

**Д. С. Тюмина**, аспирант Санкт-Петербургского государственного экономического университета  
*e-mail: dasha.tyumina@gmail.com*

## РОЛЬ S-ОБРАЗНОЙ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ИННОВАЦИОННЫМ ПРОЦЕССОМ

*В данной статье представлена S-образная зависимость технологического параметра от объема интеллектуальных затрат. Определено понятие S-образной модели и присутствующих в ней физических законов, ограничивающих производительность и устанавливающих максимум возможностей технологии. Ключевыми элементами данной модели выступают ее технологический предел и технологический потенциал.*

*В статье сделан вывод о том, что предлагаемая модель является инструментом для прогнозирования технологического прогресса, а также для принятия стратегических решений в инновационном менеджменте.*

**Ключевые слова:** S-кривая развития технологии, жизненный цикл инновации, технологический предел, технологический разрыв, технологический потенциал.

В условиях неопределенности предпринимательской деятельности становятся актуальными вопросы обеспечения развития инновационных компаний, их способности прогнозирования и повышения уровня производительности. Зачастую запланированные стратегические изменения не приносят ожидаемых результатов, что во многом связано с недостаточной эффективностью методических основ управления процессами развития инноваций. В деловом мире существует понятие технологического предела, который указывает, какие технологии и процессы в скором времени начнут устаревать и перестанут приносить доход компаниям [3]. Ключевую роль при прогнозировании будущего компании играет способность инновационных менеджеров определять технологические пределы, так как именно он является ключом к выявлению момента, когда необходимо браться за разработку новой технологии.

По мере приближения к пределу издержки, связанные с дальнейшим продвижением продукта, стремительно возрастают. Следовательно, для компании крайне важно определить технологический предел, чтобы предугадать перемены и, по меньшей мере, перестать инвестировать в то, что уже нельзя усовершенствовать. Для большинства компаний проблема состоит в том, что они не могут предугадать появление предела.

Идеи S-кривой технологии и технологических разрывов были разработаны еще в начале 1980-х гг. экономистом Ричардом Фостером, директором американской консалтинговой

компании McKinsey, и стали основой осмысления технологической стратегии. Таким образом, S-кривая представляет собой стандартную траекторию улучшения технических характеристик технологии в непосредственной связи с кумулятивными интеллектуальными затратами [3]. Это индуктивно полученная модель технологического прогресса. Сам же термин S-кривой был образован из полученной формы построенного графика, как показано на рисунке.

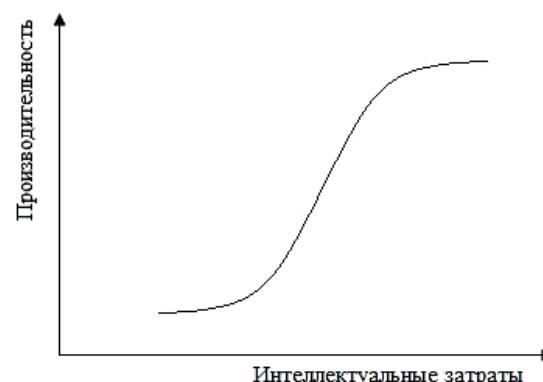


Рис. 1. График S-кривой технологии

*Источник:* S. Conway. Managing and Shaping Innovation, p. 130.

Вертикальная ось отражает технические параметры технологии, которые могут быть изменены несколькими способами. Так, на примере автомобильного двигателя, можно взять технические показатели ускорения, максимальной скорости, эффективности использования топлива или

выбросов. Таким образом, в модели S-кривой технические характеристики может представлять как один показатель производительности, так и их сочетание. Р. Фостер акцентировал внимание на том, что технические параметры эффективности должны представлять не только ценность для покупателя, но и нести смысл для ученых и инженеров, которые занимаются разработкой технологии [3]. Горизонтальная ось на рисунке отражает совокупные затраты на научные исследования, а не время, как во многих других моделях, так как, по мнению американского экономиста, не потраченное время определяет прогресс, а приложение определенных усилий и трудозатрат. Существует несколько распространенных показателей, которые используются для измерения объема интеллектуальных затрат: инвестиции в научные разработки, количество научных сотрудников и человеко-часы.

