

УДК 330.322:330.341

*к.т.н. Шиков Н. Н.  
(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, shikovnik2010@mail.ru)*

## ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ВЛОЖЕНИЙ В СВЯЗАННЫЕ ПРОИЗВОДСТВА

*В статье представлен способ гармонизации инвестиционных вложений в развитие связанных производств на примере предприятий молочной продукции. В основу модели гармонизации положены затраты на производство продукции и интенсивность затрат на ее увеличение в связанных производствах.*

***Ключевые слова:** связанные производства, мощность производства, уравнение в конечных разностях, затраты производств, ограничения на ресурсы, функционал.*

**Проблема и её связь с научными и практическими задачами.** Инвестиционная активность предприятий выступает одним из ключевых факторов конкурентного и инновационного развития отрасли, обеспечивает рост мощностей и, как следствие, способствует стабилизации экономического и социального положения в регионе. Выбор путей гармонического развития и механизмов инвестиционной поддержки их реализации является актуальной задачей региональной инвестиционной политики, решение которой предполагает концентрацию ограниченных ресурсов на осуществление первоочередных «точечных» инновационных проектов [1, с. 460]. Привлечение инвестиций в перспективные промышленные направления должно подчиняться задачам развития не только обособленных производств, но и затрагивать связанные производства, в первую очередь производителей пищевой промышленности, устраняя существующие структурные диспропорции. В этой связи планирование мощностей связанных технологическим циклом молочных производств (молочная ферма и молокозавод) является задачей актуальной и своевременной. Это связано в первую очередь с желанием инвесторов (государственных или частных) достигнуть желаемого роста производства конечной продукции, при этом рачительно использовать вложенные денежные средства [3, с. 10]. В ситуации

достижения рационального распределения средств процесс принятия управленческих решений является особым видом деятельности и ответственности, требующим высокой квалификации, практического опыта, знаний методов экономического и математического анализа. Многие решения являются уникальными и в процессе их выработки не могут быть определены строгими правилами, конкретными шагами и четкой последовательностью. Кроме этого, на инвестиционные бизнес-процессы накладывается ряд ограничений, которые определяются тем, что развитие конечного производства может быть возможным только в том случае, если в любой из рассматриваемых моментов времени имеется достаточное количество ресурсов, чтобы обеспечить как работу уже имеющихся к этому моменту производств, так и вновь модернизируемых. Похожая проблема возникает и при снижении производства. В такой ситуации должна быть решена задача о продаже или консервации части основных средств связанных производств, например, в зависимости от падения темпов спроса на продукцию.

**Анализ состояния вопроса.** По мнению авторов [4, с. 171], инновационная политика предприятий определяет принципы деятельности на сегментах инвестиционного рынка, условия, на которых финансовые учреждения согласятся вкладывать капитал в объекты инвестируема-

ния [2, с. 35] Традиционные стратегии инвестиционной политики предприятия [6, с. 280] включают три фазы. Процедуры первой фазы включают изучение конъюнктуры инвестиционного рынка; в процессе выполнения второй фазы анализируется состояние предприятия, формируется прогноз его потребностей в инвестициях и возможностей инвестирования, т.е. учитываются внутренние факторы, определяющие инвестиционную политику; процедуры третьей фазы направлены на разработку принципов и моделей поведения предприятия на инвестиционном рынке. Формируя инновационную стратегию конкретного предприятия и многовекторность влияющих на нее факторов [5, с. 63], автор недостаточно внимания уделяет существующим ограничениям при наращивании мощностей технологически связанных предприятий, особенно это касается предприятий с соизмеримыми потребностями взаимосвязанных поставок.

**Цель работы** состоит в расширении границ предвидения результатов планируемых капиталовложений на основе моделей, гармонизирующих процессы распределения инвестиционных фондов среди связанных производств.

**Изложение основного материала.** Чтобы оценить капитальные вложения в развитие связанных производств, например, молочного сектора пищевой промышленности, предлагается использовать динамическую модель двух смежных производств: конечной молочной продукции (МП) — молокозавод и технологический процесс получения молока — молочная ферма. Рассмотрим моменты времени инвестиционного проекта, через равные интервалы  $t_j = j, (j = 0, 1, 2, \dots, m)$ , считая известными значения производственных мощностей в начальный момент времени  $t_0 = 0$  (под мощностью будем понимать количество тонн МП/молока, выпускаемых в единицу времени молокозаводом и фермой). Вре-

менной интервал определяется в неделях и устанавливается на основе требований к точности методов численного интегрирования уравнений и к минимальной погрешности при интерполяции динамических рядов производства молока и МП.

