

Р.С.Каренов

Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букедова
(E-mail: Karenov_r@inbox.ru)

Применение логистических функций для фундаментальных исследований в области освоения новых горных технологий (на примере угольной промышленности)

Доказано, что развитие многих процессов в экономике, в том числе и на предприятиях, отражается логистической кривой. Дана характеристика данной кривой, как представляющей собой временную либо другую зависимость параметров объекта. Уделено внимание выявлению сущности инновационных процессов на основе логистической кривой. Отмечена необходимость подразделения технологий на три основных типа, в зависимости от уровня их изменчивости. Рассмотрены вопросы параметризации логистической функции. Показаны возможности применения этой функции для составления прогноза темпов технического прогресса т.е. смены одной горной технологии другой на основе данных шахт Карагандинского бассейна. Высказаны прогнозные соображения о путях обеспечения технологической независимости ведущих отраслей народного хозяйства, в том числе и угольной промышленности Казахстана.

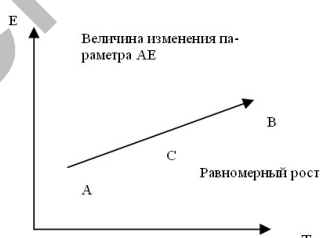
Ключевые слова: логистическая кривая, инновация, параметр, процесс, технология, жизненный цикл спроса, инвестиции, Гомперц.

Отражение развития многих процессов в экономике с помощью логистической кривой

Развитие многих процессов в экономике, в том числе и на предприятиях, отражается логистической кривой, представляющей собой временную либо другую зависимость параметров объекта. Логистическую кривую еще называют S-образной, так как она напоминает букву S, но смещенную вправо в верхней ее части и влево — в нижней. S-образной кривой моделируется процесс резкого (скачком) перехода от одного стабильного состояния к другому, процесс радикальных изменений организации, сопровождающих ее инновационную деятельность, процесс нарастания и развития кризисных явлений.

Логистическая кривая характеризует стадию роста (growth — G), точнее говоря, стадию неравномерного роста (его ускорения — G_1 и замедления — G_2). Это средняя позиция между стадией зарождения, возникновения (emergence — E) явления и стадией его зрелости (maturity — M). Для завершения описания цикла развития явления осталось упомянуть о последней завершающей стадии — стадии затухания (die down, или die out, — D). Таким образом, S-образная кривая описывает развитие явления на стадии роста G , т.е. динамичный переход от одного стабильного состояния (стадия E), когда значения параметров явления только стали различимыми, заняли некоторое минимальное положение (вполне допустимо, что это положение они могли занять скачком или медленно равномерно увеличиваясь), до другого стабильного на некоторый период состояния (стадия M) с максимальными значениями параметров. Подобный скачок может быть повторен еще один раз (развитие с повторным циклом) или даже несколько раз («гребешковая» кривая развития), но наступление стадии затухания D неизбежно.

Целевой параметр развития (рост)

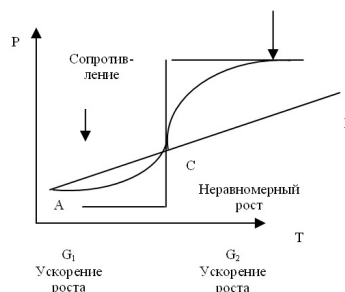


Длительность инновационного переходного процесса — AD

A — начальное состояние параметра;
B — конечное состояние параметра, рост значений параметра;
C — среднее состояние параметра

а)

Целевой параметр развития (рост)



б)

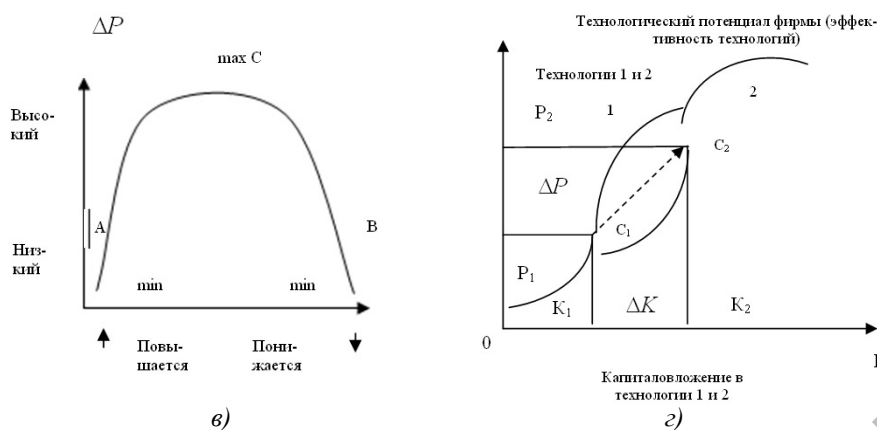


Рисунок 1. Применение логистических S-образных кривых (данные работы [1; 59])

Переходный процесс, присущий инновационным и кризисным явлениям, имеет начало и конец, начальное и конечное состояние (на рис. 1 а, точки А и В). Вектор АВ отражает либо процесс достижения цели, либо развитие явления.

Проекция АВ на вертикальную ось, характеризующую значения какого-либо параметра, явления или целевого параметра, показывает нам величину изменения (скачка, рывка), а проекция АВ на временную (горизонтальную) ось отражает длительность переходного процесса (явления, достижения цели).

S-образная логистическая кривая показывает характер продвижения от начального к конечному состоянию. При равномерном движении это прямая АВ. При S-образном движении процесс разбивается как бы на две примерно равные части АС и СВ. До точки С прирост значения параметра ниже прямой АС, хотя и выше уровня прежнего роста. То есть прирост идет (есть ускорение роста), но сначала медленно, так как сказывается сопротивление среды, и только потом, ближе к средней точке С, ускорение становится максимальным (на рис. 1 б и в, точка С), а само значение параметра становится одинаковым и на прямой АВ и на кривой (здесь кривая и прямая АВ пересекаются в точке С).