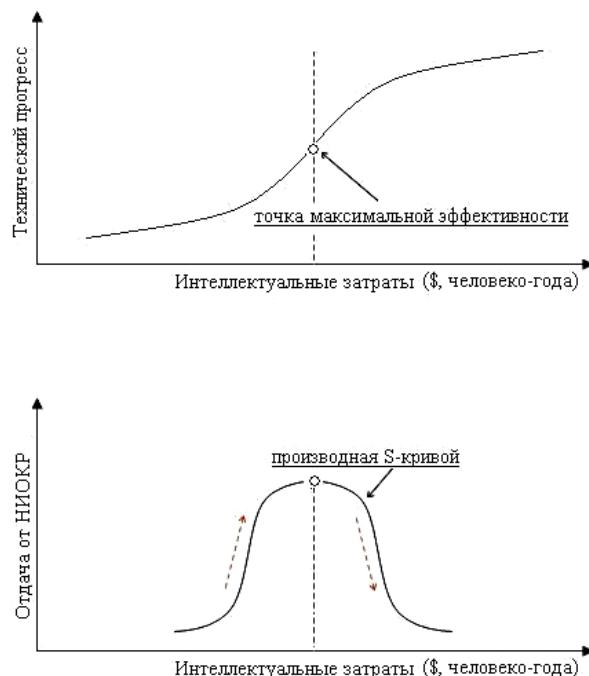


Рис. 1. Оценка продуктивности НИОКР

Источник: Conway S. and Steward F., «Managing and Shaping Innovation» // Oxford: Oxford University Press – 2009.

Итак, оценка продуктивности НИОКР путем графического анализа позволяет сделать следующие выводы:

- высокая отдача от НИОКР в точке перегиба кривой соответствует максимальной производительности на стадии быстро растущих дополнительных инноваций в процессе разработки продукта;

- стремительно сокращающиеся затраты на НИОКР после точки перегиба соответствуют зрелой стадии технологии и указывают на необходимость рассматривать переход на следующее поколение S-кривой.

S-кривая технологии состоит из трех участков, которые обозначаются как стадии появления, роста и зрелости.

На первой из них:

- технология не четко определена, основывается на гипотезе;
- значительно изменяется дизайн продукта;
- производственный процесс носит адаптивный характер;
- темпы повышения технических характеристик технологии проходят медленно.

Улучшение технических параметров под воздействием научных исследований незначительно, эта стадия представлена небольшим подъемом в нижней части S-кривой.

На стадии роста, по мере накопления и распространения знаний о технологии, темпы ее совершенствования начинают ускоряться. Этот период характеризует:

- передовое технологическое исполнение продукта;
- максимизацию эксплуатационных характеристик;
- постепенные незначительные усовершенствования технологии;
- повышенную отдачу и быстрый рост рынка.

Эта стадия представлена крутым центральным сегментом S-кривой. В точке перегиба S-кривой (посередине) производительность достигает своего максимума. До нее фирмы-инноваторы извлекают выгоду от увеличения отдачи на единицу вложения в НИОКР. Переходя данную точку, фирма начинает терпеть убытки [8]. Индийский ученый Девендра Сахал объясняет это явление снижением темпов технического прогресса как из-за изменения степени сложности, так и присутствия феномена масштаба<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Технология системы есть функция от ее размеров и масштабов ее применения, при этом само понятие масштаба Д. Сахал интерпретирует следующим образом: для нормального функционирования систем всегда существуют как верхние, так и нижние предельные масштабы, вне которых нарушается эффективность работы системы. Эффект масштаба очень сильно действует, когда система достигает некоторых критических размеров, при которых начинает действовать иначе.

Для стадии зрелости характерны:

- высоко стандартизованный продукт;
- устоявшийся рынок;
- минимизация затрат производственного процесса инноваций;
- увеличивающиеся интеллектуальные и временные затраты;
- низкие удельные издержки и большой рынок.

На стадии зрелости технологии отдача от НИОКР начинает снижаться более быстрыми темпами по мере приближения к естественным или физическим пределам технологии, что отражает пологий склон в верхней части S-кривой [2].

Важным элементом модели S-кривой является понятие технического предела, преодолев который, компания уже не сможет усовершенствовать качественные характеристики технологии вне зависимости от дополнительных вложений в НИОКР. Технический предел является естественным ограничением, установленным законами природы, таким, как например, ограниченное кристаллической структурой кремния количество транзисторов, которое может быть размещено на квадратный сантиметр кремния. Однако Р. Фостер утверждает, что большинство отраслей далеки от непреодолимых естественных барьеров, и скорее сталкиваются с фактическими технологическими рамками [3], а именно техническими барьерами, которые преодолевает организация, лежащими больше в сфере проектных решений и допущений, обусловленных самой компанией, нежели естественно возникающими технологическими ограничениями. Эта позиция хорошо отражена в случае с созданием ЭВМ с сокращенным набором команд (Reduced Instruction Set Computer – RISC). Модель «RISC» разрабатывалась в середине 1970-х гг., в то время когда многие были уверены, что технические показатели микропроцессоров достигли своего предела. Однако путем использования упрощенных

команд «RISC» добилась значительного повышения скорости микропроцессоров<sup>1</sup>.

