

Самоорганизация экономических систем и государство¹

С.Ю. Малков, А.С. Малков

Аннотация. Методами математического моделирования рассмотрены процессы самоорганизации в экономических системах различного типа. Показано, что роль государства в экономике детерминирована характером и особенностями процессов производства, в частности, видом производственной функции.

Какова роль государства в решении экономических проблем, нужно ли ему активно вмешиваться в экономические процессы? Это одна из тем, интерес к которым со временем не ослабевает.

В странах социализма считалось, что государство должно осуществлять регулирование всех сторон экономической жизни. Рыночные отношения отождествлялись с хаосом.

Наоборот, в рамках либерального подхода утверждается, что лучшей экономической системой является система, основанная на рыночных отношениях при минимальном вмешательстве государства. Роль государства сводится к выправлению «провалов рынка» в отдельных сегментах экономики и к выполнению функций «ночного сторожа» (обеспечение законности, правопорядка, внешнеполитических функций и т.п.) [1].

Истина, по-видимому, находится где-то посередине, и многое в ответе на поставленный вопрос зависит от конкретных обстоятельств и условий функционирования экономической системы. Попробуем внести некоторую ясность в эту проблему с помощью математического моделирования процессов экономической самоорганизации. В чем суть подхода? На основе динамической математической модели функционирования экономики при различных

внешних и внутренних условиях исследуются возможности достижения состояний экономического равновесия с последующим анализом устойчивости этих состояний. Считается, что в процессе социальной самоорганизации путем проб и ошибок формируется такая социально-экономическая структура, которая обеспечивает высокую эффективность и «выживаемость» общества в заданных условиях (в противном случае социально-экономическая система погибает). Таким образом, целью моделирования является поиск устойчивых состояний экономических систем (при заданных внешних и внутренних условиях их функционирования), а также определение роли государства в обеспечении экономической устойчивости.

Рассмотрим следующую, самую общую, схему экономических взаимодействий в обществе:

- экономическая система состоит из двух секторов: производственного сектора 1, который производит товары и услуги, и потребительского сектора 2, который потребляет производимые сектором 1 товары и услуги и одновременно участвует в их производстве, обеспечивая производственный сектор рабочей силой (для упрощения анализа примем, что экономическая система замкнута, то есть хозяйственные связи с внешним миром отсутствуют);

¹ Работа поддержана РФФИ (проект №05-06-80237)

- в соответствии с макроэкономическим подходом, вся совокупность товаров и услуг рассматривается в виде агрегированного продукта (однопродуктовая модель); объем производимого продукта (кол-во единиц) определяется производственной функцией, единица этого продукта имеет цену, которая может устанавливаться как рыночным образом в результате баланса спроса и предложения, так и путем директивного назначения;

- источником поступления денежных средств в производственный сектор является приобретение населением агрегированного продукта (товаров и услуг); источником поступления денежных средств в потребительский сектор является зарплата, величина которой пропорциональна стоимости выпускаемого продукта;

- помимо выплат зарплаты денежные средства сектора 1 расходуются на обеспечение производственного процесса (внутреннее потребление) и накопление (потенциальные инвестиции); затраты на внутреннее потребление пропорциональны имеющимся в производственном секторе денежным средствам;

- воспроизводство экономики обеспечивается за счет использования накоплений в производственном секторе; технический прогресс в модели не учитывается;

- население расходует свои денежные средства на потребление и сбережение; спрос населения на агрегированный продукт определяется функцией потребительского спроса, которая примерно пропорциональна покупательной способности имеющихся у населения денежных средств;

- параметры спроса и предложения не зависят от номинала используемых денежных знаков, они зависят от покупательной способности денежных средств, то есть от того, какое количество продукта можно приобрести на одну денежную единицу при складывающемся уровне цены (то есть покупательная способность денежной суммы U при уровне цен p равна U/p);

- производственная функция, характеризующая объем производимой в единицу времени продукции, может характеризоваться как повышающимися, так и понижающимися предельными издержками (Рис.1); при повышаю-

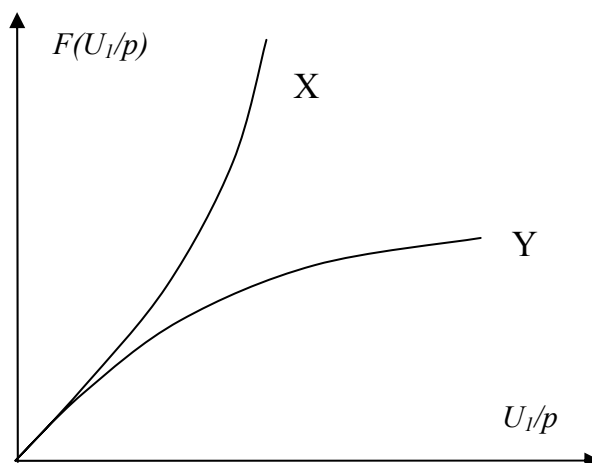


Рис. 1. Вид производственной функции с повышающимися (кривая Y) и с понижающимися (кривая X) предельными издержками

щихся предельных издержках затраты на производство единицы продукции при расширении производства растут, при понижающихся — уменьшаются.

