
преобразования основополагающих институтов, реального превращения их в социально справедливые, а форму организации общества – в демократическую.

Литература

- Иванов В.Н., Овсиенко Ю.В., Русаков В.П., Сухова Н.Н. Основные типы институциональных систем и особенности институциональной и социально-экономической динамики в СССР и постсоветской России. М.: ЦЭМИ РАН, 2008.
- Иванов В.Н., Овсиенко Ю.В., Тихонов А.О., Ясинский Ю.М. Сравнительный анализ институциональной и социально-экономической динамики России и Белоруссии (1990-е годы) // Экономика и мат. методы. 2010. Т. 46. № 3.
- Иванов В.Н., Овсиенко Ю.В., Тихонов А.О., Ясинский Ю.М. Сравнительный анализ институциональной и социально-экономической динамики России и Белоруссии (2000-е годы) // Экономика и мат. методы. 2011. Т. 47. № 3.
- Кузнецов А.В., Четверикова А.С. Российские транснациональные корпорации продолжают экспансию в условиях кризиса. М.: ИМЭМО РАН, 2009.
- Овсиенко Ю.В., Олевская Е.М. О финансовых отношениях, нейтральных к инфляции // Экономика и мат. методы. 1997. Т. 33. Вып. 2.
- Овсиенко Ю.В. Институциональные барьеры российской модернизации // Экономика и мат. методы. 2005. Т. 41. № 2.
- Овсиенко Ю.В. Россия и СССР: институциональная динамика и поляризация доходов населения // Экономика и мат. методы. 2007. Т. 43. № 3.
- Суворов А.В. Доходы и потребление населения. Макроэкономический анализ и прогнозирование. М.: МАКС Пресс, 2001.
- Trenin D.V. Getting Russia Right. Washington: Carnegy Endowment for International Peace, 2007.

Рукопись поступила в редакцию 09.06.2011 г.

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ АДАПТИВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ¹

К.А. Багриновский, М.К. Исаева

В предлагаемой работе представлены основные черты и методы адаптивного управления, которые отражают необходимость учета быстрого изменения условий функционирования объектов экономики России. Поставлена и обсуждена проблема согласования экономических интересов в рамках одной адаптивной организации. Рассмотрены также основные особенности применения указанных методов в условиях работы группы промышленных предприятий.

Ключевые слова: адаптация, самоорганизация, рекомбинация, дестабилизация, управление, согласование, производство, моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

В биологии адаптацией называется эволюционный процесс, при котором организмы изменяют свою структуру и поведение, чтобы успешно противостоять воздействию окружающей среды. Установлено, что процессы адаптации в различных сферах подчиняются удивительно схожим закономерностям (Kauffman, 1995). В книге (Arrow, Pines, 1998) высказана идея, что адаптация – не просто процесс, свойственный биологическим системам, а выражение общего эволюционного процесса. И если мы поймем, каким образом встроена адаптация в биологические системы,

© Багриновский К.А., Исаева М.К., 2011 г.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского государственного научного фонда (проект № 11-02-00227а).

а затем расширим эти знания до общей теории эволюции, то сможем эффективно приложить эту теорию к множеству сложных систем, в том числе и к бизнесу. Следует исходить из того, что понятия эволюции применимы к широкому кругу производственных объектов, они могут быть использованы для описания развития предприятий, компаний, рынков и менеджмента. И если компания хочет выжить и процветать в нестабильном окружении, то ей помогут в этом знания из области эволюции живых организмов, которую более чем за 4 млрд лет довела до совершенства сама природа. Основная проблема бизнеса сегодня состоит в том, чтобы адаптироваться к все более быстрым изменениям и растущей нестабильности. Чем лучше адаптируется экономическая система к меняющимся условиям, тем выше будут ее возможности улучшать свою жизнеспособность по мере изменений в ее структуре, на рынке или в технологиях.

Система адаптивного управления предприятием или компанией предназначена для того, чтобы обеспечить наиболее точное достижение поставленной цели производства и, в особенности, организовать защиту производственной деятельности от неконтролируемых внешних влияний и помех.

Рыночная экономика по своей сущности является надежной базой для использования методов адаптивного управления. Работающие по законам рынка экономические системы постоянно анализируют свое окружение, изменяются под его воздействием, концентрируя свою деятельность на самых полезных и прибыльных направлениях. Анализ развития многих успешных компаний (Мейер, Дэвис, 2007; Елизарова, Лосев, 2009) приводит к системе взглядов, которая может быть выражена как совокупность принципов создания и эффективной деятельности современного адаптивного предприятия. При этом следует иметь в виду, что разработка и реализация специальной системы адаптивного управления на предприятии решительно способствует ускорению достижения этой цели и освобождению целенаправленной работы предприятия

от ненужных внешних влияний и разнообразных помех.