Для описания модели введем идентификаторы сопряженных производств молочной продукции:  $X_j$  — выпуск МП (количество тонн, выпускаемых МП за одну неделю) в момент  $t_j$ ;  $Y_j$  — надои молока фермой (надои молока в тоннах, за одну неделю) в момент  $t_j$ .

Составим уравнение, которое свяжет введенные выше параметры. Для этого обозначим через  $\mu$  суммарные затраты, которые нужно произвести в единицу времени, идущие на производство МП, и надои молока. С учетом затрат на увеличение МП и молока уравнение затрат будет иметь вид

$$\mu = \alpha X_j + \beta \Delta X_j + \gamma Y_j + \delta \Delta Y_j, \quad (1)$$

где  $\alpha$  — затраты на одну тонну МП;

$\beta$  — капитальные затраты, идущие на увеличение выпуска одной тонны МП за единицу времени;

$\gamma$  — затраты на получение одной тонны молока;

$\delta$  — капитальные затраты, идущие на увеличение надоев одной тонны молока за единицу времени.

Величины  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  будем считать постоянными и независимыми от времени (табл. 1). Соотношение между капиталовложениями выразим в виде следующего соотношения

$$\beta \Delta X_j = \theta \delta \Delta Y_j, \quad (2)$$

где  $\theta$  — коэффициент пропорциональности, указывающий во сколько раз суммы капиталовложений, вкладываемые на повышение выпуска МП больше сумм, отпускаемых на рост удоев молока.

Таблица 1

Параметры модели смежных производств молочной продукции

$\alpha$ , тыс. руб. /т	$\beta$ , тыс. руб.*нед./т	$\gamma$ , тыс. руб./т	$\delta$ , тыс. руб.*нед./т	Начальные условия	
				$X_0$ , т	$Y_0$ , т
27,00	52,00	17,00	11,20	5,00	3,00

Каждому значению  $\theta$  будет соответствовать определенный план динамики развития связанных производств. Задача состоит в отыскании такого значения коэффициента  $\theta$ , которому соответствует в не-

котором заданном смысле плану гармонического развития связанных производств в статике и динамике. Будем считать  $\theta$  постоянной величиной.

Перепишем уравнения (1) и (2) в виде

$$\mu = \alpha X_j + \beta(X_{j+1} - X_j) + \gamma Y_j + \delta(Y_{j+1} - Y_j), \quad (3)$$

$$\beta(X_{j+1} - X_j) = \theta\delta(Y_{j+1} - Y_j). \quad (4)$$

Из уравнения (3) и (4) следует

$$\mu = \alpha X_j + \beta(X_{j+1} - X_j) + \gamma Y_j + \frac{\beta}{\theta}(X_{j+1} - X_j). \quad (5)$$

Заменив в уравнении (5)  $j$  на  $j + 1$ , получаем равенство

$$\mu = \alpha X_{j+1} + \beta(X_{j+2} - X_{j+1}) + \gamma Y_{j+1} + \frac{\beta}{\theta}(X_{j+1} - X_j). \quad (6)$$

Вычитая из последнего соотношения соответственно левую и правую части (5), получаем

$$0 = \alpha(X_{j+1} - X_j) + \beta(1 + 1/\theta)(X_{j+2} - 2X_{j+1} + X_j) + \gamma(Y_{j+1} - Y_j). \quad (7)$$

Учитывая (4), имеем

$$\beta(1 + \frac{1}{\theta})(X_{j+2} - 2X_{j+1} + X_j) + (\alpha + \frac{\beta\gamma}{\delta\theta})(X_{j+1} - X_j) = 0,$$

или

$$\beta \frac{\lambda + 1}{\theta} X_{j+2} + (\alpha + \frac{\beta\gamma}{\delta\theta} - 2\beta \frac{\theta - 1}{\theta}) X_{j+1} + (\beta \frac{\theta + 1}{\theta} - \alpha - \frac{\beta\gamma}{\delta\theta}) X_j = 0.$$