На рисунке p — цена единицы продукта; U_1 — величина денежных средств в производственном секторе; U_1/p — реальная покупательная способность имеющихся в производственном секторе денежных средств; $F(U_1/p)$ — зависимость количества производимого продукта (производственная функция) от денежных возможностей производственного сектора.

Динамическая математическая модель, описывающая данную систему экономических взаимодействий, имеет следующий вид:

$$dU_1/dt = p \cdot Q_2 - p \cdot G \quad (1)$$

$$dU_2/dt = p \cdot G - p \cdot Q_2, \quad (2)$$

$$dp/dt = a \cdot (Q_1 + Q_2 - F) \quad (3).$$

Величины Q_1 , Q_2 , G и F определяются в единицах выпускаемого (потребляемого) продукта.

Уравнения (1) и (2) характеризуют динамику изменения денежных средств U_1 в производственном секторе 1 и, соответственно, денежных средств U_2 в потребительском секторе 2, где:

$p \cdot Q_2$ — денежная сумма потребительского спроса на продукт, производимый в 1-м секторе; она определяется ценой продукта p и

величиной потребительского спроса Q_2 , пропорционального покупательной способности населения ($Q_2 = k_2 \cdot U_2/p$, где k_2 - коэффициент пропорциональности);

$p \cdot G$ – доходы населения, получаемые в виде зарплаты, пропорциональной (с коэффициентом пропорциональности h меньшим единицы) стоимости произведенной продукции:
 $p \cdot G = p \cdot h \cdot F(U_1/p)$;

Если денежная величина потребительского спроса выше, чем доходы населения в данный момент в виде зарплаты, то денежные средства «перетекают» в производственный сектор 1, что отражается уравнением (1). Если зарплата населения в определенный момент t превышает его денежный потребительский спрос, то имеет место переток денежных средств во 2-й сектор - уравнение (2).

Уравнение (3) определяет динамику изменения цен под воздействием соотношения спроса и предложения на производимый продукт. Здесь:

Q_1 – количество продукта для внутреннего потребления в производственном секторе, необходимое для процесса воспроизводства:
 $Q_1 = k_1 \cdot U_1/p$, где k_1 - коэффициент пропорциональности;

F – производственная функция, выраженная в единицах продукта, произведенного за единицу времени;

a - коэффициент пропорциональности, характеризующий скорость установления равновесной цены (dp/dt) и характер взаимодействия сферы производства и обращения.

Если величина производимого продукта F больше, чем сумма продукта, необходимого для внутреннего потребления в секторе 1 (Q_1) и удовлетворения потребительского спроса в секторе 2 (Q_2), то цена падает, и наоборот. По существу, именно уравнение (3) отражает рыночный характер экономики через описание рыночного механизма ценообразования.

Математический анализ системы (1-3) дает следующие результаты.

На Рис.2 изображен график функции dU_1/dt , построенный для случая 1, когда производственная функция F характеризуется *повышающимися* предельными издержками.

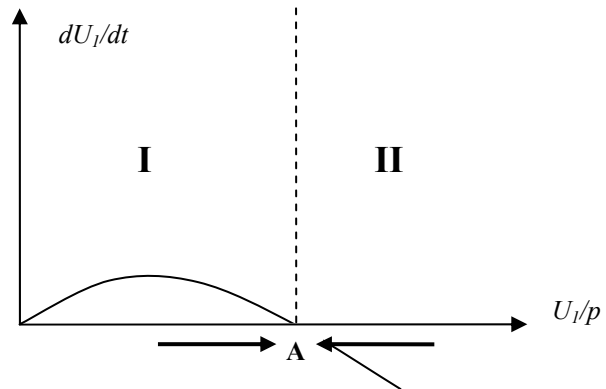


Рис. 2. Вид функции dU_1/dt в случае функции F с *повышающимися* предельными издержками

В области I доходы производственного сектора выше расходов ($dU_1/dt > 0$), производство растет, цены падают, значение U_1/p увеличивается. В области II ситуация противоположная. Точка A, где dU_1/dt изменяет знак, – точка *устойчивого* равновесия. При отклонении системы от этой точки в область I или в область II равновесие нарушается, но в результате экономических процессов, описываемых уравнениями (1-3), происходит возвращение системы в равновесное состояние. Таким образом, в случае 1 реализуется ситуация рыночной самоорганизации, при которой механизм свободного установления цен на основе соотношения спроса и предложения приводит экономическую систему из двух секторов к точке равновесия, означающей наилучшее размещение ресурсов.