1. ПРИНЦИПЫ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Сформулируем ряд простых правил (принципов), используя которые, производственные системы могут двигаться по пути к адаптивному управлению.

1. *Запустить процесс самоорганизации.* Процесс самоорганизации предполагает разработку правил, которые влияют на индивидуальный выбор сотрудников, а не на поведение организации в целом.

Для таких организаций, как правило, характерно взаимодействие активных элементов (ячеек) по принципу «снизу вверх». Элемент, которому уделяется больше всего внимания в таких производственных системах, – отдельный человек. Это означает, что для успешной деятельности производственной системы нужно разложить корпоративное управление на специфические правила, которым подчиняются решения отдельных людей. Тогда решения человека станут управлять возможностями предприятия. Одной из этих возможностей и станет адаптация: умение использовать преимущества творческой энергии, импульсов, направленных на координацию разнообразных идей внутри системы и вне ее границ. Чтобы управлять «снизу вверх», нужно перенести акцент с контроля действий людей на влияние на их решения. В компании, следующей принципам самоорганизации, лидеры прекращают управлять людьми и начинают управлять правилами.

В сущности, принцип самоорганизации означает, что лидеры могут повлиять на результаты деятельности компании, понимая правила поведения отдельных людей и изменяя или сами правила, или обстоятельства, в которых эти правила работают.

2. *Рекомбинировать.* Процесс рекомбинации, т.е. сочетания идей, выраженных в каком-то общем коде, – это основной источник инноваций в ходе эволюции. К технологиям это относится точно так же, как и к живым организмам. Связь обеспечивает возможность для рекомбинации, чтобы создать нечто, имеющее больше возможностей, чем отдельный элемент. Для этого нужно каким-то образом связывать между собой множество элементов. Именно поэтому история экономической эволюции – это по большей части история транспорта и коммуникаций. Сначала возникла речь, затем письменность, почта, железные дороги, телеграф, телефон, самолет и Интернет. Каждое из этих изобретений снижало экономические затраты на рекомбинации, а значит, и на инновации. Каждое из них повышало степень экономической активности и увеличивало скорость экономических изменений.

Вообще оказалось, что создавать инновации с помощью рекомбинации гораздо более продуктивно, чем изобретать их каждый раз заново. В итоге шансы на успех гораздо выше, и велика вероятность прорыва в появлении новых свойств и качеств. Инновации очень важны потому, что давление внешней среды, побуждающее искать новые способы выживания, – это свойство, присущее любой системе. В работе с уже существующими предприятиями рекомбинация – самый лучший путь быстрого создания инноваций.

То, что происходит потом, зависит от окружения: есть ли с чем рекомбинировать. Причем если используется большое количество агентов, то возникает значительно больше возможностей получения новых результатов. Это общий принцип для эволюционирующих систем: разнообразие входных элементов порождает разнообразие результативных выходов.

Чтобы повысить свою адаптивность, бизнесу предстоит сделать движение в сторону развития рекомбинации. В адаптивных организациях активно пользуются идеями других, свободно делятся информацией, чтобы другие авторы захотели к ним присоединиться. Позаимствовать какую-то практику или даже целый

продукт у другой компании – это правильный шаг. Но еще более высокое достижение – передать управление своим продуктом рынку. При этом для ускорения рекомбинации рекомендуется использовать следующие рычаги менеджмента: во-первых, необходимо доводить до максимума разнообразие идей, их способность контактировать и взаимодействовать друг с другом; во-вторых, нужно увеличивать количество таких контактов.

Таким образом, адаптивное предприятие должно концентрироваться на рекомбинации по трем причинам. Во-первых, рекомбинация – это ключ к быстрым и оригинальным инновациям. Во-вторых, она увеличивает разнообразие, что в свою очередь делает предприятие более жизнеспособным и расширяет спектр его реакций во времена резких перемен. В-третьих, она помогает талантливым людям развиваться быстрее, потому что они испытывают на себе влияние множества самых разнообразных идей и им приходится решать множество самых разнообразных проблем. Это дает производственной системе, а также каждому ее сотруднику самые лучшие шансы на создание продукта, практики или стратегии, которых никогда не существовало раньше.

