1. **История развития концепции обратной связи**

Появление концепции *обратной связи* принято непосредственно связывать с трудами американского ученого Норберта Винера. В своей книге «Кибернетика», вышедшей в 1948 г., Винер впервые отметил такой важный фактор, как «открытость» системы, благодаря которой система активно взаимодействует с внешней средой и сохраняет относительную устойчивость. Позже такие системы получили названия «адаптивных», поскольку они не только реагируют на окружающий мир, но и могут активно воздействовать на него благодаря механизму прямой и обратной передачи информации — так называемой *обратной связи*.

Корректирующая обратная связь (известная также как «балансирующая», «негативная») позволяет управлять поведением объекта. Для системы нет необходимости осознавать природу внешнего воздействия, необходимо лишь знание о текущем состоянии

изменяемой переменной. Примеры действия корректирующего механизма обратной связи встречаются повсеместно — как в простых и сложных механических системах, так и в при

роде, в поведении живых организмов и даже социальных системах. В применении к живым организмам схема обратной связи выступает в форме *гомеостазиса*. Классическим примером действия такого рода механизма можно считать способность теплокровных живых организмов сохранять теплоту тела посредством непрерывного мониторинга окружающей среды и активировать механизмы, ответственные за сохранение или

выделение тепла, в зависимости от разницы между желательной и воспринимаемой температурами тела. В своем более позднем труде Н. Винер обосновал, что информационные потоки (коммуникация) между организмами или машинами и окружающей средой основываются на концепции обратной связи, благодаря которой под-

держивается стабильность системы в целом. Данная концепция также получила широкий резонанс благодаря легкости боснования предположения о том, что некоторые системы

могли быть частями систем более высокого уровня (так называемыми «субсистемами»). Вследствие этих двух предпосылок — стремления систем к стабильности и возможности

быть частью субсистем — к середине 1950-х гг. кибернетика и системная парадигма науки сформировались в более или менее интегрированную концепцию *системного мышления*.

В течение последних пятидесяти лет прикладные аспекты действия эффектов обратной связи в экономике были глубоко исследованы Джеем Форрестером в рамках системно-

динамического анализа. Постулат о том, что обратная связь определяет поведение

и обучение, в настоящее время находит широкое применение в управленческой науке. В частности, факт обратной связи, лежащей в основе процесса обучения,

уже реализован на практике в появлении концепции тотального управления качеством (Total Quality Management), согласно которой в основе процесса улучшения качества лежит так называемый цикл PDCA Шухарта–Деминга (Plan-Do-Control-Act,

в русскоязычной литературе известный как «План-Действие-Проверка-Исполнение»).

Управление с учетом концепции обратной связи основывается на предположении о том, что мир вокруг нас представляет собой совокупность сложных социальных систем с нелинейным поведением и зачастую неочевидной динамикой взаимодействия между собой. Соответственно, при стремительно возрастающей сложности процессов управления, турбулентности и неопределенности окружающей среды *принятие реше-*

*ний с целью улучшить* (*исправить*) *ситуацию зачастую приводит к прямо противоположному результату*. Джей Форрестер называл данный феномен *«контр-интуитивным поведением социальных систем»* (counterintuitive behavior of social systems).

Существует немало исследований, описывающих феномен контр-интуитивного поведения систем, примеры из них приведены ниже:

• переход на курение «легких» сигарет фактически только увеличивает вред от курения — люди начинают курить больше (больше сигарет в день, более глубокие затяжки);

• внедрение информационных технологий не привело к появлению безбумажных офисов — в действительности, более эффективная и быстрая обработка информации способство-

вала значительному увеличению потребления бумаги;

• массовое применение антибиотиков привело к тому, что возбудители вирусных инфекций стали мутировать, и, таким образом, способствовало появлению новых поколений вирусов;

• строительство дорог не решает проблемы трафика в горо-

дах — со временем пробки лишь увеличиваются;

1. **Причины контр-интуитивного поведения систем**

Главной причиной такого рода эффектов является *тенденция интерпретировать реальность в жестких причинно-следственных связях*. Такого рода подход (*событийный* подход) приводит к фрагментарному восприятию постоянно усложняющегося мира —

делается оценка реальной ситуации, полученные данные сравниваются с поставленными целями, а затем принимается решение по корректировке проблемы, которое, по замыслу, должно привести к определенному ожидаемому результату.

