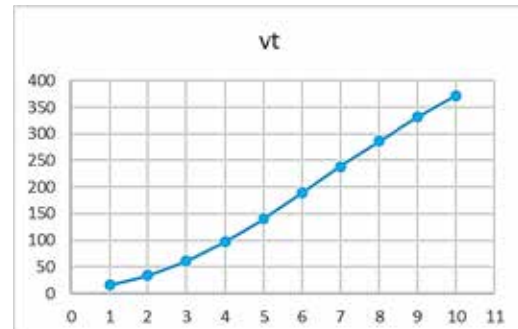


Рис. 26. Нелинейная (параболическая) зависимость при комбинации параметров $\beta = 0,9$, $\gamma = 0,4$



Рис. 27. Наложение линейной и нелинейной функции

Приведем комбинации управляемых параметров, при которых наблюдаются существенные отличия динамики для случаев линейной и нелинейной зависимости ставки кредита от структуры рабочего капитала.

Таблица 22

α	β	γ	Динамика «выпуск-заграть»
0,79	0,9	0,4	Квазилинейный рост
	0,9	0,8	Экспоненциальный рост

В третьей части эмпирических исследований экономической динамики предприятия с неоклассической производственной функцией (степени однородности $\alpha = 0,79$) представим результаты расчетов по динами-

ческой модели для варианта, при котором выплаты по кредиту фиксированы, а доля отчислений на непроизводственное потребление изменяется по интервалам планирования (с целью повышения дивидендных выплат и повышения инвестиционной привлекательности компании).

Для этого необходимо выделять не больше половины регулируемой доли γ_t из собственных средств Cs_t . Таким образом формула по расчету дивидендов будет иметь вид:

$$D_t = (1 - 0,5\gamma_t) \cdot Cs_t.$$

Рассчитаем дивиденды по новой формуле и сравним с результатами до преобразований и после (таблицы 22,23) (зафиксируем $\beta = 0,6$).

Таблица 23

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,6, \gamma = 0,8$)

До преобразований				После преобразований			
t	PK_t	v_t	D_t	t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000	1	0,000	16,000	0,000
2	61,471	22,413	5,120	2	61,471	22,413	15,360
3	87,458	29,612	8,746	3	87,458	29,612	26,237
4	117,148	37,303	11,715	4	117,148	37,303	35,144
5	149,360	45,195	14,936	5	149,360	45,195	44,808
6	182,861	53,030	18,286	6	182,861	53,030	54,858
7	216,509	60,600	21,651	7	216,509	60,600	64,953
8	249,346	67,752	24,935	8	249,346	67,752	74,804
9	280,638	74,385	28,064	9	280,638	74,385	84,191
10	309,874	80,442	30,987	10	309,874	80,442	92,962

Таблица 24

(для значений параметров $\alpha = 0,79, \beta = 0,6, \gamma = 0,4$)

До преобразований				После преобразований			
t	PK_t	v_t	D_t	t	PK_t	v_t	D_t
1	0,000	16,000	0,000	1	0,000	16,000	0,000
2	30,736	12,962	15,360	2	30,736	12,962	20,480
3	24,674	10,897	14,804	3	24,674	10,897	19,739
4	20,594	9,447	12,356	4	20,594	9,447	16,475
5	17,751	8,401	10,651	5	17,751	8,401	14,201
6	15,714	7,630	9,428	6	15,714	7,630	12,571
7	14,219	7,050	8,531	7	14,219	7,050	11,375
8	13,101	6,609	7,860	8	13,101	6,609	10,481
9	12,251	6,267	7,350	9	12,251	6,267	9,801
10	11,596	6,001	6,958	10	11,596	6,001	9,277

