

Дорошенко Ю. А., д-р экон. наук, проф.,  
Сомина И. В., канд. экон. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ\*

[irasomina@yandex.ru](mailto:irasomina@yandex.ru)

*В работе представлено экономическое обоснование и математический инструментарий решения задачи о выборе оптимального направления инновационно-технологического развития предприятия. Выделены преимущества, ограничения и направления дальнейшего развития разработанного подхода.*

**Ключевые слова:** инновация, технология, хозяйствующий субъект, стратегия, динамическое программирование, функция Беллмана, оптимальное решение.

Согласно официальной статистике, в России в 2013 г. наблюдалось некоторое повышение уровня инновационно-технологической активности: в течение года было создано 1429 передовых производственных технологий [6], что на 8% превысило уровень предыдущего периода. Преобладающая часть разработанных технологий относится к сфере производства, обработки и сборки (36,2%), а также проектирования и инжиниринга (29,8%). Одновременно с этим возросло и число используемых передовых технологий, однако прирост этого показателя значительно ниже (лишь 1,3%). Сопоставление вышеуказанных изменений в инновационной сфере национальной экономики актуализирует проблему технологического отставания России от ведущих мировых держав.

Безусловно, решение этой проблемы зависит от инновационно-технологической активности конкретных хозяйствующих субъектов, принимающих стратегические решения о целесообразности перехода на новые производственные технологии.

Основываясь на произведенных нами ранее исследованиях вопросов инновационно-технологического развития экономических систем и его инвестиционного обеспечения [2,4,5], предлагаем развитие этого направления на базе методологии динамического программирования.

Динамическое программирование можно рассматривать как «математический метод поиска оптимальных решений по управлению многошаговыми процессами, в которых состояние исследуемых систем изменяется во времени или поэтапно» [3]. Этот метод, научные основы которого заложены всемирно известными математиками А.А. Марковым, А. Вальдом, Р. Беллманом, в настоящее время успешно применяется для решения задач планирования и управления в различных сферах практической деятельности.

Считаем возможным использование методологии динамического программирования и для решения внутрифирменных задач выбора

оптимальной инновационно-технологической стратегии.

В условиях ускорения процессов технологического развития, сопровождающихся значительным сокращением продолжительности жизненного цикла, перед промышленными предприятиями и организациями все чаще встает вопрос о целесообразности перехода на новую технологию. При этом, как правило, значительные инвестиционные вложения в материально-техническое оснащение прогрессивных технологических решений повышают степень ответственности менеджмента компаний в принятии соответствующих решений.

Как известно, развитие каждой базовой технологии графически может быть представлено в виде S-образной логистической кривой (рис. 1).

По ходу жизненного цикла базовая технология приближается к своему предельному состоянию, когда вложения в её дальнейшее совершенствование уже не обеспечивают прироста эффективности. В определенные моменты времени на рынке появляются альтернативные технологические решения, некоторые из которых обладают более высокой эффективностью и способны вытеснить существующие.

Таким образом, на представленном графике можно выделить некоторый временной интервал  $T_0T_T$ , характеризующийся сосуществованием новой и базовой технологий. Этот интервал можно разбить на некоторое количество равных отрезков, например, продолжительностью год или квартал, и выделить таким образом моменты времени  $T_1, T_2, \dots, T_{T-1}$ . В каждый из соответствующих моментов времени перед предприятием стоит выбор: продолжать применение базовой технологии (например, из точки  $T_0$  двигаться в точку  $T_{11}$ ) или осуществить переход на новую (перемещаться из точки  $T_0$  в точку  $T_{21}$ ).

Выделим ключевые положения, влияющие на принятие решения.