Мы привыкаем мыслить в категориях причина—следствие: всякий эффект имеет причину, которая, в свою очередь, имеет причину, и т.п. и т.д. Например, рассуждение может строиться примерно по следующей схеме: *запасы на складе выросли, пото-*

*му что наши продажи упали. Продажи упали, потому что конкуренты понизили свою цену. Конкуренты понизили цену, потому что сумели больше сэкономить на издержках…* и т.п.

«Сопротивление» и «сбои» — то, что специалисты по системной динамике называют «контр-интуитивным» поведением систем, — возникают вследствие нашего непонимания (или недопонимания) механизма обратной связи в системе. Наши

действия по возвращению системы в исходное положение не только часто оказываются безрезультатными, но и *запускают механизм* так называемых *побочных эффектов* (*side effects*), которые становятся следствием нашего слишком узкого и ограниченного понимания сложных систем. Поскольку причина и следствие далеко не всегда явно видны и четко взаимосвязаны во времени, в сложных системах подобные связи часто остаются незаметными в результате длительной временной протяженности.

Например**,** в середине 90-х в Калифорнии было решено переходить к так называемым автомобилям с «нулевым эффектом выбросов газа» (zero-emission vehicle) для того, чтобы снизить загрязнение воздуха. Так как концепция предполагала, что машины будут ездить на электрической энергии, то потребность в ней заметно возрастала. Надо было строить заводы, которые лишь увеличили выброс загрязнителей. Специфика розы ветров в Калифорнии привела к тому, что вредные отбросы сдувались в соседние штаты. Таким образом, оказалось, что Калифорния улучшала свою экологию за счет загрязнения других штатов. «Линейная» парадигма мышления значительно снижает

качество принимаемых решений. Наиболее сильно наше мышление ограничивают следующие допущения:

• результат следует из *конкретной* причины (например: наркомания приводит к росту преступности, рост продаж ведет к росту доходов и т.п.);

• взаимосвязи между причиной и следствием прямые, без

запаздывания (т.е. реакция идет сразу) и достаточно продолжительные (что позволяет нам безошибочно установить причину и следствие);

• будущее легко предсказуемо;

• любой рост — это положительная тенденция;

• проблема не существует или не является серьезной до тех пор, пока она не поддается измерению.

Согласно основоположнику системной динамики Джею Форрестеру, динамика поведения сложных систем в принципе описывается взаимодействием всего двух типов обратной связи — самовоспроизводящейся (reinforcing) и балансирующей (balancing), т.е. саморегулирующейся. В русскоязычных источниках встречаются также определения са-

мовоспроизводящейся и самокорректирующейся связей как «положительных» и «отрицательных» контуров обратной связи соответственно. Позитивные петли (контуры обратной связи) стремятся усиливать, увеличивать эффект происходящего и тем самым дестабилизируют систему, выводя ее из равновесия. Наглядным образцом самовоспроизводящейся системы может служить пример, известный в классической литературе по системной динамике как «гонка вооружений».

Гонка вооружений времен холодной войны между СССР и США может быть легко описана языком причинно-следственных диаграмм: чем больше вооруженность СССР,

тем выше воспринимаемая США угроза, Штаты в ответ начинают вооружаться из опасения оказаться уязвимыми для противника. Вооружение США, в свою очередь, представляет угрозу для СССР, который начинает вооружаться в ответ, тем

самым замыкая «порочный» круг и провоцируя его новый виток.

Сама по себе самовоспроизводящаяся обратная связь (положительная) ведет к экспоненциальному росту. Напротив, балансирующий (негативный) контур обратной

связи стремится вернуть систему в равновесие и воспрепятствовать выходу данной системы из равновесия. Например, очевидно, что в гонке вооружений экспоненциальный рост вооружения не может продолжаться бесконечно долго — рано или поздно какая-то сторона не сможет поддерживать необходимый паритет вооружения вследствие истощения собственных экономических ресурсов. Ограниченность экономических ресурсов, препятствующая дальнейшему наращиванию военного потенциала, является наглядным примером балансирующего контура обратной связи, которая стремится вернуть систему в положение устойчивого равновесия.