После сокращения на коэффициент при  $X_{j+2}$  получаем

$$X_{j+2} - \left[ 2 - \frac{\alpha\delta\theta + \beta\gamma}{\beta\delta(\theta + 1)} \right] X_{j+1} + \left[ 1 - \frac{\alpha\delta\theta + \beta\gamma}{\beta\delta(\theta + 1)} \right] X_j = 0. \quad (8)$$

Введем обозначение

$$v = \frac{\alpha\delta\theta + \beta\gamma}{\beta\delta(\theta + 1)}.$$

Тогда уравнение (8) перепишем в виде

$$X_{j+2} - (2 - v)X_{j+1} + (1 - v)X_j = 0. \quad (9)$$

Уравнение (9), является однородным линейным уравнением в конечных разностях с постоянными коэффициентами.

Тогда производство МП(9) можно описать выражением:

$$X_j = c_1 + c_2(1 - v)^j, \quad (10)$$

где  $c_1, c_2$  — константы.

Следовательно, производство молока будет иметь вид:

$$Y_j = \frac{\mu}{\gamma} - \frac{\alpha}{\gamma} [c_1 + c_2(1-\nu)^j] + \frac{\beta(\theta+1)}{\gamma\theta} c_2 \nu(1-\nu)^j. \quad (11)$$

Значения констант  $c_1, c_2$  в формулах (10) и (11) найдем из начальных условий. Имеем:

$$X_j = \frac{1}{\alpha\delta\theta + \beta\gamma} [\delta\theta\mu + \beta\gamma X_0 - \gamma\delta\theta Y_0 + \delta\theta(\alpha X_0 - \mu + \gamma Y_0)(1-\nu)^j],$$

$$Y_j = \frac{1}{\alpha\delta\theta + \beta\gamma} [\beta\mu - \alpha\beta X_0 + \alpha\delta\lambda Y_0 + \beta(\lambda X_0 - \mu + \gamma Y_0)(1-\nu)^j].$$

Полученные решения характеризуют процесс развития двух сопряженных производств при заданном соотношении капитальных вложений.

Количественно величину  $\theta$  (соотношение инвестиционных вложений в смежные производства) представляется возможным вычислить, используя модель задачи линейного программирования. В качестве функционала предлагается использовать минимум среднеквадратической ошибки

$$\sum_{i=1}^{52} x_i * t_i = \sum_{i=1}^{52} D_i, \quad \sum_{j=1}^{k-1} Y_j \geq \rho \sum_{j=1}^{k-1} X_j + \sigma \sum_{j=0}^{k-1} \Delta X_j + \tau \sum_{j=1}^{k-1} Y_j + \varphi \sum_{j=1}^{k-1} \Delta Y_j.$$

где  $\rho$  — количество молока, расходуемого на производство одной тонны МП;

$\sigma$  — количество молока, расходуемого на прирост единицы мощности молокозавода;

$\tau$  — количество молока, используемого для производства одной тонны молока;

$\varphi$  — количество молока, расходуемого на прирост одной тонны молока.

Результаты оптимизации соотношения ( $\theta$ ) инвестиционных вкладов ( $\mu = 1000$  тыс. руб.) составляют 3,06 (рис. 1). Это указывает на то, что при 1000 тыс. руб. инвестиций 246 тыс. руб. нужно вложить в производство молока и 754 тыс. руб. в МП. Следует также отметить, что время выхода на устойчивый режим производства после инвестиций в свя-

$$c_1 = \frac{\delta\theta\mu + \beta\gamma X_0 - \gamma\delta\theta Y_0}{\alpha\delta\theta + \beta\gamma},$$

$$c_2 = \frac{\delta\theta(\alpha X_0 - \mu + \gamma Y_0)}{\alpha\delta\theta + \beta\gamma}.$$

где  $X_0, Y_0$  — начальные значения.

Подставляя эти значения в (10) и (11), окончательно получим количество тонн каждого вида продукта (МП, молоко), которые выпускаются сопряженными предприятиями:

кумулятивного квартального производства МП ( $X_i$ ) и спроса ( $D_i$ ) на нее:

$$\sqrt{\sum_{i=1}^4 (X_i - D_i)^{0,5} / 4}.$$

Ограничения при достижении минимума функционалом отражают следующие выражения: выполнение годового плана выпуска молочной продукции, обеспечение работы уже имеющих место молочных производств

занные производства составляет около пяти месяцев. Этот период всецело зависит от параметров исходных данных (табл. 1).