3. *Воспринимать и реагировать.* Производственная система, которая хочет процветать в нестабильном окружении, должна располагать инструментарием, необходимым для восприятия изменений и немедленной, точной и адекватной реакции на них. Такой инструментарий в виде специальных датчиков позволяет получать информацию в режиме реального времени, фильтровать ее, действовать в соответствии с ней и даже полностью отказаться от прогнозирования.

Например, воспринимать изменения рынка и реагировать на них быстрее и точнее компаниям помогают три новые тенденции. Первая состоит в том, что стоимость датчиков, позволяющих компаниям получать обратную связь о положении своей продукции на рынке, падает, что дает возможность встраивать их в каждый продукт. Вторая – в том, что техноло-

гическое развитие самих датчиков позволяет воспринимать новые типы данных и делать это более точно, используя меньше места и энергии. Согласно третьей тенденции беспроводные сети делают новые данные доступными в любом месте и в реальном времени.

4. *Учиться и адаптироваться.* Производственная система, после того как она «восприняла и среагировала» на обратную связь, должна учиться на этом опыте и встраивать новую информацию в свой набор реакций. Такая петля обратной связи создает непрерывную адаптацию.

Теперь, когда датчики становятся всеобщими и взаимосвязанными, стало возможным создавать компьютерные программы, которые извлекают новые знания в результате того, что воспринимают всю систему, совершенствуя ее.

Обратную связь, которая делает возможным процесс обучения, можно создавать постепенно. Знания и навыки, необходимые для обучения, могут исходить либо от менеджмента, либо из эффективности технологий, таких как нейронные сети. Этот процесс может начинаться на предприятиях как часть системы управления взаимодействием с клиентами, в финансах, в налогово-административной системе или как часть системы информации и менеджмента. Интеграция разумной реакции и способности к обучению остается важной проблемой, но во многих случаях технологии для этого уже существуют, и постоянно появляются новые. Непременным условием для получения серьезных результатов является желание и готовность адаптироваться.

5. *Посеять, отобрать и усилить.* Адаптивная производственная система предполагает тестирование множества разнообразных возможностей выбора и усиление самых удачных из них.

Исходить надо из того, что в созданном предприятии работают независимые, самоорганизующиеся люди, готовые воспринимать бизнес-ситуацию и экономический климат и желающие осуществить задуманные планы. Для того чтобы не допустить напрасной тра-

ты ресурсов и не получить хаос, нужно применять направленный отбор вариантов развития. Сегодня многие компании идут по пути использования новых технологий тестирования. Дело в том, что современные способы рекомбинации создают большие запасы потенциальных решений, которые нужно отсортировать в очень больших масштабах. Это тестирование производится с помощью компьютерных моделей, чтобы экспериментировать с многочисленными альтернативами. Таким образом, принцип «сеять, отбирать и усиливать» становится средством проведения испытаний потенциальной ценности разнообразных экономических возможностей и позволяет выбирать победителей и принять высокий процент неудач. Можно считать, что «сеять, отбирать и усиливать» – адаптивный принцип репродуктивного выбора. При этом восприятие и реакция, обучение и адаптация – принципы успешного развития предприятия уже после его становления.

6. *Дестабилизировать.* Иногда уровень изменений окружающей среды требует для выживания производственной системы создания внутренней нестабильности.

Стабильная работа адаптивной организации может быть нарушена по причине возникновения кризисных (критических) явлений. К таким явлениям прежде всего относятся крупные технические происшествия и аварии, резкие изменения в социально-экономической сфере, изменения цен на рынках сбыта или ресурсов, падение объемов производства продукции вследствие роста конкуренции, удорожания ресурсов и т.п.

Это означает, что в составе адаптивной организации должен быть разработан комплекс мероприятий, которые нужно осуществить для предупреждения возможности кризисных (критических) явлений и устранения их последствий в случае их возникновения.

Исследователи теории сложных систем часто говорят о «границе хаоса». Они признают, что слишком много стабильности опасно для развития так же, как и слишком мало порядка.