Эту часть процесса называют стадией «ускоренного роста» — G_1 . Во второй части процесса, когда явное и скрытое сопротивление преодолено и явление набрало инерцию, прирост параметра идет очень значительно, особенно вслед за точкой С, но далее прирост замедляется, так как вступает в действие естественное ограничение по масштабу, явление из-за ограничений, свойственных либо внутренней, либо внешней среде объекта (например, для роста спроса ограничителем выступает емкость рынка). Вторую часть переходного процесса называют стадией «замедленного роста» — G_2 . Фактически же это две составляющие стадии роста G .

Логистическую кривую используют при характеристике развития различных сторон потенциала организации и ее положения во внешней среде: описания жизненных циклов спроса, технологии, товара и даже самой организации [1; 60].

Ряд исследователей называют логистическую функцию «учебной» кривой: люди растут через испытания и ошибки, достигают уверенности и мастерства, однако если не продолжают совершенствоваться, их работоспособность и достижения начинают снижаться. Эту аналогию можно перенести на конкретные компании, которые, достигнув успеха в своем виде производства, наслаждаются жизнью и вдруг в один «прекрасный» момент начинают понимать, что они уже далеко не первые.

Выявление сущности инновационных процессов на основе логистической кривой

Чарльз Хэнди — автор книги «За пределами определенности» считает, что секрет постоянного роста компании заключается в том, чтобы перейти на новую S-образную кривую до того, как первая иссякнет. На рисунке 2 представлено, как это может выглядеть.

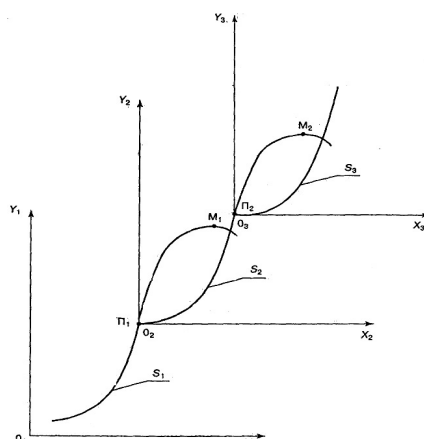


Рисунок 2. Секрет постоянного роста компаний (предприятий): P_1, P_2 — точки перегиба кривых; M_1, M_2 — точки максимума кривых (данные работы [2; 124])

Руководитель компании (предприятия) мирового класса обязан работать эффективно не только на одной или другой S-образной кривой, но и на обеих одновременно, причем стратегии руководства на каждой из них имеют свои особенности. На первой — компания улучшает свое настоящее, на второй — разрабатывает свое будущее.

Идея использовать логистические кривые в руководстве компанией не нова. Имеется ряд работ по применению S-образной кривой в экономическом и научно-техническом прогнозировании. Ее применял в своем труде «Сумма технологий» знаменитый писатель-фантаст Станислав Лем и получил качественные выводы о научно-техническом развитии, которые представляют интерес и по сей день. Метод логистических кривых используется в фундаментальных монографиях, учебниках и учебных пособиях о техническом прогрессе [3–6]. Но особое место S-образной кривой в стратегии нововведений, в конкурентной борьбе, путях и способах разработки новых видов продукции, а также значение фундаментальных исследований в освоении новых технологий показал Р.Фостер — директор известной американской консультационной компании «McKinsey» в своей известной книге [7].

Как отмечают указанные выше авторы, в конце XX – начале XXI столетия технологии широкого применения стали основным мотором экономического роста. Такие технологии, которые допускают многочисленные усовершенствования, имеют различные варианты использования, применимы во многих секторах народного хозяйства и способны сочетаться с другими технологиями, повышая их эффективность. Благодаря перечисленным качествам каждая технология широкого применения порождает новые технологии, принципиально меняя технологическую структуру народного хозяйства, препятствуя убыванию отдачи факторов производства и тем самым поддерживая экономический рост.

Примерами подобных инноваций служат паровая машина, электрический двигатель, компьютер, Интернет. К их числу относят также новые способы организации производства, например, системы фабричного или массового производства. Чтобы избежать замедления экономического роста, необходимо вовремя создать новые технологии широкого применения, которые придут на смену старым, либо дополняют их, либо будут сосуществовать с ними. Однако они появляются сравнительно редко.

Одно поколение машин, продуктов, технологий сменяет другое, одни модели (внутри поколения) — другие. Со временем каждое последующее поколение, каждая последующая модель начинают приносить все меньшие приросты производительности, а затраты на их внедрение, если и не возрастают, то не уменьшаются. В этом есть некий технологический императив, а именно: всякое принципиально новое направление техники небеспредельно, не может дать больше того, что в нем заключено.

Вначале, когда средства вкладывают в разработки нового продукта, успехи незначительны. Затем, когда в дело идут ключевые для достижения успеха знания, результаты улучшаются скачкообразно. Наконец, по мере инвестирования в данный продукт или процесс дополнительных средств технический прогресс становится все более трудным и дорогостоящим, т.е. достигает своего предела. В экономическом мире технологические пределы указывают, какие технологии, машины и процессы скоро начнут устаревать. Они представляют собой ту причину, по которой продукты в конце концов перестают приносить доход компаниям. Способность менеджеров распознавать пределы имеет ре-

шающее значение при определении успеха или неудачи компании, ибо предел — самый надежный ключ к выявлению момента, когда придется разрабатывать новую технологию.

Суть вопроса такова: как бы ни определять технологию, она всегда имеет предел — либо в виде предела для конкретной технологии, либо в виде последовательности пределов для нескольких технологий, которые вместе образуют более крупную технологию, продукт или метод ведения дел. Если достигнут предел, то, как ни старайся, продвижение вперед невозможно. По мере приближения к пределу издержки, связанные с дальнейшим продвижением, резко возрастают. Следовательно, для компании важно осознать технологический предел, чтобы предвидеть перемены и перестать вкладывать деньги в то, что уже нельзя усовершенствовать. Для большинства компаний проблема состоит в том, что они не видят этого предела.