Так, потенциал эволюции технологий практически неограничен, так как гибридизация позволяет преодолевать барьеры развития [2]. Она обеспечивает развитие системы в сторону упрощения. При этом подсистемы могут становиться сложнее, а сама система (ее архитектура) – проще.

Другим ключевым аспектом модели S-кривой является концепция технического потенциала технологии, которая представляет собой разрыв между текущим уровнем развития технологии и ее техническими ограничениями. Визуально технический потенциал представляет собой разрыв между текущей позицией на S-кривой для данной технологии и верхней точкой графика.

Подход S-кривой технологии может применяться как на организационном уровне, так и на производственном. Существуют примеры использования этой модели на обоих уровнях: на организационном уровне в сфере выпуска автомобильных покрышек и комплектующих частей дисководов; на производственном: при создании искусственного сердца, карманных часов и авиационных двигателей [9].

На первый взгляд, S-образная модель развития технологии кажется понятной и очень простой. Кроме того, большое разнообразие эмпирических исследований, в том числе и перечисленных выше, доказывают ее актуальность и эффективность. Она, таким образом, представляет собой инструмент для прогнозирования технологического прогресса, а также для принятия стратегических решений.

Если станет возможным определить ключевые технологические параметры (производительность, точность, надежность), проследить начальные этапы их роста по отношению к трудозатратам на развитие НИОКР и установить их пределы, то у нас появятся предпосылки для прогнозирования действий, направ-

<sup>1</sup> Микропрограммное управление из-за своей сложности стало занимать до 60% площади кристалла кремния, что либо не допускало использования эффективных средств арифметической обработки данных, либо требовало размещения частей процессора на разных кристаллах. Все это приводило к существенному ограничению производительности, увеличивало сроки разработки и снижало выход годных кристаллов. В 1980-х гг. исследователями было замечено, что при выполнении программ наиболее активно используется около 30% сравнительно простых команд арифметики и управления. Постепенно стало формироваться направление развития архитектуры компьютеров, требующее, чтобы система команд процессора содержала минимальный набор наиболее часто используемых и наиболее простых команд. Это направление получило название – RISC (Reduced Instruction Set Computer).

ленных на улучшение текущего положения компании, также мы сможем рассчитать, какие потребуются усилия для достижения более высокого уровня производительности [7].

Перед использованием модели S-кривой необходимо отметить, что все параметры мониторинга и совершенствования характеристик технологии играют важную роль и, следовательно, не должны игнорироваться, а, наоборот, учитываться полностью и включать, к примеру, потребности клиентов и изменения в законодательстве. Это один из способов, при котором траектория технологии формируется экзогенными факторами.

Модель показывает, что на ранних стадиях развития технологии требуются большие трудозатраты на НИОКР для установления базовых знаний и опыта для дальнейшего прогресса, то есть на начальном этапе развития технологии исследования могут дать крайне незначительный результат в повышении ее эффективности. Таким образом, требуется терпение, так как подобная «закладка фундамента» имеет жизненно важное значение для организации, стремящейся перейти к стадии технологического роста, при котором НИОКР начнут приносить быстро возрастающую отдачу. В качестве такого примера можно привести успешную координацию научно-исследовательской деятельности лабораторий по всему миру в области картографии генетической структуры человека в рамках проекта «Геном», являющегося ярким примером стадии роста S-кривой [6].

Модель также подчеркивает важность определения технических ограничений и, следовательно, технического потенциала технологии. Инновационным организациям, следовательно, необходимо вкладывать средства в изучение научной основы явлений и материалов технологии. Автор модели Р. Фостер в качестве примера приводит историю развития первого синтетического автокорда (волокна, используемого при производстве автопокрышек), для того чтобы подчеркнуть важность определения технического предела заблаговременно: из совокупного объема инвестиций в развитие волокна в размере 100 млн долл. США, первые 60 млн долл. США принесли 800% усовершенствования технических характеристик материала. По мере достижения технологией стадии зрелости и в конечном счете технических ограничений нового изделия, последующие инвестиции в НИОКР размером в 15 млн

долл. США привели лишь к 25% росту, а последние 25 млн долл. США только к 5%-ому. Экономист убежден, что если бы организациям, разрабатывающим автокорд, были известны его технические ограничения, то стратегии инвестирования в НИОКР скорее всего были бы иными [6].