Примеров положительных и балансирующих контуров обратной связи великое множество в повседневной жизни и в мире бизнеса. Например, тандем Microsoft—Intel. Чем больше база совместно установленной Windows на базе процессора Intel, тем выше привлекательность этого тандема (получившего прозвище «Винтел») для постав-

щиков компьютерной техники. Соответственно, чем больше продается программ Microsoft на базе процессора Intel, тем больше их база, — что приводит к дальнейшему росту привлекательности и продаж. Сходный самоподдерживающий механизм удалось также построить компании Apple, которая создала базу приложений iTunes для своих продуктов — iPhone, iPod, iPad, Macintosh. Чем меньше никотина в сигарете, тем больше хочется курить (обратная зависимость). Чем больше экономическая привлекательность города или региона (чем он богаче), тем больше там растет иммиграция, которая увеличивает спрос на жилье и цены на недвижимость, и т.п. Модели сложных систем могут содержать десятки и сотни влияющих друг на друга контуров обратной связи. А динамика системы (ее поведение) вызывается взаимовлиянием целых сетей кругов обратной связи, каждый из которых обладает своей собственной полярностью.

Джей Форрестер впервые заявил о своей теории, которую он в то время называл «индустриальной динамикой», в 1958 г. Позже Форрестер переименовал ее в «системную динамику». К наиболее значимым его книгам относятся: «Индустриальная динамика» (1961), «Принципы систем» (1968), «Мировая динамика» (1971). Вплоть до 1989 г. он возглавлял программу изучения системной динамики в Слоановской школе бизнеса

Массачусетского Технологического Института (MIT).

С момента своего приезда в Массачусетский Технологический Университет в 1939 г. Форрестер, получивший инженерное образование, занимался изучением сложных систем с механизмом обратной связи (feedback control mechanisms). Как правило, такого рода исследования носили узкоприкладной характер и курировались непосредственно Министерством Обороны США. Так, во время Второй мировой войны исследования Форрестера были направлены на изучение механизмов работы радарных установок, применявшихся в авиации США. В 1947 г. на базе MIT была создана одна из первых ком-

пьютерных лабораторий, первоочередной задачей которой стала разработка симулятора авиационных полетов для американских военно-морских сил. Джей Форрестер, ставший к

тому времени руководителем этого исследовательского проекта, возглавил группу

разработчиков первого суперкомпьютера WHIRLWIND I. Одной из целей создания WHIRLWIND было исследование

возможности компьютеров по оптимизации использования информации во время ведения боя. После успешной реализации проекта WHIRLWIND I Форрестер возглавил одно из подразделений Lincoln Laboratory, работавшее над Системой воздушной обороны Север-

ной Америки (North America SAGE —Semi-Automatic Ground Environment AirDefense System). Компьютерная система, созданная под руководством Джея Форрестера, успешно действовала в течение следующих двадцати пяти лет, оставаясь надежной в 99,8% всего времени. Один из важных результатов работы Форрестера — понимание принципов функционирования систем с обратной связью (feedback control systems). Будучи успешным руководителем, Джей Форрестер пришел к выводу, что, пожалуй, главные проблемы в работе любого менеджера возникают не со стороны механических, инженерных систем, а во многом являются следствием управленческой структуры организаций. По его мнению, социальные системы настолько сложны, что их понимание и контролирование представляют несравненно большую

сложность, чем управление искусственными (механическими) системами.

В 1956 г. Джей Форрестер перешел работать в только что созданную MIT Sloan School of Management, одну из самых престижных бизнес-школ мира на сегодняшний день. В это

время Форрестер принимает участие в исследовании управления на одном из заводов компании General Electric в штате Кентукки. Менеджеры General Electric, озадаченные низкими показателями эффективности работы завода, не считали, что традиционное объяснение цикличности бизнес-процессов является в данном случае удовлетворительным. Применив метод исследования, который позднее лег в основу системной динамики, Форрестер исследовал структуру системы управления завода в целом, принимая во внимание особенности существовавшего в то время процесса принятия корпоративных решений касательно найма и увольнения сотрудников. В результате исследований он сумел показать, что нестабильная работа завода была обусловлена внутренними причинами (структурой управления на предприятии и спецификой принятия управ ленческих решений), а не внешними факторами, как были

склонны считать многие. Это исследование и легло в основу разработанной позже новой области научного анализа — системной динамики. Системная динамика представляет собой один из самых эффективных и универсальных методов системного анализа окружающего мира, с практически неограниченными возможностями применения в сфере бизнеса и государственного управлении — особенно там, где требуется принятие управ-

ленческого решения в условиях высокой неопределенности и повышенной сложности.