Кстати, эффективное управление технологическими разрывами основано именно на определении пределов действующей технологии, оценке скорости приближения к технологическому пределу, своевременной разработке и освоении новой технологии.

Как показывает практика, проблема управления технологическими разрывами (перехода на новую технологию) усложняется вследствие следующих факторов:

- а) новые технологии могут появиться в других (не смежных) отраслях, и оценка возможности их применения требует специальных знаний, привлечения технических специалистов широкого профиля;
- б) на качественно новом уровне должен проводиться маркетинг новых технологий и продуктов;
- в) трансферт технологий становится для современных организаций одной из равноправных сфер бизнеса и требует специальных знаний, выработки функциональных стратегий по развитию и использованию интеллектуальных ресурсов фирмы.

В настоящее время, когда период смены технологии в машиностроении составляет в среднем пять лет, в автомобилестроении — три года, в электронной промышленности — полгода, проблемы совершенствования существующей технологии (использование ее потенциала) и разработка новой не разделены во времени, а существуют параллельно [8; 73].

Проблема состоит и в том, что в действительности «быстрый переход» обеспечить невозможно: новая технология требует высвобождения производственных площадей, переподготовки персонала, создания запасов сырья и т.д.

Когда новая технология начинает оказывать ощутимое влияние на рынок, темп изменений выдерживают только предприятия, своевременно осознавшие неизбежность технологического разрыва и подготовленные к нему. В этой связи на каждом предприятии должны быть разработаны программы, или планы, реакции фирмы на предполагаемую атаку конкурента, налажен эффективный обмен информацией и идеями между различными службами предприятия и повышена роль главного технолога.

Среди конкретных действий предприятий в период возможного приближения технологического разрыва могут быть следующие меры [8; 74]:

- анализ возможностей повышения отдачи НИОКР без перехода на новую технологию;
- перераспределение расходов на НИОКР между старой и новой технологиями;
- создание гибридных товаров, использующих старые и новые подходы;
- продажа фирм со старой (обороняющейся) технологией;
- покупка фирм, создавших новую технологию и продукты;
- капиталовложения в мелкие фирмы, прежде всего, венчуры;
- заключение договоров с фирмами, создавшими новую технологию и продукты, на поставку ими продукции с соответствующим переводом их из конкурентов в поставщики;
- приобретение технологий по лицензионным договорам;
- энергичная защита собственного бизнеса с помощью активного маркетинга и снижения издержек;
- кооперация компаний при разработке новых технологий.

Сущность инновационных процессов помогает устанавливать как раз логистическая кривая. Инновационный цикл обычно начинается с ликвидации отставания фирмы (предприятия) в развитии ее потенциала, снижающего конкурентный статус. Особое внимание отводится технологическим инновациям. Основной характеристикой процесса здесь служит именно «технологический разрыв» (рис. 1), который характеризует различие в потенциалах (эффективности) новой (2) и старой (1) технологий ($\Delta P = P_2 - P_1$), а также объем средств ($\Delta K = K_2 - K_1$), необходимых для вложения в новую технологию с целью достижения ею результативности, которую имеет на сегодня старая технология.

После того как технологический разрыв (ΔP) преодолен, наступает момент, когда вкладывать средства в совершенствование новой технологии гораздо выгоднее, чем в совершенствование старой. Поэтому процесс замещения одной технологии другой приобретает необратимый характер.

Подразделение технологий на три основных типа в зависимости от уровня их изменчивости

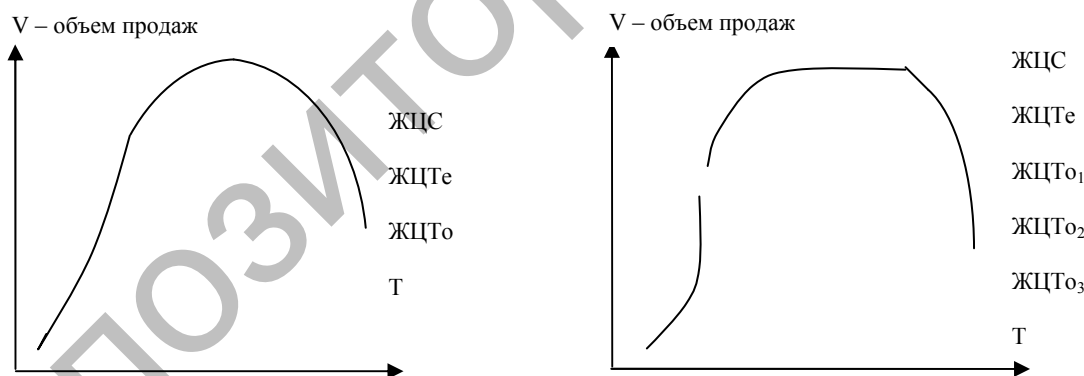
В управлении инновационными процессами важно представить сочетание трех жизненных циклов: жизненного цикла спроса (ЖЦС) на вид продукции, удовлетворяющей определенную потребность; жизненного цикла технологии (ЖЦТе) трех ее разновидностей (стабильной, плодотворной и изменчивой) и жизненного цикла товара (ЖЦТо). Учитывается возможный характер кривой ЖЦТо: «традиционная» кривая со всеми пятью фазами (выведение на рынок, ускоренный рост, замедленный рост, зрелость, упадок); кривые бума и провала; кривая с «повторным циклом»; «гребешковая» кривая; «пиковая» кривая [1; 63].

Многое может сказать график конкретного сочетания трех циклов: спроса, технологии и товара. Усложняет комбинации разнообразие видов технологии, в рамках которой может воспроизводиться разное количество моделей изделия.