Рассмотрим случай 2, когда производственная функция F характеризуется *понижающимися* предельными издержками. На Рис.3 изображен график функции dU_1/dt , построенный для этого случая в соответствии с (5) и (7).

Этот случай кардинально отличается от рассмотренного выше. Характер поведения системы в областях I и II изменяется на противоположный: в области I доходы производственного сектора ниже расходов ($dU_1/dt < 0$), производство падает, цены растут, значение U_1/p уменьшается. В области II - все наоборот. Точка A – точка равновесия, но это равновесие *неустойчивое*. При отклонении системы от этой точки и в область I и в область II происходит разбалансировка системы и она начинает стремительно удаляться от равновесия. При отклонении

в область II начинается бурный экономический рост (экономический бум) до тех пор, пока предельные издержки не начнут повышаться и наступит стабилизация (случай 1), при отклонении в область I начинается процесс неуклонного снижения производства и одновременно усиления инфляции, что заканчивается «банкротством» производственного сектора.

Таким образом, в области I экономическая система с понижающимися предельными издержками при действии рыночного механизма формирования цены на основе соотношения спроса и предложения в долгосрочной перспективе существовать *не может*. Существуют ли способы стабилизации хозяйственной ситуации для экономики отраслей с понижающимися предельными издержками в области I?

Оказывается, такие способы существуют. Ситуацию можно стабилизировать, если зафиксировать цены, не позволяя им расти дальше ($p = p' = const$), и одновременно снизить зарплату ($h \rightarrow h'$) таким образом, чтобы выполнялся материальный баланс:

$$F(U_1/p') - h' \cdot F(U_1/p') - k_1 \cdot U_1/p' = 0. \quad (4)$$

В этом случае приостанавливается переток денежных средств из сектора 1 в сектор 2, система становится равновесной, значения U_1 и U_2 стабилизируются, производство перестает падать. Однако это состояние неустойчиво, и поддержание равновесия возможно лишь при поддержке фиксированных цен и зарплат. Важно также, что в этом состоянии объем потребления в секторе 2 определяется уже не спросом $k_2 \cdot U_2/p'$, а реальными возможностями производства (то есть фактически по остаточному принципу). В этой ситуации потребительский спрос стабильно превышает предложение:

$$Q_2 = k_2 \cdot U_2/p' > F(U_1/p') - k_1 \cdot U_1/p' = h' \cdot F(U_1/p'). \quad (5)$$

Здесь в левой части неравенства – потребительский спрос, а в правой – то, что реально может купить население (по остаточному принципу): объем произведенного продукта за вычетом его затрат на внутреннее потребление в производственном секторе.

Это ситуация перманентного дефицита, то есть несоответствия между платежными возможностями населения и объемом предоставляемых производственным сектором продуктов

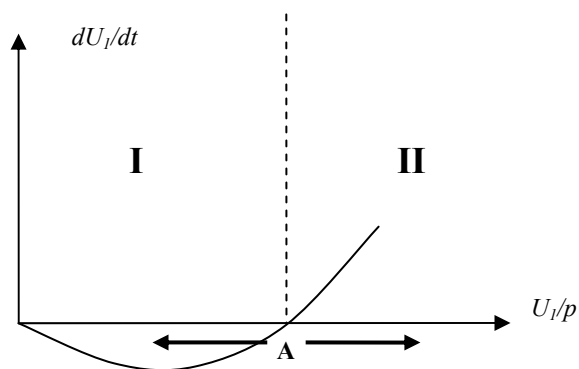


Рис. 3. Вид функции dU_1/dt в для функции F с понижающимися предельными издержками

и услуг. В данном случае дефицит является вынужденной платой за достижение стабильности в производственном секторе. «Отпуск» цен неминуемо, как следует из модельных расчетов, приводит к резкому усилению инфляции и падению производства до нуля.

Таким образом, в случае, когда производственная функция F характеризуется понижающимися предельными издержками, рыночные механизмы (учитываемые уравнением (3)) не обеспечивают достижения устойчивого равновесного состояния экономической системы. Необходима внешняя сила, которая возьмет на себя функцию регулирования экономики и обеспечения ее стабильности путем контроля за уровнем цен, тарифов, зарплат и т.п. Такой силой является государство. Следовательно государство как активный экономический субъект с неизбежностью возникает в экономиках, где преобладают *понижающиеся* предельные издержки (случай 2).

Экономическая система, где производство имеет *повышающиеся* предельные издержки (случай 1), в принципе может существовать без внешнего регулирования: регулятор здесь внутренний – рыночное ценообразование. Как уже отмечалось выше, государство здесь выполняет в основном внешнеэкономические функции (обеспечение законности и правопорядка, внешнеполитическая деятельность и т.п.), а также компенсирует «провалы рынка» в социальной сфере (например, выплаты социальных пособий), в области создания и поддержания инфраструктуры (энергетика, транспорт, связь) и т.п.