1. **Причинно-следственные диаграммы**

**как инструмент качественного анализа сложных систем**

Согласно системной динамике, социальные системы состоят из множества переменных, взаимодействующих друг с другом посредством петель обратной связи, которые в свою очередь могут взаимодействовать и между собой. Система определяет-

ся границами, внутри которых заключаются все важные взаимодействующие элементы. Внутри системы определяются все петли положительной и отрицательной обратной связи. Для всех петель и взаимодействий между ними описываются количественные и качественные характеристики. В системе также определяются «точки приложения», в которых можно вмешаться в процессы и изменить поведение системы.

Методология системной динамики включает *качественную* и *количественную* стадии. На качественной стадии исследователь описывает модель и определяет характеристики взаимодействий. На количественной стадии, в ходе компьютерной симуляции, исследователь определяет, насколько верна его модель, и тестирует свои гипотезы о поведении системы.

Динамика поведения сложных систем в принципе описывается взаимодействи-

ем всего двух типов обратной связи — самовоспроизводящейся (reinforcing) и балансирующей (balancing), т.е. самокорректирующейся. Причинно-следственные диаграммы представляют собой эффективный инструмент для объяснения структуры

сложных систем. Причинно-следственные диаграммы состоят из переменных и связей между ними с определенной полярностью (положительной или отрицательной). Связи между переменными изображаются стрелками. Причинно-следственная диаграмма будет неясной для понимания, если не расставить полярность связей (положительную или отрицательную) между переменными.

Правило определения полярности связей:

• Положительный контур обратной связи часто определяется так, что «*начальное изменение любой переменной* (*в контуре*)*, в конечном счете, стимулирует далее самоизменение в первоначальном направлении*». То есть, упрощенно: «чем больше —

тем больше», «чем меньше — тем меньше».

• Для отрицательного контура обратной связи действует следующее классическое определение: «*если отклик контура обратной связи на переменное изменение выступает против первоначального возмущения, то контур является отрицательным, или целенаправленным*». Определение отрицательного контура обычно интерпретируется следующим образом: «изменение одного элемента (контура обратной связи) распространяется по кругу, пока не вернется, чтобы изменить тот же элемент в направлении, противоположном начальному изменению». То есть, упрощенно: «чем больше — тем меньше», и наоборот.

Применяя правило расстановки полярности, соответственно, получаем следующую структуру системы: чем больше цена товара, тем меньше спрос на него (–); чем выше срок гарантийного обслуживания товара, тем выше спрос (+); чем выше качество, тем выше спрос (+); наконец, чем длиннее срок поставки, тем меньше спрос на товар, следовательно, связь обратная (–). Для положительной полярности характерно изменение зависимой переменной *в том же направлении*, что и независимой. Соответственно, если независимая переменная уменьшается, то и зависимая будет уменьшаться. Пример:при увеличении количества менеджеров по продажам растет количество заказов (продаж) организации, что приводит к росту ее прибыли; при уменьшении количества менеджеров по продажам падает количество размещенных заказов на продукцию компа-

нии, что снижает ее прибыль. *Оба* случая — примеры положительной связи между пере-

менными. Так, *положительный* контур обратной связи представляется как контур, *имеющий четное число отрицательных причинно-следственных связей*, а *отрицательный* контур — как контур с *нечетным числом отрицательных причинно-следственных связей*.

Согласно классическому определению, *положительный контур обратной связи* часто определяется так, что **«**начальное изменение любой переменной (в контуре), в конечном

счете, стимулирует далее самоизменение в первоначальном направлении». При этом контур положительной обратной связи часто называют «порочным кругом», Другим наглядным примером самовоспроизводящейся обратной связи является механизм паники на бирже, характерный, например, для Великой депрессии 1920–1930-х гг. в США. Тогда типичной картиной были толпы людей, с раннего утра дежуривших у дверей банка, чтобы снять свои сбережения. Как видно из диаграммы, с ростом банкротства банков усиливается страх вкладчиков, что они не успеют снять деньги со счета. Это побуждает все больше и больше людей снимать деньги. Под давлением наплыва вкладчиков, желаю-

щих закрыть счета и изъять наличность, устойчивость банков снижается, что приводит к дальнейшему росту числа разорившихся банков, тем самым вызывая новую волну паники.