В зависимости от уровня изменчивости технологий, т.е. в зависимости от частоты сменяемости одних технологий другими (в течение ЖЦС), их подразделяют на три основных типа: стабильные, плодотворные и изменчивые (рис. 3).

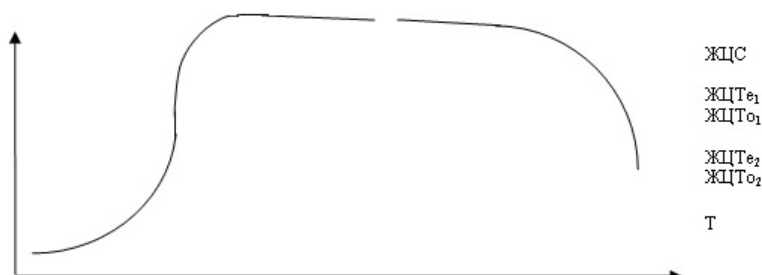
Стабильная технология в основном остается неизменной в течение ЖЦС. Получается по одной кривой ЖЦС, ЖЦТе и ЖЦТо.

Плодотворная технология, как и в случае стабильной технологии, сохраняется неизменной длительный период. Но при этом имеет место разработка сменяющих друг друга новых поколений продукции с лучшими показателями и более широким диапазоном применения. В рамках плодотворной технологии разработка новых видов продукции становится решающим фактором достижения экономического успеха. Новейший продукт с наилучшими показателями захватывает рынок. Однако его ведущая роль может оказаться краткосрочной из-за появления столь же или более эффективных продуктов, предлагаемых конкурентами. В результате фирмы находятся под постоянным давлением необходимости технологических инноваций.



1. «Стабильная» технология

2. «Плодотворная» технология



3. «Изменчивая» технология

Рисунок 3. Сочетание жизненных циклов спроса, технологии и товара при различных типах технологий (данные работы [1; 64])

Изменяющаяся технология характеризуется тем, что в течение ЖЦС, помимо новых изделий, наблюдается появление сменяющих друг друга базовых технологий.

Смена технологий имеет более глубокий эффект, чем появление новой продукции, так как угрожает моральным устареванием всем инвестициям фирмы в предшествующую технологию, в том числе инвестициям в НИОКР, в научно-технический персонал и производственные фонды. Поэтому переход внутри фирмы к новой технологии труден не только с финансовой стороны, но также с организационно-культурной и стратегической.

Параметризация логистической функции

На сегодняшний день кривые с насыщением получили большое распространение в эконометрике. К этому типу кривых относится кривая Гомперца — S-образная кривая, предложенная Б.Гомперцем (1799–1865), которая имеет вид

$$y = Ka^bt, \tag{1}$$

где K, a, b — параметры; t — время (1,2,...).

Кривая Гомперца используется для аналитического выражения тенденции развития показателя во времени, имеющего ограничения на рост (рис. 4).

Если $\log a < 0$, то верхний предел для показателя y равен параметру K , а нижний — 0. Если $\log a > 0$, то кривая имеет лишь нижний предел, равный величине параметра K (рис. 4 в, г).

Для определения параметров тренда a и b может использоваться метод наименьших квадратов, только если задан параметр K . В противном случае возможно лишь приближенное оценивание параметров. Кривая Гомперца применяется в демографических расчетах и страховом деле [9; 20, 21].

Иногда в основе логистической функции лежит закономерность, выражаемая уравнением Ферхюльста [2; 122, 123]:

$$y = \frac{A}{1 + 10^{a+bx}} + C, \tag{2}$$

где Y — значение функции; A — расстояние между верхней и нижней асимптотами; a, b — параметры, определяющие наклон, изгиб и точки перегиба графика логистической функции; X — время; C — нижняя асимптота, т.е. предел, с которого начинается рост функции.

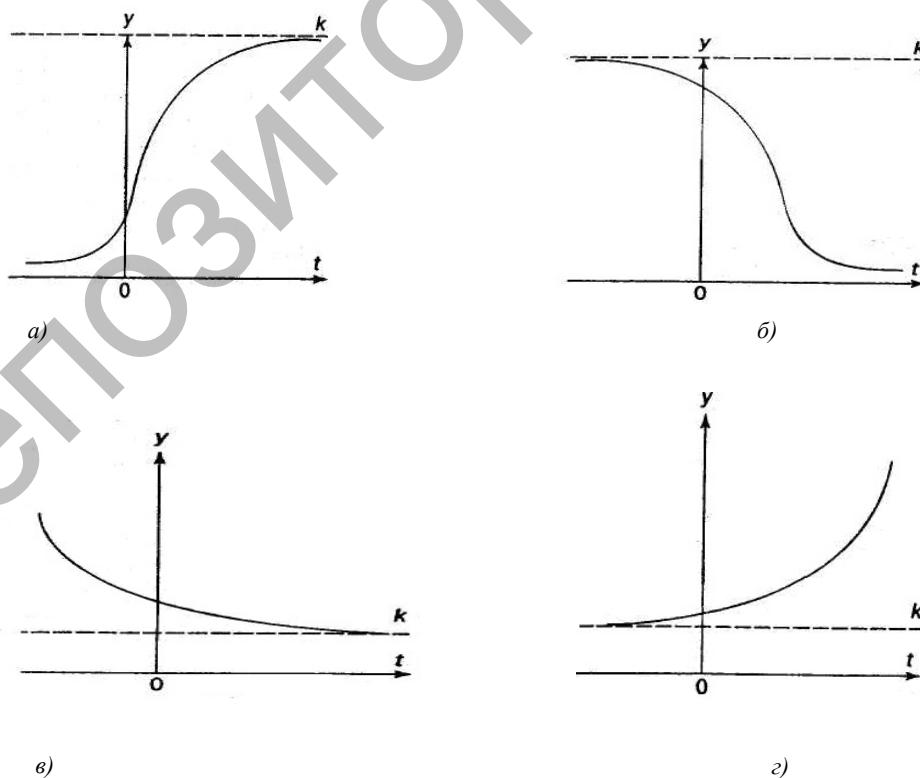


Рисунок 4. Кривая Гомперца: а — $\log a < 0$ при $b < 1$; б — $\log a < 0$ при $b > 1$; в — $\log a > 0$ при $b < 1$; г — $\log a > 0$ при $b > 1$ (данные работы [9; 21])

Данная концептуальная модель, с помощью которой описывают законы роста, присущего многим формам и условиям жизни, а также сфере материального производства и процессам потребительского спроса, может быть представлена *логистической функцией* (рис. 5).

