

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

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.

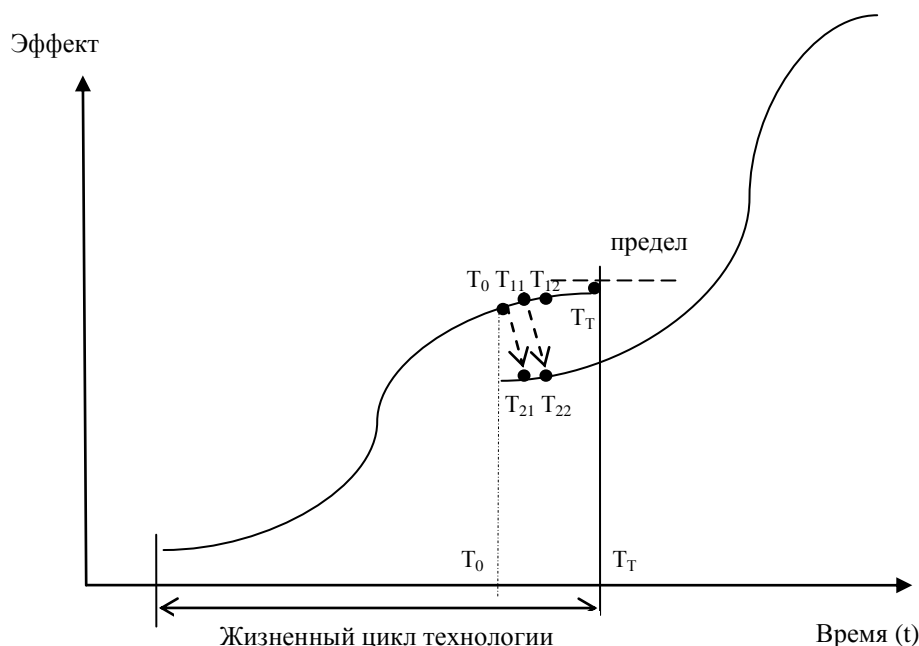


Рис. 1. Графическое изображение S-образной логистической кривой

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.: Бином. 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/# (дата обращения 05.06.2014).