Для отрицательного контура обратной связи действует следующее классическое определение: «*Если отклик контура обратной связи на переменное изменение выступает против первоначального возмущения, то контур является отрицательным, или целенаправленным*». Определение отрицательного контура обычно интерпретируется таким образом, что «изменение одного элемента (контура обратной связи) распространяется по кругу, пока не вернется, чтобы изменить тот же элемент в

направлении, противоположном начальному изменению». Несмотря на некоторую первоначальную сложность восприятия балансирующей обратной связи, идея довольно проста — балансирующие петли стремятся вернуть систему в равновесное состояние, сдерживая ее рост. Балансирующая система ориентирована на достижение определенной цели. Поэтому ее изображают как экспоненциально убывающую кривую или же

кривую, растущую до достижения определенной цели.

1. **Типы нелинейного поведения сложных систем**

Различные комбинации из положительной и балансирующей петель обратной связи лежат в основе нескольких более сложных типов поведения системы:

1) S-образный рост;

2) S-образный рост с превышением;

3) превышение и коллапс.

**1) S-образный рост** (**S-shaped growth**)

Как уже отмечалось, при описании гонки вооружений, бесконечный рост невозможен, поскольку рано или поздно какие-либо сдерживающие факторы этому воспрепятствуют. *S-образный рост* — это *экспоненциальный рост, который постепенно замедляется при достижении системой равновесного состояния*.

Простой и наиболее распространенный пример дает биология, описывая поведение природных экосистем. В природных экосистемах существует понятие *предельной емкости окружающей среды*  — например, это может быть предельное количество особей определенной популяции, которые могут существовать в рамках данной системы. Данная концепция исходит из:

1) ресурсов, имеющихся в наличии в окружающей среде;

2) ресурсов, требуемых для развития популяции.

Два условия поведения системы в виде S-образного роста:

• отсутствие эффекта запаздывания (иначе — см. следующий

тип поведения системы);

• предельно допустимая и четко определенная емкость окру-

жающей среды.

S-образный рост является очень распространенным явлением в повседневной практике управления — к примеру, вывод компанией на рынок новых торговых марок, насыщение рынка, диффузия инноваций, новых продуктов и технологий, динамика распространения эпидемий и т.п., — многие отрасли в своем развитии показывают S-образный рост.

**2) S-образный рост с превышением** (**S-shaped growth with overshoot**)

Согласно мнению специалистов по системной динамике, в S-образной модели, по мере приближения состояния системы к насыщению, действие положительной обратной связи сменяется балансирующей петлей, которая сдерживает и, в конечном счете, нейтрализует рост, вызванный самовоспроизводящейся петлей.

Однако при рассмотрении предыдущего типа поведения системы мы не учитывали эффект запаздывания. С учетом эффекта запаздывания система не сразу приходит в равновесие, а

сначала превышает допустимый лимит, затем корректируется вновь, после чего небольшой (затухающий) рост происходит снова — и так далее. Система показывает небольшие затухающие колебания вокруг некоего устойчивого уровня (напри-

мер, предельной емкости окружающей среды). Таким образом, S-образный рост с превышением представляет собой *комбинацию S-образного роста и осцилляции*.

**3) Превышение и коллапс** (**overshoot and collapse**)

При изучении S-образного роста мы основывались на допущении, что предельная емкость окружающей среды неизменна. А так ли это на самом деле? В определенных условиях, конечно, да. Однако в окружающем мире существуют системы, в кото-

рых предельная допустимая емкость среды может динамически изменяться: например, плодородие почв — слишком интенсивное ведение сельского хозяйства истощает почвы, и они не успевают восстановиться.

**История острова Пасхи**

*Остров Пасхи, площадью 160 кв. км, располагается на юго-востоке Тихого океана. Первое население острова было полинезийского происхождения, попало на остров предположительно в 400–690 гг. н. э. Население медленно росло примерно до 1100 че-*