Трудно точно подсчитать, сколько нужно нестабильности той или иной компании. Это связано с тем, что в настоящее время нет достаточно надежных способов для ее измерения. Однако все более становится ясным, что рост нестабильности внешнего окружения требует уменьшения стабильности внутри компании. Дело в том, что жизненный цикл продуктов становится все короче. Время, за которое новым компаниям необходимо стать прибыльными уменьшается. Компании, способные завершать цикл развития быстрее других, смогут создавать нестабильное рыночное окружение и использовать его в своих целях.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Общая постановка задачи адаптивного управления может быть представлена следующим образом. Рассмотрим объект управления, на динамику которого влияют измеряемые возмущения $r(t)$, неизмеряемые возмущения $f(t)$ и управляющие воздействия $u(t)$. Доступные измерению выходные переменные объекта обозначаются $y(t)$. Поведение объекта в динамике зависит также от ряда неизвестных параметров, совокупность которых обозначается $g \in G$. Множество G определяет класс допустимых объектов. Кроме того, задана цель управления, определяющая желательное поведение объекта.

Требуется определить алгоритм управления (адаптивный регулятор), использующий измеряемые величины, не зависящий от $g \in G$, так чтобы для любого g из G обеспечить достижение заданной цели управления (Деревицкий, Фрадков, 1981).

Поставленная задача охватывает традиционные, «неадаптивные» задачи управления. В «неадаптивном» случае параметры объекта g предполагаются известными, т.е. множество допустимых объектов G состоит из одного элемента. Специфика задач адаптивного управ-

ления состоит в том, что класс G содержит «много» объектов, и цель управления должна достигаться в условиях неопределенности. Правда, четкую границу между адаптивными и неадаптивными задачами провести трудно, поскольку традиционные решения зачастую являются «грубыми», нечувствительными к отклонению параметров объекта от известных значений. Нетривиальные задачи адаптивного управления возникают тогда, когда «размер» множества G (уровень неопределенности) достаточно велик и традиционные методы для определения регуляторов управления оказываются непригодными.

Следует заметить, что в число неизвестных параметров кроме параметров объекта могут входить также характеристики возмущений. В этом случае множество G будет определять класс допустимых объектов и возмущений.

Принцип работы адаптивного регулятора состоит в одновременном изучении объекта и управлении им. При адаптивном подходе правило определения управляющих воздействий автоматически изменяется в ходе работы. Обычно адаптивный регулятор имеет двухуровневую структуру. Алгоритм 1-го уровня при известном $g \in G$ должен обеспечивать такое управление $c(g)$, которое позволяет достичь поставленной цели. Алгоритм 2-го уровня должен изменять (настраивать) управление таким образом, чтобы приспособиться к неизвестной ситуации с пользой для объекта управления, это достигается с использованием управляющего воздействия $u(t)$.

Алгоритм 1-го уровня называется алгоритмом регулирования, а программа, в которой он реализуется, – регулятором. Алгоритм 2-го уровня называется алгоритмом адаптации, а соответствующая программа его реализации – адаптером. В настоящей работе представленный выше подход применяется к разработке адаптивных систем для объектов, развитие которых характеризуется оптимизационными моделями.

Следует иметь в виду, что рынок в любой момент может предъявить самые раз-

личные требования по управлению предприятием. Поэтому адаптивное управление процессом должно быть в значительной мере автоматизировано. Для этого необходимо создание имитационных систем с использованием специальных алгоритмов. В настоящее время разработаны непрерывные алгоритмы адаптации, в которых направление изменения настраиваемых параметров противоположно градиенту от скорости изменения заданной оценочной функции, которая реализует поставленную цель (антиградиентный спуск). Рассмотрим ниже несколько примеров адаптивного управления с применением указанного метода. Использование таких алгоритмов, в частности, позволяет производить расчеты по приближению к заданному значению выпуска продукции в условиях действия внешних воздействий, вычислять равновесие на рынке одного товара, исследовать процесс адаптации группы предприятий, которые смогут создавать нестабильное рыночное окружение и использовать его в своих целях.

3. ПРИМЕРЫ АЛГОРИТМОВ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

3.1. Расчет приближения к заданному значению выпуска продукции в условиях действия внешних воздействий

Пусть $u(t)$ – внешнее задающее воздействие, $v(t)$ – внешнее возмущение, $y(t) = f(u)$ – объем выпуска продукции, \tilde{y} – заданный конечный объем. Требуется обеспечить процесс приближения $y(t)$ к \tilde{y} при определенном законе изменения $u(t)$ и при любом возмущении $v(t)$.