Изучение динамики многих экономических и социальных процессов показало, что для исследований можно использовать математическую модель Ленца (модель биологической популяции при наличии ограничений). Эту модель, применительно к генерации новой информации, обычно записывают следующим образом [10; 231, 232]:

$$I = \frac{L}{1 + ae^{-bt}}, \quad (3)$$

где I — накопленная информация (состояние знания) в момент времени t ; L — верхний предел информации (обусловленный ограничениями); t — время; a — безразмерная константа; b — константа, имеющая размерность: единица на время.

Как видно из рисунка 6, кривая симметрична относительно точки перегиба в пределах от $I = 0$ (при $t = -\infty$) до $I = L$ (при $t = +\infty$). Положив вторую производную равной нулю, $d^2I/dt^2 = 0$, легко показать, что точка перегиба приходится на $t = \ln a/b$ и что накопленная информация в этой точке всегда составляет половину предельного значения: $I = L/2$.

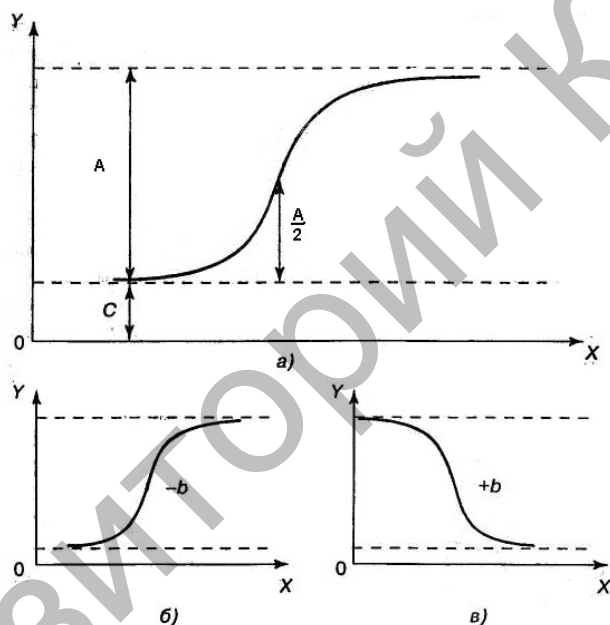


Рисунок 5. Графики логистических функций (данные работы [2; 123])

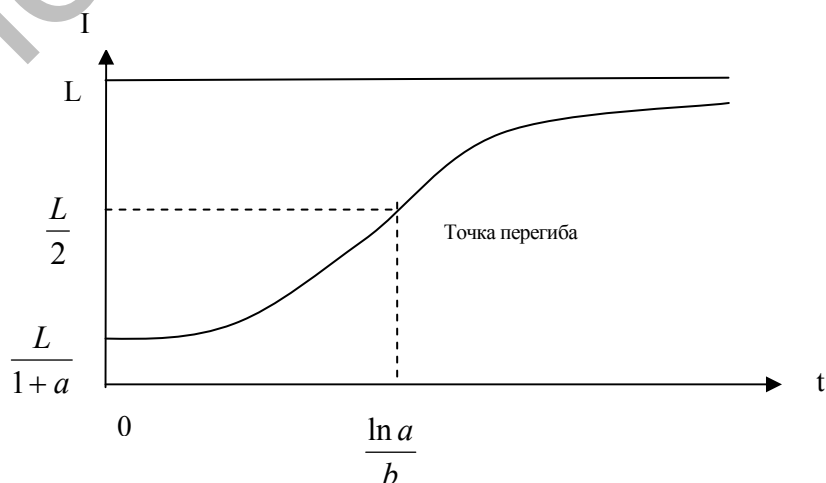


Рисунок 6. Графическое представление модели Ленца (данные работы [10; 232])

Константа a задает положение кривой во временном измерении (изменение значения a означает сдвиг кривой вправо или влево). Константа b задает наклон кривой.

Значение I в заданный момент прошлого или настоящего устанавливается эмпирическим путем. Если верхний предел L может быть установлен, исходя из теоретических соображений, можно задать определенное значение константы a : $a = L/I_0 - 1$, где I_0 обозначает I в момент $t = 0$.

Константа b может быть определена по известной или оцененной величине тангенса угла наклона кривой dI/dt в момент $t = 0$:

$$b = \frac{(1+a)^2}{aL} \left(\frac{dL}{dt} \right)_{t=0} \quad (4)$$

или по известному или оцененному «времени удвоения» $t_{1/2}$:

$$b = \frac{1}{t_{1/2}} \ln \frac{2a}{a-1}. \quad (5)$$

Уравнение (5) справедливо лишь до тех пор, пока не достигнута точка перегиба (так как в этой точке значение I уже равно $L/2$ и не может удвоиться после точки перегиба). Если точка перегиба уже перекрыта эмпирически найденной или оцененной частью кривой, величину b можно просто определить по моменту времени t_i , соответствующему точке перегиба:

$$b = \frac{\ln a}{t_i}. \quad (6)$$

Таким образом, если известен некий окончательный предел, полная кривая может быть экстраполирована на основе очень короткого временного ряда [10; 233].