*ловек, но затем стало резко возрастать, практически удваиваясь каждые сто лет вплоть до 1400 г. Исследования показали, что до появления первых поселенцев остров был густо покрыт лесом, а животный мир был разнообразен. С ростом населения на острове количество леса стало быстро уменьшаться. Крысы, пришедшие на остров вместе с людьми, поедали птиц и пальмы. К 1400 г. остров стал «лысым». Обезлесивание означало понижение возможности острова поддерживать существование людей. К тому же оно вызвало увеличение размывания почвы, так как обычно лес (корни деревьев) препятствует этому. Кроме того, отсутствие леса привело к нехватке воды и снизило количество осадков на острове — пересохли ручейки и источники пресной воды. Люди не могли ловить рыбу, так как лодки постепенно пришли в негодность, а новые построить было уже не из чего. В результате началось активное истребление птиц. Большая часть птиц острова Пасхи исчезла. В настоящее время только один вид из более чем двадцати пяти живших когда-то гнездится на острове. С падением экологической емкости окружающей среды острова (carrying capacity) уменьшился прирост населения. Пик пришелся на 1600 г. В то время на острове проживало от 6000 до 10 000 человек. К 1680 г. население значительно сократилось. С 1600-х гг. на острове появляются первые копья и прочее оружие. Историки свидетельствуют о начале крупных войн, есть также подтверждения случаев каннибализма. Когда в 1722 г. на острове высадились первые европейцы, они нашли малочисленное и вырождающееся население. Ученые считают, что к 1786 г. население острова составляло 2000 человек (т.е. сократилось в 3–5 раз!). К 1877 г. там осталось всего 110 человек. Резкую убыль вызвали эпидемии и набеги перуанцев, бравших в рабство жителей острова. К 1990-м население острова выросло до 2100 человек — в основном в связи с иммиграционной политикой Чили (этому государству в настоящее время принадлежит остров). История острова Пасхи — лишь один из многих случаев, описанных учеными. Общая модель развития ситуации описывается следующим образом: рост населения — исчезновение леса — исчезновение птиц и животного мира — обеднение экосистемы — изменение климата — падение эффективности земледелия, сопровождающееся голодом и конфликтами среди населения острова.*

1. **Концепция возрастающей отдачи**

Концепция возрастающей отдачи получила широкое распространение в западной управленческой литературе и бизнес-обучении. В 1996 г. *Wall Street Journal* отмечал популярность идеи возрастающей отдачи в управлении, согласно которой «раннее доминирование на рынке приводит впоследствии к практически монопольному положению компании на рынке, поскольку потребители становятся замкнутыми на продукции данной компании, отказываясь переключаться на продукцию конкурентов — многие компании стремятся быстро захватить как можно большую долю рынка».

Многие интернет-компании добились значительных успехов, поставив в основу развития быстрый рост, основывающийся на эксплуатации эффектов возрастающей отдачи. Среди них Yahoo!, eBay, Amazon.com, провайдер IP-телефонии Skype,

социальные сети Facebook, «Одноклассники.ру» и многие другие. Интернет-магазин Amazon.com является классическим примером успешности агрессивных стратегий роста. Несмотря на то, что компания была создана в 1994 г. и первая версия сайта открылась 16 июля 1996 г., уже менее чем через год сайт Amazon.com стал символом интернет-экономики, появившись на обложке «Уолл Стрит Джорнел» в 1995 г. Под управлением

Джеффри Безоса, основателя компании, Amazon.com быстро получил широкую известность в средствах массовой информации, эффективно используя растущую популярность для привлечения новых клиентов. Рост выручки позволил инве-

стировать в развитие компании и захват рынка. Преимущество первопроходца в комбинации с агрессивным ростом и значительными инвестициями в онлайновое присутствие позволило компании извлечь максимум выгоды из сложившейся ситуа-

ции. И хотя интернет-ресурс стал прибыльным только спустя почти десять лет после своего существования, агрессивная политика роста, нацеленная на захват максимальной доли рынка, вывела интернет-магазин Amazon.com в безусловные лидеры

рынка.

**6. Эффекты зависимости от предыдущей траектории**

**развития и блокировки системы**

Возрастающая отдача приводит к возникновению феномена зависимости от предыдущей траектории развития (path dependence), в российской научной литературе известного также как «зависимость от пути», «эффект колеи», «институциональная

ловушка» и т.п. Проблема «зависимости от пути» разрабатывалась преимущественно зарубежными экономистами, сторонниками неоэволюционного подхода в экономике и пока еще сравнительно мало представлена в трудах российских ученых, хотя ряд интересных статей по данной тематике подготовлен и отечественными специалистами.

Одно из наиболее полных определений этому эффекту дал Пол Дэвид: «Зависимость от предшествующего развития — это такая последовательность экономических изменений, при которой важное влияние на возможный результат могут оказать отдаленные события прошлого, причем скорее случайные события, чем систематические закономерности». Общая интерпретация идей зависимости от пути отмечает, что текущее и будущее состояние системы, поступки или решения зависят от решений, принятых в прошлом. Некоторые авторы критикуют концепцию зависимости от предыдущей траектории развития, утверждая, что слишком широкая трактовка данного феномена приводит к тривиальному выводу о том, что «история имеет значение».