**Выводы.** Предложенная модель расширяет возможности предвидения результатов планируемых капиталовложений в связанные производства. Рекомендации относительно инвестиционных вложений получены с учетом гармонического развития связанных производственных мощностей. Моделирование процессов планирования капитальных вложений подчинено основному требованию — рачительному использованию инвестиционных фондов в отраслях народного хозяйства в условиях микро- и макроэкономических ограничений.

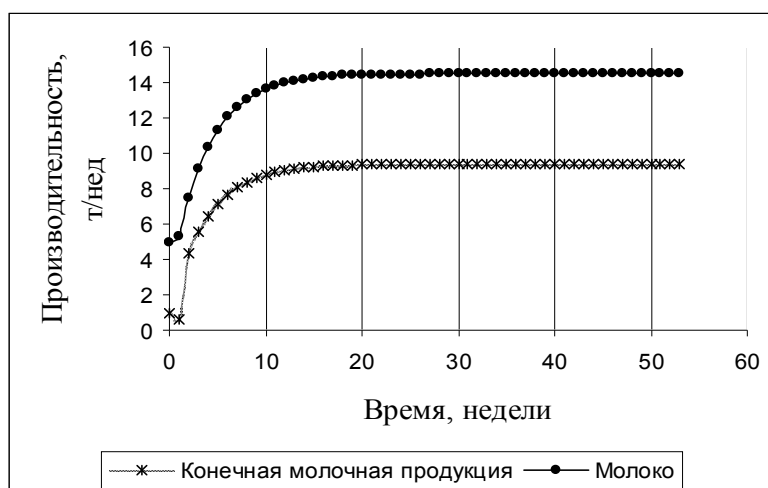


Рисунок 1 Динамические процессы при инвестициях в сопряженные производства

Предложенная математическая модель в форме уравнений в конечных разностях построена на основе баланса инвестиционных затрат и интенсивности их расходования в развитие связанных производств. Все это позволит результаты планируемой отраслевой и межотраслевой инновационной политики приблизить к реальным с учетом уже действующих мощностей и

социальных потребностей в регионе. Следует отметить, что принцип предвидения в управлении изменениями (форсайтинг) в производственных и непроизводственных сферах основывается на установлении тенденций развития одной из финишных отраслей, а затем в силу их связанности проводится гармонизация капиталовложений всей цепи бизнес-процесса.

### Библиографический список

1. Глазьев, С. Ю. Перспектива социально-экономического развития России [Текст] / С. Ю. Глазьев // *Экономист*. — 2009. — № 1. — С. 3–18.
2. Лахметкина, Н. И. Понятие и сущность инвестиционной привлекательности предприятия [Текст] / Н. И. Лахметкина // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. — 2010. — № 16. — С. 35–39.
3. Устинкин, С. В. Инвестиционная политика в Российской Федерации [Текст] / С. В. Устинкин, К. М. Самсонов // *Власть*. — 2010. — № 2. — С. 8–10.
4. Лебедев, Д. С. Международная инвестиционная политика предприятий [Текст] : учеб. пособ. / Д. С. Лебедев. — Ярославль : ЯрГУ, 2010. — 167 с.
5. Русанова, А. Перспективные инвестиции [Текст] / А. Русанова // *Компаньон*. — 2012. — № 16. — С. 62–65.
6. Асаул, Н. А. Теория и методология институциональных взаимодействий субъектов инвестиционно-строительного комплекса [Текст] / Н. А. Асаул. — СПб. : Гуманистика, 2004. — 280 с.

© Шиков Н. Н.

Рекомендовано к печати д.э.н., проф. каф. СКС ДонГТИ Бизяновым Е. Е.,  
к.э.н., доц. каф. ЭУ ЛГУ им. В. ДАЛЯ Дьячковой В. В.

Статья поступила в редакцию 09.11.2020.

**PhD in Engineering Shikov N. N.** (*DonSTI, Alchevsk, LPR, shikovnik2010@mail.ru*)

**DYNAMIC MODEL OF INVESTMENTS IN RELATED INDUSTRIES**

*The article presents a method to harmonize investments in the development of related industries using the example of dairy enterprises. The harmonization model is based on the production costs and the intensity of costs on its increasing in related industries.*

**Key words:** *related industries, production capacity, equation in finite differences, production costs, resource restrictions, functionality.*