Впервые логистическая кривая была применена А.Кетле (1796–1874) для расчета численности населения [9; 22]. Рассмотрим возможности использования логистической кривой для составления прогноза темпов технического прогресса в угольной отрасли.

Прогнозирование темпов технического прогресса в угольной промышленности с применением логистической кривой

В разработке прогноза темпов технического прогресса в угольной отрасли до 2030 г. (в рамках реализации Стратегии «Казахстан — 2030») важно определить этапы проведения этой работы, методологические и методические подходы, исходную базу, выявив и отобрав наиболее прогрессивные тенденции, выработать критерии экономических оценок.

В качестве исходной количественной информации приняты статистические данные шахт Карагандинского бассейна за 1940–2010 гг. о производительности выемочной техники по трем видам машин: врубовые, широкозахватные и узкозахватные комбайны (механизированные комплексы), а также показатели производительности труда рабочих применительно к этим горным машинам и предложения о направлениях развития систем машин на перспективу до 2030 г.

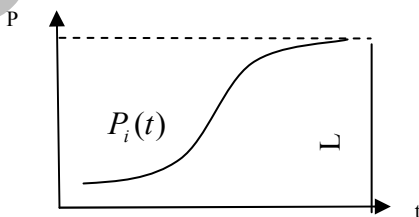


Рисунок 7. Рост производительности каждого из видов горных машин (механизмов) (предлагается автором на основе обобщения приведенных выше теоретических положений)

Тенденция роста производительности каждого из видов машин за период их применения графически имеет вид S-образной кривой (рис. 7), что позволяет применить для исследований математическую модель Ленца

$$P(t) = \frac{L}{1 + ae^{-bt}}, \quad (7)$$

где $P(t)$ — производительность машины или рабочего по добыче, м/мес; L — верхний предел, к которому стремится производительность при возрастании времени, м/мес; t — время от начала внедрения данного типа машины, годы; a — безразмерная константа; b — константа, 1/мес.

Кривая, показанная на рисунке 7, характеризует развитие показателя во времени, когда ускоренный рост в начале периода сменяется замедляющимся темпом роста вплоть до полной остановки, что на графике соответствует отрезку кривой, параллельному оси абсцисс. Максимум функции соответствует параметру L ; если L задано, то параметры a и b определяются методом наименьших квадратов. Неизвестные коэффициенты

$$L = \frac{1-\beta}{\alpha}; b = -\ln \beta; a = \ln B;$$

$$B = \frac{b(N+1)}{2} + \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \ln \left[\frac{L}{P_t} - 1 \right]. \quad (8)$$

Величины α, β являются решениями системы двух нормальных уравнений

$$\alpha(N-1) + \beta \sum_{t=1}^{N-1} z_t = \sum_{t=1}^{N-1} z_{t+1}; \quad \alpha \sum_{t=1}^{N-1} z_t + \beta \sum_{t=1}^{N-1} z_t^2 = \sum_{t=1}^{N-1} z_{t+1} z_t, \quad (9)$$

где $z_t = 1/P_t$ ($t = 1, 2, 3, \dots, N$).

Поскольку каждый тип рассматриваемых нами угледобывающих машин, в свою очередь, характеризует отдельный этап технического прогресса угледобычи в Карагандинском бассейне, то процесс этого прогресса во времени может быть аппроксимирован огибающей кривой $\Phi(t)$. Сейчас прогнозисты постепенно осваиваются с методом огибающей кривой и испытывают к нему все большее доверие, так что можно ожидать, что они в дальнейшем будут шире использовать его в своих выводах. Еще более важное практическое значение метод огибающей кривой получает благодаря возможности его использования для предсказания с весьма большой надежностью появления, а в более широком плане, и последствий технологических «прорывов». Более глубокое изучение технологий еще на ранней стадии их развития может тогда привести к раннему распознаванию новой, перспективной технологии (рис. 8).

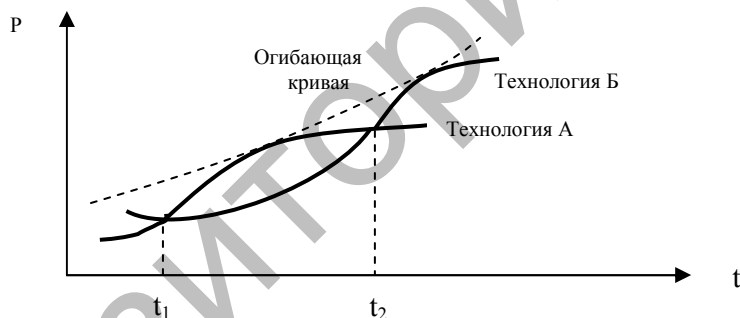


Рисунок 8. График, иллюстрирующий смену одной технологии другой с помощью огибающей кривой (Данные работы [10; 252])

Приведенный график иллюстрирует как возможные выгоды, так и возникающие опасности: компания, использующая технологию А, может получить значительные преимущества, если она своевременно распознает и начнет разрабатывать технологию Б, задолго до того, как возможности технологии А начнут сходиться на нет. С другой стороны, прямое сравнение тенденций А и Б в момент t_1 или вскоре после него может привести к ложным долгосрочным выводам, если оно будет производиться без учета огибающей кривой. Разумная оценка S-образных кривых, относящихся к отдельным технологиям, в рамках общего метода огибающей кривой рассматривается как ценное средство улучшения распределения ресурсов [10; 252, 253].