«Эффект колеи» помогает понять, почему одни страны преуспевают, а другим так и не

удается их догнать; почему одни страны переходят к новым технологиям последовательно, а другие совершают резкие технологические скачки.

Пол Дэвид описал случай с выбором раскладки клавиатуры QWERTY5, доказывая, что исторические факторы и разного рода случайности могут играть существенную роль в экономическом выборе. Более того, Дэвид показал, что *результатом рыночного отбора может стать и неэффективная технология, даже если рынку доступны более выгодные альтернативы.* Так, стандарт современной раскладки англоязычной клавиатуры

QWERTY, утвердившийся в 1870-х гг., согласно ряду исследований был далеко не оптимален с точки зрения эргономики и удобства печатания. Почти через шестьдесят лет после появления QWERTY-клавиатуры, в 1936 г., американский изобретатель Август Дворак получил патент на принципиально новую раскладку клавиатуры. Эксперименты в 1940-х гг. показали, что клавиатура Дворака до 40% ускоряет набор текстов7. Однако несмотря на эти данные новый стандарт так и не прижился: произошло так называемое «замыкание системы», в русскоязычной литературе известное также как эффект блокировки (system lock-in, lock-in effect), в результате которого издержки потребителя по

переключению на новую раскладку настолько высоки, что не оправдали бы полученных выгод.

В настоящее время в среде исследователей проблематики зависимости от предыдущей траектории развития закрепилось понятие так называемых «QWERTY-эффектов». Под QWERTY-эф фектами подразумеваются *неэффективные стандарты, ко-*

*торые по тем или иным причинам закрепились и демонстрируют устойчивые тенденции к сохранению*.

При анализе работ в данной области помимо исследований, посвященных QWERTY-эффектам, встречается также понятие «предрасположенность пути» (path determinacy). В работах, посвященных механизмам возникновения стандартов, подчеркивается случайность одномоментного выбора и высокая стоимость его последующего изменения (path dependency). Концепция зависимости от предыдущей траектории развития не просто констатирует факт замыкания рынка на неэффективную технологию, что многократно подтверждено эмпирическими исследованиями, но также позволяет ответить на вопрос, *почему* так происходит.

Оказывается, что именно системная динамика (а в последнее время также и агентное имитационное моделирование) помогает проследить механизм формирования эффектов зависимости от предыдущей траектории развития и блокировки в со-

временной экономике.

**Конкурентная борьба на основе возрастающей отдачи:**

**Microsoft и Apple**

Хорошим примером успешной эксплуатации эффектов возрастающей отдачи и блокировки рынка на использование своей продукции является компания Microsoft и история ее конкурентной борьбы с Apple. Несмотря на то, что компания Microsoft изначально вышла на рынок операционных систем позже, чем Apple, ей удалось обойти конкурента и стать лидером на рынке благодаря эффективной эксплуатации возрас-

тающей отдачи, позволившей компании со временем достичь эффектов зависимости от предыдущей траектории развития и блокировки. Несмотря на сотрудничество компаний в первой половине 1980-х гг., конкуренция между Microsoft и Apple заметно обострилась во второй половине 1980-х, когда на рынок, где в то время господствовала операционная система Macintosh (Apple), поставляемая вместе с компьютерным оборудованием,

вышли операционные системы MS-DOS и Windows. Важным фактором конкуренции была относительно низкая стоимость операционных систем Microsoft по сравнению с продукцией Apple. Apple следовала традиционной модели ведения бизнеса, которая основывалась на максимизации доходов. Стратегия Microsoft основывалась на учете концепции возрастающей отдачи и эксплуатации сетевых эффектов. Несмотря на то, что

MS-DOS и Windows 3.1 уступали аналогичному программному обеспечению от компании Apple, решение Microsoft продавать права на свою операционную систему всем компаниям — производителям персональных компьютеров способствовало быстрому захвату значительной доли рынка. Благодаря более быстрому распространению и завоеванию большей, чем у Apple, доли рынка денежные потоки Microsoft позволили ей вложить значительные средства в усовершенствование собственной операционной системы Windows.

В течение 1980-х и начале 1990-х гг. стратегия Microsoft позволила ей захватить лидирующую долю рынка программного обеспечения, заметно увеличивая ценность операционной системы Windows для пользователей персональных компьютеров.