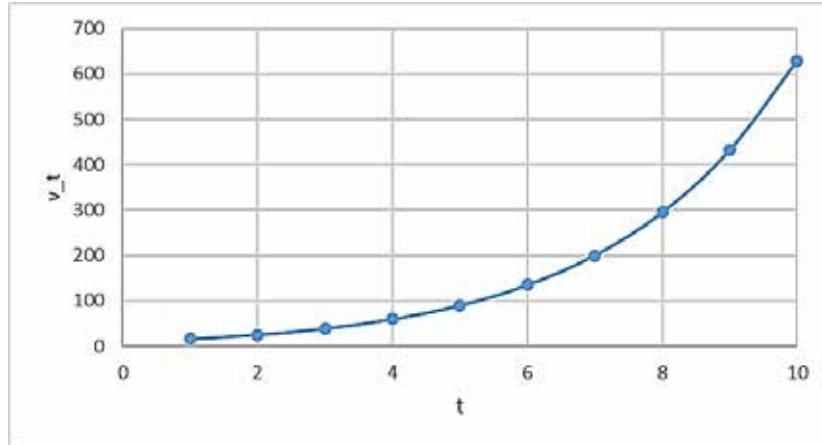


Рис. 28. Прогнозная динамика производства

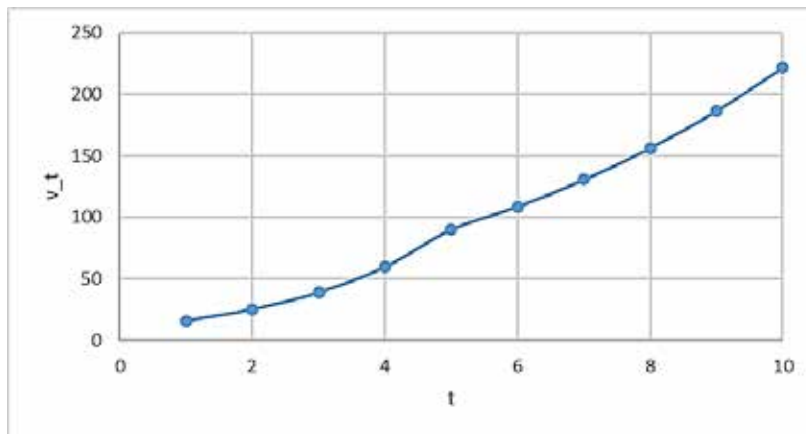


Рис. 29. Динамика производства после снижения темпов накопления

Таким образом, можно сделать вывод, что за счет проведенных преобразований в расчете размера дивидендов удалось без изменения других эндогенных параметров увеличить размер выплаты дивидендов в первом случае в 3 раза, во втором – в 1,5 раза.

Рассмотрим теперь случай, когда динамика производства непостоянна. При $\alpha = 0,75$; $\gamma_t = 0,8$; $\beta_t = 0,6$ прогнозная динамика производства имеет следующий вид (рисунок 28).

Выпуск растет экспоненциально на всём горизонте планирования, а, следовательно, есть возможность меньше инвестировать в производство и выплачивать больше дивидендов. На 6-м шаге, когда прогнозный выпуск должен превысить значение 100, снизим темп накопления собственных средств в производственном капитале с $\gamma_t = 0,8$ до $\gamma_t = 0,6$. Тогда динамика производства будет иметь следующий вид (рисунок 29):

На 6-м шаге наблюдается перегиб, и на каждом последующем шаге произ-

водство уменьшается примерно в три раза по сравнению с первоначальным планом. Однако, несмотря на уменьшения темпа накопления собственных средств в производственном капитале, продолжает наблюдаться возрастающий тренд, а, значит имеется возможность меньше инвестировать в производство и больше направлять на выплату дивидендов.

Резльтирующий вывод

Проведенные эмпирические расчеты по динамической модели производственной сферы предприятия убедительно демонстрируют актуальность постановки задачи оптимизации структуры производственного капитала предприятия на основе корректного определения управляемых параметров, в качестве которых предложено использовать темп накопления в производственном капитале собственных средств и коэффициент долга.

Библиографический список

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М., Численные методы. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2003. 632 с.
2. Безухов Д.А. Выбор критерия оптимальности управления оборотным капиталом предприятия // Проблемы развития современного общества: экономические, правовые и социальные аспекты: сборник научных статей по итогам Всероссийской научно-практической конференции (г. Волгоград, 29-30 сентября). Волгоград: Волгоградское научное издательство, 2014. С. 31-43.
3. Бендиков М.А., Фролов И.Э. Высокотехнологичный сектор промышленности России: состояние, тенденции, механизмы инновационного развития. М.: Наука, 2007. 583 с.
4. Клейнер Г.Б. Методы анализа производственных функций. М.: Информэлектро, 1980. 73 с.
5. Клейнер Г.Б. Производственные функции: теория, методы, применение. М.: Финансы и статистика, 1986. 239 с.
6. Клейнер Г.Б. Стратегия предприятия. М.: Дело, 2008. 436 с.
7. Коласс Б. Управление финансовой деятельностью предприятия: Проблемы, концепции, методы / пер. с франц. М.: Финансы ЮНИТИ, 1997.
8. Круи М., Галай Д., Марк Р. Основы риск – менеджмента: пер. с англ. / науч. ред. В.Б. Минасян. М.: Издательство Юрайт, 2011. 390 с.
9. Халиков М.А., Расулов Р.М. Факторы динамики «затраты-выпуск»: проблематика оценки и учёта в моделях предприятия // Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова. 2013. №4. С. 70-80.
10. Халиков М.А., Хечумова Э.А., Щепилов М.В. Модели и методы выбора и оценки эффективности рыночной и внутрифирменной стратегий предприятия / под общей редакцией проф. М.А. Халикова. М.: Коммерческие технологии, 2015. 595 с.
11. Хрусталёв О.Е. Методические основы оценки экономической устойчивости промышленного предприятия // Аудит и финансовый анализ. 2011. № 5. С. 180-185.
12. Dorfman R., Samuelson P., Solow R. Linear Programming and Economic Analysis. N.Y., 1958. 544 p.
13. Luenberger D., Yinyu Y. Linear and Nonlinear Programming. Springer Science + Bussiness Media, LLC, 2008. 551 p.
14. Minniti A., Turino F. Multi-product firms and business cycle dynamics // European Economic Review. 2013. Vol. 57. P. 75-97.
15. Samuelson P.A., Paul Douglas' Measurement of Production Functions and Marginal Productivities // Journal Political Economy. 1979. Part 1(October). P. 923-939.
16. Solow R.M. Technological Change and the Aggregate Production Function // Review of Economics and Statistics. 1957. Vol. 39. №3. P. 312-320.