Для достижения этой цели строится оценочная функция $Q(t) = (\tilde{y} - y(t))^2$ и находится ее минимальное значение методом антиградиентного спуска. Для этого в простейшем случае полагаем, что функция $y(t) = f(u)$ может быть выражена при помощи введения одного

параметра R (ресурса) и имеет вид $y = R\sqrt{u}$. В этом случае оценочная функция имеет вид

$$Q(t) = (\tilde{y} - R\sqrt{u(t)})^2.$$

Используя метод антиградиентного спуска, определяем производную $Q(t)$ по параметру R :

$$\frac{dQ}{dR} = -2(\tilde{y} - R\sqrt{u(t)})\sqrt{u(t)}.$$

Расчетная формула в этом случае имеет вид

$$R_{t+1} = R_t + 2h(\tilde{y} - R_t\sqrt{u_t + v_t})\sqrt{u_t + v_t}.$$

Здесь величина $h > 0$ является шагом по времени t , а функция возмущения $v(t)$ определяется условиями конкретной задачи.

3.2. Управление объектами, описанными оптимизационными моделями

Представленный в п. 3.1 подход может быть применен также к разработке адаптивных систем для объектов, развитие которых характеризуется оптимизационными моделями.

Рассмотрим задачу оптимизации предприятия, работающего в условиях ограниченности важнейших производственных ресурсов. Пусть все главные технологические способы могут быть выражены как $(m + 1)$ -мерные векторы затрат-выпуска $L_j = (y_j, a_{1j}, \dots, a_{mj})$, где y_j выражает объем продукции, производимой таким способом при единичной интенсивности его применения, величины a_{kj} ($k = 1, \dots, m$) представляют количества расходуемых производственных ресурсов в тех же условиях.

Задача максимизации выпуска продукции в этом случае может быть записана следующим образом:

$$\sum_j y_j \rightarrow \max,$$

при следующих условиях:

$$\sum_j a_{kj} x_j \leq u_k, \quad x_j \geq 0.$$

Здесь величины x_j представляют искомые интенсивности технологических способов, а величины u_k – задаваемые объемы производственных ресурсов.

Известно, что при неотрицательных значениях коэффициентов технологических способов эта задача имеет решение, и суммарный выпуск продукции предприятия может быть выражен через объемы расходуемых ресурсов по формуле

$$Y = \sum_j y_j = \sum_k p_k u_k,$$

где p_k – суть «теневые цены» ресурсов, определяемые как решение задачи, двойственной к основной.

Таким образом, имеется прямая связь между расходом ресурсов и объемом выпуска продукции, аналогичная той связи, которая была представлена выше для случая одного ресурса.

Пусть \tilde{Y} – заданный конечный объем. Тогда для построения адаптивной системы можно действовать согласно плану, намеченному в задаче с одним ресурсом (п. 3.1).

3.3. Вычисление равновесия на рынке одного товара

Основные параметры задачи: p_t – цена товара в момент t , $S_t = S(p_t)$ – предложение товара на рынке, $D_t = D(p_t)$ – регулярный спрос на товар. Задающим воздействием на ход процесса является изменение цены в ходе установления равновесия. Кроме того, в наличии имеется неконтролируемое возмущение спроса v_t , которое может нарушить (или осложнить) нормальный ход процесса установления равновесия. Формула расчета цены имеет вид

$$p_t = \frac{D_{t-1} + v_{t-1}}{S_{t-1}}.$$

В качестве оценочной функции принимается квадрат разности между спросом и предложением (равновесное значение этой функции равно нулю):

$$Q(p) = (S(p) - (D(p) + v(t)))^2.$$

Рассмотрим применение метода антиградиентного спуска в случае, когда $S_t = S_0 + sp_{t-1}$, $D_t = D_0 - dp_{t-1}$. В этой ситуации производная оценочной функции по цене равна

$$\frac{dQ}{dp} = 2(S - (D + v))(s + d).$$

Расчетная формула метода спуска имеет вид

$$p_{t+1} = p_t - 2h(S_t - (D_t + v_t))(s + d).$$

Здесь величина $h > 0$ является шагом по времени t , а функция возмущения $v(t)$ определяется условиями конкретной задачи, например, как последовательность случайных чисел.

3.4. Моделирование динамики нестационарного объекта

Пусть целью управления является функция времени $\tilde{y}(t) = y_0 \exp(kt)$ и внешнее воздействие имеет вид $u = u_0 \exp(1t) + v(t)$. Здесь $v(t) = v_0(-1)^t$ – неконтролируемое возмущение. Выпуск продукции, как и в п. 3.1, представляется в следующем виде: $y_t = R_t \sqrt{u_t}$. Здесь R_t – изменяемый параметр.