Выгоды от использования совместимого программного обеспечения, в свою очередь, стимулировали новых пользователей покупать продукцию Microsoft, что еще больше увеличивало спрос на ее операционные системы и стимулировало рост выручки и прибыли. Появление Windows 95, графический интерфейс которой был значительно доработан по сравнению с более ранними версиями операционных систем Microsoft, практически полностью ликвидировало конкурентные преимущества Макинтош. Доля рынка компании Apple начала быстро сокращаться, и во второй половине 1990-х гг. победа Microsoft стала очевидной. Таким образом, положительная обратная связь в

виде сетевых эффектов и эффекта от использования комплементарных товаров (приложений Microsoft Office, работавших под операционной системой Windows) помогла изначально менее совершенной технологии захватить лидерство на рынке, тогда как последующие инвестиции в расширение продуктовой линейки и усовершенствование уже существующей продукции сделали данную технологию высоко конкурентоспособной. До

сих пор главная причина популярности Windows основывается на том, что значительное количество прикладных программ работает под ее управлением. В свою очередь, разработчики программного обеспечения предпочитают создавать новые программы, работающие под системой Windows, поскольку количество пользователей данной системы очень велико: по оценкам специалистов, около 95% персональных компьютеров

в мире оснащено операционной системой Windows. Однако не менее важную роль в успехе Microsoft сыграли и другие факторы, например эффект неудобства переключения

на другую операционную систему: чем больше окружающих людей пользуются операционной системой Windows, тем выше издержки пользователя по переключению на иную операционную систему. Огромные размеры сети пользователей Windows

привлекают новых пользователей, еще больше увеличивая ее размеры. Ключевую роль в росте популярности Windows сыграли крупные IT-дистрибьюторы, которые участвуют в формировании еще одной петли положительной обратной связи. Поскольку их доходы зависят от размера обслуживаемого рынка, они стремятся сосредоточиться на продажах наиболее популярных программных продуктов, отдавая предпочтение Windows. Это также способствует росту установленных операционных систем Windows на компьютерах конечных пользователей. Кроме того, значимую роль сыграла специфика отрасли

информационных технологий, а именно — особенность предельных издержек изготовления программного продукта: после завершения разработки программы предельные издержки по изготовлению каждой ее копии стремятся к нулю. В результате

этого возникающая значительная экономия на масштабах так же способствует ускоренному распространению программного обеспечения. И хотя в 1990-х гг. перечисленные выше факторы помогли Microsoft победить, сегодня стратегия Apple по продвижению собственной операционной системы претерпела значительные изменения и во многом напоминает стратегию Microsoft. Основной упор компания делает на инновационность своей продукции, заметно проявившейся в компьютерах серии iMac,

операционной системе OS X, телефона iPhone, планшетного компьютера iPad, которые ориентированы на работу в нишевых сегментах пользователей. Как некогда Microsoft, Apple уделяет существенное внимание разработке программных приложений для своей новой операционной системы, эффективно «замыкая» свою продукцию как на новых, так и на уже лояльных потребителей. Таким образом, победа Microsoft в конкурентной борьбе

в значительной степени основывалась на умелой эксплуатации положительной обратной связи.

1. **От причинно-следственных диаграмм к имитационным моделям**

Системно-динамические модели делятся на качественные и количественные. Качественные модели в системной динамике представлены причинно-следственными диаграммами. При переходе к количественными моделям «язык» системной динамики меняется — от причинно-следственных диаграмм мы переходим к концепции «потоков»

и «накопителей».

Что такое «потоки» и «накопители» и зачем они нужны? «Потоки» представляют собой темп изменения состояния системы, некий процесс во времени, тогда как «накопители» — состояние системы, своеобразный «резервуар», «емкость», которая

накапливает определенный материальный или нематериальный фактор с течением времени. Ключевым постулатом в системной динамике является утверждение о том, что *система диктует поведение*. Это утверждение имеет фундаментальное значение

и подразумевает, что *структура системы определяет то, како*

*тип поведения будет характерен для нее во времени*. Это будет либо экспоненци-

альный рост, если система состоит из позитивных петель обратной связи, либо осцилляция, если в системе присутствует эффект запаздывания, или же превышение и коллапс и т.д. Причинно-следственные диаграммы помогают наглядно представить, каким образом устроены системы. К их очевидным плюсам следует также отнести возможность построения общего видения проблемы. Однако, причинно-следственные диаграм-

мы остаются всего лишь *качественным* инструментом анализа. Построение даже самой точной такой диаграммы не позволит предсказать, каким будет поведение системы.