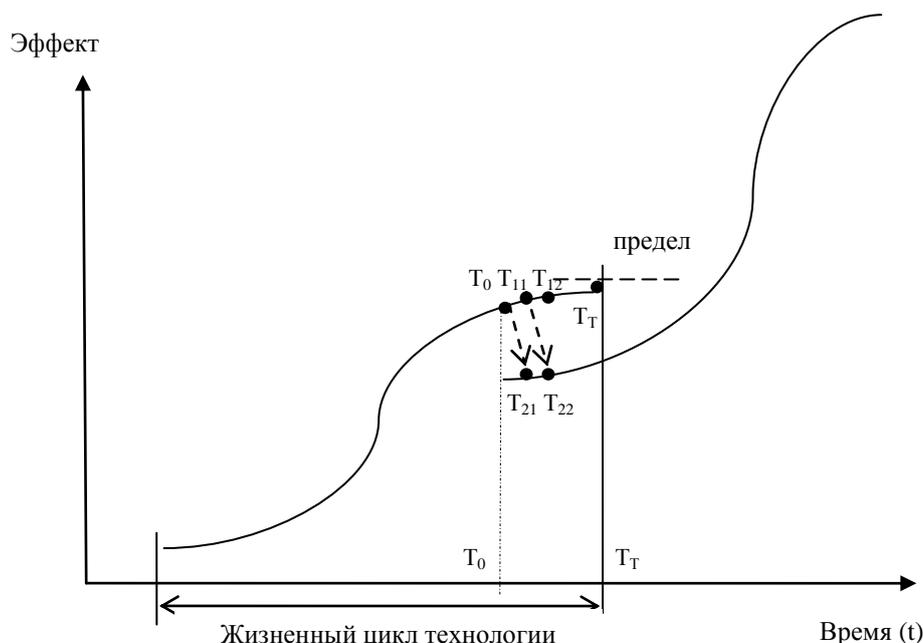


Рис. 1. Графическое изображение S-образной логистической кривой

Старение производственной технологии, как правило, сопряжено с физическим и моральным износом основных средств, а также происходящим под воздействием рыночной конъюнктуры сокращением спроса и цены на производимую продукцию.

Переход же на новую технологию с течением времени становится для хозяйствующего субъекта всё менее инвестиционно затратным, однако одновременно сокращается и потенциальная величина выручки. Также следует отметить, что использование нового технологического решения чаще всего делает производство менее материал-, энерго- и трудоемким, что приводит к повышению конкурентоспособности продукции и росту доходности предприятия.

Поскольку значения большинства вышеупомянутых технико-экономических показателей – величины разнонаправленные и переменные, зависящие от конкретного момента времени, то решение о выборе инновационно-технологической стратегии компании целесообразно обосновывать итоговым значением прибыли от продаж.

Основываясь на работах [1,3], представим вышеописанную задачу в формализованном виде.

$$f_i(t) = \begin{cases} [P_{баз}(t) \times V_{баз}(t) - C_{баз}(t) \times V_{баз}(t)] \times (1 - H), u_i = \text{"БТ"} \\ [P_{нов}(t) \times V_{нов}(t) - C_{нов}(t) \times V_{нов}(t)] \times (1 - H) + S_{баз}(t) - I_{нов}(t), u_i = \text{"НТ"} \end{cases} \quad (2)$$

где  $P_{баз}(t)$ ,  $P_{нов}(t)$  – цена продукции, произведенной в году  $t$ , с использованием соответственно базовой или новой технологии;  $V_{баз}(t)$ ,  $V_{нов}(t)$  – натуральное выражение объема проданной в году  $t$  продукции, произведенной соответственно с использованием базовой или но-

вой технологии;  $C_{баз}(t)$ ,  $C_{нов}(t)$  – стоимостное выражение текущих затрат предприятия, связанных с производством и продажей продукции по соответственно базовой или новой технологии в году  $t$ , включая затраты на материально-техническое обеспечение производственной

Пусть  $N$  – число шагов, соответствующее временному горизонту разработки стратегии, определяемое в годах (для отраслей с короткой продолжительностью жизненного цикла технологий, например ИТ-сектор, считаем возможным измерение показателя в месяцах или кварталах). Тогда  $i=1, \dots, N$  – текущий номер расчетного шага.

Введем фазовую переменную  $t$ , соответствующую «возрасту» технологии (истекшей продолжительности ее жизненного цикла), и управляющую переменную  $u_i$ , определяющую решение менеджмента компании в отношении стратегии инновационно-технологического развития. В соответствии с условием поставленной задачи переменная  $u_i$  носит альтернативный характер может принимать одно из двух нечисловых значений:

$$u_i = \begin{cases} \text{БТ} \equiv \text{"базовая технология"} \\ \text{НТ} \equiv \text{"новая технология"} \end{cases} \quad (1)$$

Условие выбора управляющей переменной определим через максимум величины прибыли компании за весь планируемый период ( $N$  лет), рассчитываемой через функцию Беллмана. Для каждого расчетного шага функция вычисления чистой прибыли может быть представлена в следующем виде:

вой технологии;  $C_{баз}(t)$ ,  $C_{нов}(t)$  – стоимостное выражение текущих затрат предприятия, связанных с производством и продажей продукции по соответственно базовой или новой технологии в году  $t$ , включая затраты на материально-техническое обеспечение производственной

технологии;  $H$  - ставка налогообложения прибыли;  $S_{баз}(t)$  - чистая ликвидационная стоимость базовой технологии в году  $t$ ;  $I_{нов}(t)$  - инвестиционные вложения во внеоборотные (включая нематериальные) и оборотные активы, связанные с переходом на новую технологию в году  $t$ .

$$f_1(t) = \max \begin{cases} [P_{баз}(t) \times V_{баз}(t) - C_{баз}(t) \times V_{баз}(t)] \times (1 - H), u_i = "БТ" \\ [P_{нов}(t) \times V_{нов}(t) - C_{нов}(t) \times V_{нов}(t)] \times (1 - H) + S_{баз}(t) - I_{нов}(t), u_i = "НТ" \end{cases} \quad (3)$$

Решение задачи будет найдено при вычислении чистой прибыли компании за весь период, т.е. определении значения функции  $f_N(t)$ .

$$f_{i+1}(t) = \max \begin{cases} [P_{баз}(t) \times V_{баз}(t) - C_{баз}(t) \times V_{баз}(t)] \times (1 - H) + f_i(t+1), u_i = "БТ" \\ [P_{нов}(t) \times V_{нов}(t) - C_{нов}(t) \times V_{нов}(t)] \times (1 - H) + S_{баз}(t) - I_{нов}(t) + f_i(1), u_i = "НТ" \end{cases} \quad (4)$$

Таким образом, рекуррентные формулы (3) и (4) позволяют реализовать концепцию динамического программирования, развернув процесс нахождения оптимального решения с конца планового периода, т.е. последовательно определяя значения функций  $f_1(t), f_2(t), \dots, f_N(t)$  для различных значений  $t$ .

Подчеркнем, что основными допущениями предложенного подхода являются:

1) наличие технических и финансовых возможностей для освоения новой технологии за период времени продолжительностью менее одного расчетного шага;

2) в рассмотрении находятся только две альтернативные технологии, в то время как на практике зачастую приходится рассматривать сразу несколько новых технологических решений.

Полагаем, что вышеуказанные ограничения по использованию разработанного методического инструментария могут быть сняты путем введения в рекуррентные формулы (3) и (4) дополнительных условий.

На наш взгляд, результаты произведенного исследования имеют практическую ценность для хозяйствующих субъектов, принимающих решение о выборе направления инновационно-технологической развития. Использование методологии динамического программирования позволяет рационализировать процесс решения поставленной задачи, избегая полного перебора имеющихся вариантов. Основным недостатком предлагаемого подхода считаем высокую степень зависимости результата от точности прогнозов спроса и цен на продукцию, производимую с использованием базовой и новой технологий, а также динамики инвестиций в новое технологическое решение.

Отметим соответствие формулы (2) основным допущениям метода динамического программирования: отсутствие последствий и аддитивность результирующей функции, что обусловлено условием решаемой задачи.

Таким образом, для обоснования решения о переходе на новую технологию последовательно двигаясь с конца планового периода (где  $i=1$ ), необходимо вычислить функцию Беллмана:

Установление связи между  $f_{i+1}(t)$  и  $f_i(t)$  позволяет принять окончательное решение, вычислив функцию Беллмана вида:

*\*Статья опубликована при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 годы (№ 2011-ПР-146)*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бережная Е.В., Бережной В.И. Математические методы моделирования экономических систем. М.: Финансы и статистика, 2006. 432 с.
2. Дорошенко Ю.А., Манин А.В. Технологии и актуальные модели инвестиционного развития регионов и городов Российской Федерации // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №1. С. 128-132.
3. Лежнёв А.В. Динамическое программирование в экономических задачах. - М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2006. 176 с.
4. Сомина И.В. Инновационно-технологическое развитие экономики: концептуальные основы, моделирование и оценка // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2013. №4. С. 375-381.
5. Сомина И.В. Использование метода динамического норматива при оценке инновационных процессов в экономике // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №1. С. 116-120.
6. Федеральная служба государственной статистики. Официальная статистика. Наука, инновации и информационное общество. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/science\\_and\\_innovations/science/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/science_and_innovations/science/#) (дата обращения 05.06.2014).