Оценочная функция может быть выражена в виде

$$Q_t = (\sum_{\tau} \tilde{y}(\tau) - \sum_{\tau} y(\tau))^2.$$

Она должна стремиться к нулю при $t \rightarrow \infty$.

С учетом введенных обозначений получаем:

$$Q_t = (\sum_{\tau=0}^{t-1} \tilde{y}(\tau) + \tilde{y}(t) - \sum_{\tau=0}^{t-1} y(\tau) - R_t \sqrt{u(t)})^2.$$

Производная

$$\frac{dQ}{dR} = -2(\sum_{\tau=0}^{t-1} \tilde{y}(\tau) + \tilde{y}(t) - \sum_{\tau=0}^{t-1} y(\tau) - R_t \sqrt{u(t)}) \sqrt{u(t)}.$$

Таким образом, расчетная формула антиградиентного метода имеет следующий вид:

$$R_{t+1} = R_t + 2h \left(\sum_{\tau=0}^{t-1} \tilde{y}(\tau) + \tilde{y}(t) - \sum_{\tau=0}^{t-1} y(\tau) + R_t \sqrt{u_t + v_t} \right) \sqrt{u_t + v_t},$$

$h > 0$ – шаг по времени t , функция v_t – неконтролируемое возмущение.

4. ПРИМЕР СОГЛАСОВАНИЯ ИНТЕРЕСОВ В АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЕ

В работе (Багриновский, 1999) рассмотрена способность участников экономических процессов к самоорганизации. В этой статье показано, что такая способность выражается главным образом в стремлении группироваться вокруг наиболее перспективных направлений хозяйственной деятельности, изменяя тем самым параметры естественных регуляторов обратной связи.

Будем исходить из того, что рассматриваемая система в целом обладает непустым множеством положительных целевых установок. Положительная целевая установка – направление действий организации, которое отвечает требованиям повышения ее эффективности и удовлетворяет всем имеющимся ограничениям технического и экономического характера.

Предполагается также, что экономические интересы каждого подразделения связаны с повышением его эффективности и оно обладает собственным непустым множеством положительных целевых установок. Одна из возможных интерпретаций согласования интересов путем адаптации состоит в том, что глобальная положительная целевая установка системы может быть сформирована или выражена как некоторая комбинация положительных целевых установок подразделений или

согласована с такой комбинацией при помощи более сложных способов.

В этом случае всякое продвижение подразделения в направлении, предписанном своей собственной целевой установкой, является одновременно продвижением системы в целом к повышению ее эффективности.

Количественное описание такой ситуации может быть выполнено в том случае, если положительная целевая установка каждого подразделения системы может быть сформирована или выражена через требование достижения максимального значения некоторой функции эффективности $f_j(x_j)$. Тогда можно исходить из того, что каждое подразделение выбирает себе (или получает) локальную функцию эффективности $f_j(x_j)$, такую, что ее рост вызывает рост глобальной функции системы $F(x)$. В частности, это возможно, если глобальная функция может быть представлена в виде линейной комбинации с положительными коэффициентами некоторой системы функций вида $g_j(x_j)$, каждая из которых связана с соответствующей функцией эффективности некоторого подразделения:

$$F(x) = \sum_j a_j g_j(x_j).$$

Тогда глобальная задача системы $F(x) \rightarrow \max$ превращается в систему локальных задач типа $f_j(x_j) \rightarrow \max$ ($j = 1, \dots, n$).

Предположим, что создаваемая адаптивная система планируется в составе n подразделений (с номерами $j = 1, \dots, n$), каждое из которых занято своей производственной деятельностью, имеет свой объем производственных ресурсов и определенную долю ответственности за выполнение планов и достижение целей, стоящих перед адаптивной системой в целом.

При этом мы исходим из того, что производственная деятельность каждого подразделения может быть достаточно точно охарактеризована при помощи сравнительно простой экономико-математической оптимизационной модели. Такого рода модели мы будем далее называть функциями эффективности или валовой прибыли.

Рассмотрим некоторые проблемы согласования интересов на примере работы адаптивной системы, состоящей из двух предприятий.

Пусть функции эффективности (валовой прибыли) этих предприятий имеют вид:

$$Y_j = a_j + b_j x_j - c_j x_j^2 \quad (j=1, 2),$$

где параметры a_j , b_j , c_j являются неотрицательными числами.