По мере того как технические пределы технологии приближаются и технический потенциал уменьшается, каждое приращение трудозатрат НИОКР в будущем дает более низкий прирост улучшения технических характеристик технологии, как это было продемонстрировано в случае с автокордом. Таким образом, быстро убывающая отдача от НИОКР показывает неизбежное приближение к техническим пределам.

Многие руководители предприятий путают понятия экономического (финансового) и технологического (производственного) состояния или «здоровья» компании. Р. Фостер по этому поводу отмечает: так как большинство компаний не знают, как измерить технологическое «здоровье», они делают оценку их экономической составляющей. Проблема заключается в том, что экономические показатели являются результатом многих аспектов, которые, по существу, не зависят от базового технологического «здоровья» организации [9]. То есть инновационные компании могут по-прежнему иметь высокие показатели продаж и прибыли от данной технологии, в то время как сама она начинает приближаться к своему техническому пределу. Таким образом, акцент на технологическом состоянии организации с помощью таких инструментов, как S-кривая, может также стимулировать предприятие принимать долгосрочную перспективу их экономического благополучия.

Пожалуй, суть стратегического управления технологиями заключается в том, чтобы определить, когда точка перегиба на S-образной кривой технологии пройдена, выявить и разработать технологии следующего поколения, которые поднимаются снизу и в конечном счете меняют нынешнюю [5]. Таким образом, еще до приближения технических пределов технологии, инновационные компании должны начать поиски и инвестировать в альтернативные технологии, которые позволят в дальнейшем улучшить эффективность работы в отношении конкретного практического применения или потребностей рынка в целом [4]. Таким обра-

зом, самое главное – вовремя сменить технологию в точке пересечения S-кривых старой и новой технологий.

Переход от одной технологии к другой, и таким образом от одной технологической S-кривой к другой известен как «технологический разрыв»:

- каждая S-кривая зависит от основного, присущего ей физического процесса, определяющегося применяемым техническим подходом;
- альтернативные физические процессы для достижения той же функциональности ведут к обособлению и отделению S-кривых;
- следующие поколения технологий представляют собой достижения технических характеристик в кратном размере по сравнению с



Рис. 3. Технологический разрыв: переход к следующему поколению S-кривой

*Источник:* Conway S. and Steward F., «Managing and Shaping Innovation» // Oxford: Oxford University Press – 2009.

предшествующей технологией и, как правило, базируются на радикальных технологических инновациях;

- скачок с одной S-кривой на другую требует обоснования, когда и каким образом это должно быть сделано, также должны быть правильно спрогнозированы необходимые структурные изменения в технологии и стратегии.

Переход от одной технологии к другой является трудным и требующим больших усилий путем для многих функционирующих организаций (находящихся в пределах сектора). В особенности, это влечет за собой устаревание существующих базовых технологий, которые по-прежнему могут служить базисом экономического успеха организаций.

Таким образом, модель S-кривой технологии становится гибким инструментом анализа инновационной деятельности предприятия. Простота концепции позволяет применять данный инструмент для широкого круга задач организационного и производственного характера. Применяемая для оценки отдачи отложений в НИОКР, данная модель позволяет координировать процесс управления инновациями и оказывать соответствующее влияние на показатели эффективности производства. Прогностические возможности данного инструмента, применимые для стратегического менеджмента, дают возможность определить технологические рамки новой технологии на начальном этапе ее развития и предопределить возможности ее трансформации в новом качестве.

### Литература

1. Кристенсен, К. Дilemma инноватора / К. Кристенсен ; пер. с англ. М. : Альпина Бизнес Букс, 2004. – С. 239.
2. Сахал, Д. Технический прогресс: концепции, модели, оценки / Д. Сахал. – М. : Финансы и статистика, 1985.
3. Фостер, Р. Обновление производства: атакующие выигрывают / Р. Фостер. М. : Прогресс, 1987. – С. 34–37.
4. Becker, R. Putting the S curve to work / R. Becker, L. M. Speltz // Research Management. – September – October. – 1983. – P. 31–33.
5. Christenson, C. Exploring the Limits of the Technology S-curve / C. Christenson // Production and Operations Management. – Vol. 1. – No. 4. –1992.
6. Conway, S. Managing and Shaping Innovation / S. Conway F. Steward // Oxford : Oxford University Press. – 2009. – P. 130.
7. Lee, T. Technology life-cycles and business decisions / T. Lee, N. Nakicenovic // International Journal of Technology Management. – 1988. – P. 411–426.
8. Nelson, R. An Evolutionary Theory of Economic Change/ R. Nelson, S. Winter. – Harvard University Press, Cambridge, MA. – 1982. – P. 357.
9. Sharif, N. Emergence and Development of the National Innovation Systems Approach / N. Sharif. – Research Policy 35. – 2006. – P. 756.