Подстановка статистических данных шахт Карагандинского бассейна в уравнение (7) и их обработка позволили получить аппроксимирующие формулы тенденций роста производительности по отдельным видам машин:

а) врубовые машины:

$$P_1(t) = \frac{7500}{1 + 0,65e^{-0,15t}} \text{ т / мес.}; \quad (10)$$

б) широкозахватные комбайны:

$$P_2(t) = \frac{8500}{1 + 0,7e^{-0,91t}} \text{ Т / мес.}; \tag{11}$$

в) узкозахватные комбайны (механизированные комплексы):

$$P_3(t) = \frac{15500}{1 + 1,6e^{-0,93t}} \text{ Т / мес.} \tag{12}$$

Изменение производительности машин графически показано на рисунке 9, где Δt — период между началом ввода двух смежных систем машин, который в результате обработки статистических данных определяется как

$$\Delta t_i = 10 - 0,25(i - 1). \tag{13}$$

Здесь i — порядковый номер вида машин; $\Delta \tau$ — период между двумя точками максимального прироста производительности последовательно вводимых новых видов машин;

$$\Delta \tau = 10 - 0,5i. \tag{14}$$

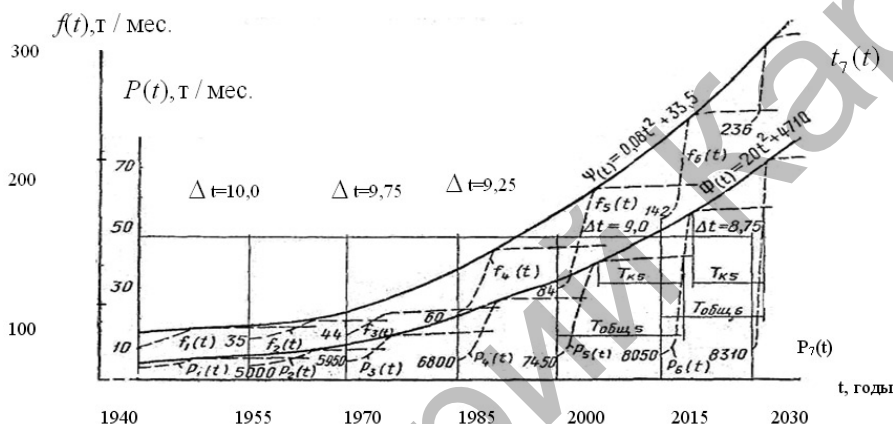


Рисунок 9. Закон эволюционного развития технического прогресса и его прогнозирование на примере выемочной техники для подземной добычи угля по Карагандинскому бассейну

$$\left(K = \frac{T_k}{T_{\text{общ}}} 0,7 - 0,8 \right)$$

Уравнение огибающей кривой $\Phi(t)$ может быть представлено в виде

$$\Phi(t) = k_1 t^2 + k_2. \tag{15}$$

После определения k_1 и k_2 уравнение (15) примет вид

$$\Phi(t) = 20t^2 + 4710. \tag{16}$$

Для экстраполяции использован тот факт, что $P_1(t)|_{t=0}$; $P_2(t)|_{t=0}$; $P_3(t)|_{t=0}$ подчиняются следующей закономерности:

$$P_2(t)|_{t=0} - P_1(t)|_{t=0} = \Delta P_1; \quad P_3(t)|_{t=0} - P_2(t)|_{t=0} = \Delta P_2, \tag{17}$$

а $\Delta P_i = 800 - 50i$. Тогда

$$P_2(t)|_{t=0} = P_1(t)|_{t=0} + 800; \quad P_3(t)|_{t=0} = P_1(t)|_{t=0} + 1550; \quad P_4(t)|_{t=0} = P_1(t)|_{t=0} + 2250. \tag{18}$$

Таким образом, для экстраполяции полученных зависимостей на i -кривую имеем систему

$$\left. \begin{aligned} \frac{L_i}{1 + a_i} &= \frac{L_1}{1 + a_1} + i \cdot 800 - i \cdot 50 - (i - 1) \cdot 50; \\ k_1 t_1^2 + k_2 &= \frac{L_i}{1 + a_i e^{-bi(t_i - \tau_i)}}; \\ 2k_1 t_1 &= \frac{L_i a_i b_i e^{-bi(t_i - \tau_i)}}{[1 + a_i e^{-bi(t_i - \tau_i)}]^2}. \end{aligned} \right\} \tag{19}$$

В частности, для $i = 4$

$$\left. \begin{aligned} \frac{L_4}{1+a_4} &= \frac{L_i}{1+a_i} + 2250 = 6795; \\ 20 \cdot 31,75^2 + 4710 &= \frac{L_4}{1+a_4 e^{-b_4 \cdot 3,5}}; \\ 2 \cdot 20 &= \frac{L_4 a_4 b_4 e^{-b_4 \cdot 3,5}}{[1+a_4 e^{-b_4 \cdot 3,5}]^2}. \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Решая систему (20), получим уравнение тенденции роста производительности четвертого вида системы машин:

$$P_4(t) = \frac{25500}{1+2,76e^{-7,1t}} \text{ т / мес.} \quad (21)$$

При применении уравнения (21) учитывалось то, что период наиболее эффективного использования четвертой системы машин составляет около четырех лет. Аналогично определяем значения $P_i(t)$ при $i = 5, 6, 7$.

Определяя $i = 7$, получаем прогнозируемую производительность системы машин на 2030 г.:

$$P(t) = 68300 \text{ т / мес.} \quad (22)$$

Подтверждением достоверности этой производительности выемочной техники на 2030 г. по уравнению (22) является результат расчета этого показателя методом парной корреляции, по которому производительность равна 64,6 тыс. т/мес., т.е. отклонения результатов составляют менее 10 %.