Здесь x_j – уровень дополнительного расхода ресурса (энергии), a_j – уровень постоянной прибыли, b_j – коэффициент дополнительной прибыльности (например, надбавка за качество), c_j – коэффициент, характеризующий уровень непроизводительных затрат ресурса.

Работа системы происходит следующим образом.

Шаг 1.

А. В начале работы задаются начальные значения указанных параметров.

Б. Формулируются правила изменения параметров на каждом этапе процесса адаптации.

Шаг 2.

Определяются максимальные значения локальных функций эффективности двух предприятий. Они имеют вид

$$x_{j0} = \frac{b_j}{2c_j}; \quad Y_{j0} = a_j + \frac{b_j^2}{4c_j} \quad (j=1, 2).$$

Шаг 3.

Разрабатывается набор вариантов максимизации локальных функций при различных значениях управляющих параметров b_1 , b_2 , удовлетворяющих условию $b_1 + b_2 < B$, для чего используются координаты точек локальных максимумов, определенные на шаге 2. Здесь параметр B выражает объем вспомогательных ресурсов (финансовых и технологических), имеющих в распоряжении руководства организации.

Полученный результат зависит от существующих значений параметров.

Шаг 4.

По данным о локальных функциях формируется набор вариантов решений для совместной (адаптивной) системы двух предприятий. По этому набору по критерию максимума эффективности определяется оптимальное решение.

Шаг 5.

Конец расчетов в том случае, если не появляется управляющий (аварийный) сигнал, иначе – переход на шаг 1Б.

Возникновение аварийного сигнала связано, как правило, с уменьшением значения показателя эффективности для какого-либо предприятия. Например, если этот показатель уменьшится более чем на 10% относительно его начального значения, то это потребует определения новых значений коэффициентов b_j , что приведет к формированию новых возможных вариантов функционирования предприятия. Если сигнал не возникает, то на следующем шаге используется очередной набор параметров a_j , b_j , c_j согласно правилу, сформулированному в шаге 1.

Рассмотрим численный пример.

В качестве локальных функций предприятий примем формулы, указанные выше, а значение общего параметра $B = 1$.

В табл. 1 и 2 представлены возможные варианты функционирования первого и второго предприятий, составляющих адаптивную систему. Для расчета функционирования предприятий были использованы следующие функции эффективности:

$$y_1 = 20 + b_1 x_1 - 0,01 x_1^2, \\ y_2 = 10 + b_2 x_2 - 0,005 x_2^2.$$

Соответствующие точки максимума прибыли для таких предприятий будут: $x_{10} = b_1 / 0,02$ и $x_{20} = b_2 / 0,01$.

Рассмотрим возможные совместные решения двух предприятий: $x_0 = x_{10} + x_{20}$, $y_0 = y_{10} + y_{20}$. Совместная работа предприятий по варианту 2 дает следующий результат: $x_0 = 62,5$, $y_0 = 47,1875$; по варианту 3 – $x_0 = 50$, $y_0 = 48,75$; по варианту 4 – $x_0 = 87,5$, $y_0 = 59,6875$; по варианту 7 – $x_0 = 90$, $y_0 = 63$.

Таблица 1
Возможные варианты функционирования первого предприятия

Номер варианта	b_1	x_{10}	y_{10}
1	1	50	45
2	0,75	37,5	34,0625
3	0,5	25	26,25
4	0,25	12,5	21,5625
5	0	0	20
6	0,1	5	20,25
7	0,2	10	21

Таблица 2
Возможные варианты функционирования второго предприятия

Номер варианта	b_2	x_{20}	y_{20}
1	0	0	10
2	0,25	25	13,125
3	0,5	50	22,5
4	0,75	75	38,125
5	1	100	60
6	0,9	90	50,5
7	0,8	80	42

По критерию максимума прибыльности оптимальным решением будет работа предприятий по варианту 4. Будем считать, что какое-то время дальнейшая работа двух предприятий происходит в этом режиме и запас дополнительного ресурса ограничен и не превосходит 90 единиц.

Теперь предположим, что на каком-то этапе работы на первом предприятии произошел аварийный случай, в результате которого в пять раз увеличились непроизводительные потери энергии, поэтому необходимо использовать новое выражение для прибыли.

В этом случае первое предприятие изменяет свою функцию эффективности на $y_1 = 20 + b_1 x_1 - 0,05 x_1^2$; $x_1 = b_1/0,1$ – соответственно меняется точка максимума прибыли.