Для исследования и прогнозирования производительности труда рабочих по добыче применительно к указанным выше системам машин использованы зависимости

$$f(t) = \frac{M}{1+ce^{-dt}}; \quad (23)$$

$$\psi(t) = K_3 t^2 + K_4.$$

Исходя из статистических данных, согласно уравнению (23), получим:

$$f_1(t) = \frac{52}{1+0,73e^{-0,065t}} \text{ т / мес.};$$

$$f_2(t) = \frac{54,5}{1+0,56e^{-0,173t}} \text{ т / мес.};$$

$$f_3(t) = \frac{57,5}{1+0,3e^{-0,4t}} \text{ т / мес.}$$

Для определения K_3 и K_4 уравнение (16) примет вид

$$\psi(t) = 0,08t^2 + 33,5.$$

Уравнения тенденций изменения производительности труда в прогнозируемом периоде применительно к новым системам машин получены по аналогии с расчетом производительности техники и имеют следующий вид:

$$f_4(t) = \frac{125}{1+3,076e^{-1,39t}} \text{ т / мес.}; \quad f_5(t) = \frac{179}{1+e^{-0,36t}} \text{ т / мес.};$$

$$f_6(t) = \frac{250}{1+0,77e^{-3,36t}} \text{ т / мес.}; \quad f_7(t) = \frac{315}{1+0,33e^{-4,5t}} \text{ т / мес.}$$

Решая последнее уравнение, получаем производительность труда 2030 г.:

$$f_7(t) = 314,97 \text{ т / мес.}$$

Результаты исследования показывают, что период между началом ввода двух смежных систем машин равен 9,5–10 лет. При этом период между двумя точками максимального прироста производительности последовательно вводимых новых видов машин равен 9,5–9,25 лет. Коэффициент консервативного использования техники K составляет 0,6–0,7.

При сохранении сложившихся темпов технического прогресса до 2030 г. потребуются разработка и внедрение по крайней мере 3–4 новых систем машин, что обеспечит повышение производительности труда рабочих по добыче угля до 315 т/мес. в 2030 г. (рис. 9).

Таким образом, результаты исследования и прогнозирования технического прогресса добычи угля подземным способом с применением логистической кривой позволяют определить перспективные задачи, стоящие перед горным (угольным) машиностроением Казахстана. Прежде всего проведенный нами анализ состояния заводов горношахтного оборудования показывает, что некоторые из них способны восстановить ранее выпускавшуюся номенклатуру, но на совершенно новом качественном уровне. Основной задачей в развитии горного машиностроения должно стать создание образцов горных машин и комплексов высокого технического уровня экспортной направленности с использованием имеющихся заделов по добыче угля во все усложняющихся условиях выемочно-добычных работ и путем привлечения зарубежных технологий по созданию совместных предприятий. В сотрудничестве с ведущими машиностроительными корпорациями, прежде всего с Россией, в республике может быть организован серийный выпуск продукции горного машиностроения.

References

- 1 *Ivasenko A.G., Nikonova J.I., Sizov A.O.* Innovative management: Manual. — M.: KNORUS, 2009. — 416 p.
- 2 *Anikin B.A.* The higher management for the head: the Manual. — M.: INFRA M, 2000. — 136 p.
- 3 *Sahal D.* Technical progress: concepts, models, estimations: translation from English. — M.: Finance and Statistics, 1985. — 366 p.
- 4 *Management. (Modern Russian management): Textbook / Under F.M.Rusinova and M.L.Razu's edition.* — M.: the FBK-PRESS, 1998. — 504 p.
- 5 *Karenov R.S.* Economic forecasting: the Textbook. — Karaganda: Publishing house of KarSU, 2003. — 377 p.
- 6 *Karenov R.S., Karenov A.R.* Management of technologies: the Manual. — Astana: Publishing house of KazUEFMT, 2009. — 363 p.
- 7 *Foster R.* Renovation of manufacture: the attacking win / Translation from English. — M.: Progress, 1987. — 272 p.
- 8 *Bovin A.A., Cherednikova L.E., Yakimovich V.A.* Management of innovations in the organization: the Manual. — M.: Publishing house — The «Omega-L», 2009. — 415 p.
- 9 *Econometrica: the Textbook / Under the editorship of I.I.Elisevoj.* — M.: the Finance and Statistics, 2001. — 344 p.
- 10 *Yanch E.* Forecasting of scientific and technical progress: translation from English. — M.: Publishing house «Progress», 1970. — 568 p.

Р.С.Каренов

Жаңа кен технологиясын игеру саласындағы іргелі зерттеулер жүргізу үшін логистикалық функцияларды қолдану (көмір өнеркәсібі мысалында)

Экономикадағы, оның ішінде кәсіпорындардағы көптеген үрдістердің дамуы логистикалық қисық арқылы бейнеленетіні дәлелденген. Нысанның уақыт факторына немесе басқаларға тәуелділігін білдіретін бұл қисықтың сипаттамасы берілген. Логистикалық қисық негізінде инновациялық үдерістің мәнін айқындауға көңіл бөлінген. Технологияларды, олардың өзгергіштік деңгейіне орай, үш типке бөлу қажеттігі көрсетілген. Логистикалық функцияны параметрлеу мәселесі қарастырылған. Бұл функцияны техникалық прогрестің болжауын жасау үшін, яғни бір кен технологиясын екіншісімен алмастыру үшін, қолдану мүмкіндіктері Қарағанды бассейні шахталары деректері негізінде қарастырылған. Халық шаруашылығының жетекші салаларының, оның ішінде көмір өнеркәсібінің технологиялық тұрғыдан алғанда тәуелсіздігін қамтамасыз ету жолдары жайлы болжамды пікірлер айтылған.

R.S.Karenov

Application of logistical functions for basic researches in the field of development of new mountain technologies (on an example of the coal industry)

It is proved that development of many processes in economy including the enterprises is reflected by a logistical curve. The characteristic of the given curve, as representing time or other dependence of parameters of object is given. The attention to revealing of essence of innovative processes on the basis of a logistical curve is paid. Necessity of division of technologies on three basic types depending on level of their variability is marked. Questions of parametrization of logistical function are considered. Possibilities of application of this function for drawing up of the forecast of rates of technical progress, that is change of one mountain technology another according to mines of the Karaganda pool are shown. Look-ahead observations about ways of maintenance of technological independence of leading branches of a national economy, including to the coal industry of Kazakhstan are made.