В табл. 3 представлены три новых (поставарийных) варианта для первого предприятия.

Второе предприятие не меняет свою функцию эффективности и продолжает работу в прежнем режиме.

Суммарная прибыль организации в различных ситуациях применения этих вариантов следующая:

1) $x_0 = 77,5$, $y_0 = 58,4375$, первое предприятие работает по варианту 4 после аварии (табл. 3), второе – по варианту 4 (табл. 2);

2) $x_0 = 91$, $y_0 = 70,55$, первое предприятие работает по варианту 6 после аварии (табл. 3), второе – по варианту 6 (табл. 2);

3) $x_0 = 82$, $y_0 = 62,2$, первое предприятие работает по варианту 7 после аварии (табл. 3), второе – по варианту 7 (табл. 2).

Какие управленческие решения могут быть приняты в этой ситуации?

Из приведенного расчета видно, что если оставить работу двух предприятий по варианту 4 (табл. 2, 3), то суммарная прибыль уменьшится и составит 58,4375, до аварии она равнялась 59,6875.

Если сделать переход к работе по варианту 6 поставарийного функционирования первого предприятия (табл. 3) и к 6-му варианту функционирования второго предприятия (табл. 2), то суммарная прибыль составит 70,55 единицы, однако для этого потребуется небольшое превышение расхода дополнительного ресурса над лимитом в 90 единиц.

Поэтому более правильным будет переход к варианту 7 для первого предприятия (табл. 3) и второго предприятия к варианту 7 (табл. 2). В этом случае суммарная прибыль

Таблица 3
Возможные варианты поставарийного функционирования первого предприятия

Номер варианта	b_1	x_{10}	y_{10}
4	0,25	2,5	20,3125
6	0,1	1	20,05
7	0,2	2	20,2

равна 62,2, а расход дополнительного ресурса составит 82 единицы.

Таким образом, для адаптации и устранения последствий кризиса необходимо предусмотреть четкий переход от действующего варианта решения для всей адаптивной системы к более подходящему варианту.

При этом, как правило, проблема решается путем включения некоторой части дополнительного ресурса для поддержки как того предприятия, на котором произошел аварийный случай, так и его партнеров, с тем чтобы позволить адаптивной системе в целом преодолеть возникшие трудности.

Литература

- Багриновский К.А. О методах адаптивного управления в переходной экономике // Экономическая наука современной России. 1999. № 2.
- Деревицкий Д.П., Фрадков А.Л. Прикладная теория адаптивных систем управления. М.: Наука, 1981.
- Елизарова Е.Ю., Лосев М.В. Мозаика наукоемкого бизнеса // ЭКО. 2009. № 11.
- Мейер К., Дэвис С. Живая организация. М.: Добрая книга, 2007.
- Arrow K.J., Pines D. The Economy as an Evolving Complex Adaptive System. Santa Fe Institute, 1998.
- Kauffman S. At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity. Oxford University Press, 1995.

Рукопись поступила в редакцию 29.04.2011 г.

УСЛОВИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КОММЕРЧЕСКОЙ ФИРМЫ¹

И.Б. Гурков

В статье представлена модель определения границ процесса воспроизводства коммерческой фирмы как процесса непрерывного обмена ресурсами фирмы с владельцами ресурсов – стейкхолдерами. Показаны условия поддержания устойчивости данного обмена и пределы манипулирования условиями обмена с поставщиками ресурсов фирмами. Доказывается, что создание фирмой неравновесных условий обмена со стейкхолдерами, ведущее к накоплению у последних квазиаренды в отношениях с фирмой, является наиболее действенным способом развития рынков и отраслей.

Ключевые слова: стратегическое развитие, рынки факторов производства, стейкхолдеры, модели.

Мировой финансовый кризис и экономическая рецессия 2008–2009 гг., сопровождавшиеся крахом ряда «наиболее восхитительных компаний»², привели к серьезному пересмотру принципиальных положений в области теории управления фирмой. Уже в самом начале 2009 г. в литературе, адресованной руководителям фирм, появились призывы «покончить с тиранией “стоимости для акционеров” – как единственном смысле существования фирмы» (Raynor, 2009, p. 4–11).

© Гурков И.Б., 2011 г.

¹ Данная работа выполнена при поддержке научного гранта факультета менеджмента Национального исследовательского университета – Высшей школы экономики.

² Списки «наиболее восхитительных компаний» (most admired companies) ежегодно составляются журналом «Fortune».