Однако, как показывает анализ, и здесь все не так просто. Рассмотрим более детально взаимоотношения производственного и потребительского секторов с учетом экономической деятельности государства (сектор 3). Будем считать, что установление равновесных цен происходит достаточно быстро, что, как правило, соответствует действительности. Тогда система (1-3) преобразуется к виду

$$dU_1/dt = p(F(Q_1, I) - Q_1 - G - H), \quad (6)$$

$$dU_2/dt = p(G + G' - Q_2), \quad (7)$$

$$dU_3/dt = p(H - I - Q_3 - G'), \quad (8)$$

где уравнения (6-7) отражают динамику изменения средств в производственном и потребительском секторах, а уравнение (8) отражает динамику государственного бюджета U_3 . Для упрощения анализа считается, что основную часть доходов бюджета составляют налоги H с производственного сектора. Доходы бюджета расходуются на непроизводственные и производственные нужды.

Q_3 - расходы бюджета на непроизводственные государственные нужды (управление, оборона, обеспечение правопорядка, образование, здравоохранение и т.п.).

G' - расходы бюджета на выплату социальных пособий.

I - расходы бюджета на развитие экономики (государственные инвестиции, развитие инфраструктуры: транспорта, энергетики, связи и т.д.).

Производственная функция F зависит как от частных вложений Q_1 , так и от государственных инвестиций I : $F = F(Q_1, I)$. Характер участия государства в экономических процессах может быть разным, соответственно, аргумент производственной функции F может представлять собой либо *аддитивную* (9), либо *мультипликативную* (10) комбинацию Q_1 и I .

$$F(Q_1, I) = F(Q_1 + I), \quad (9)$$

$$F(Q_1, I) = F(Q_1 \cdot I). \quad (10)$$

Условие (9) означает, что государственные инвестиции являются *добавкой* к частным вложениям и решают частные задачи.

Условие (10) означает, что государственные инвестиции являются важным и *необходимым* фактором, от которого зависит развитие производства (например, в случае, когда государственные инвестиции являются основой поддержания и развития транспортной или энергетической инфраструктуры и т.п.).

Величина государственных инвестиций зависит от доходов государства, то есть от налоговых поступлений в бюджет. Величина налогов влияет на функционирование всей экономической системы. Рассмотрим, как зависят доходы различных экономических субъектов от ставки налога.

Сначала рассмотрим ситуацию, соответствующую условию (9). Примем упрощающие предположения о виде функций, входящих в систему (6-8) (эти упрощения облегчают анализ, но не влияют на выводы). Пусть величина налогов пропорциональна объему производства:

$$H = b_1 \cdot F. \quad (11)$$

Долю различных видов расходов государственного бюджета обозначим как:

$$q_1 = I/H, \quad q_2 = Q_3/H, \quad q_3 = G'/H. \quad (12)$$

Выразим расходы производственного сектора через их отношение к величине F :

$$Q_1 = b_2 \cdot F, \quad G = b_3 \cdot F. \quad (13)$$

Тогда в состоянии рыночного равновесия (когда расходы экономических субъектов равны доходам) уравнения (6), (8) принимают вид:

$$I - (b_1 + b_2 + b_3) = 0, \quad (14)$$

$$I - (q_1 + q_2 + q_3) = 0. \quad (15)$$

Для определенности в дальнейших расчетах в качестве производственной функции F будем использовать функцию Кобба-Дугласа [2]. Ее частным случаем, удобным для проведения анализа и оценок, является функция:

$$F(A) = r \cdot A^{0.5}, \quad (16)$$

которую мы будем использовать в дальнейшем (здесь A - капиталовложения, r - некоторый коэффициент пропорциональности).

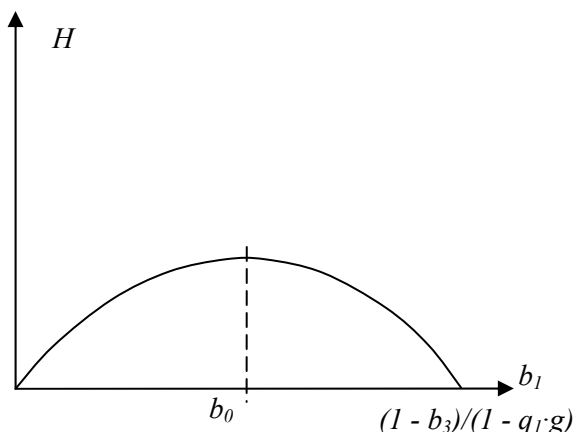


Рис. 4. Зависимость размеров государственных доходов H от ставки налога b_1 для ситуации, соответствующей условию (9).

Производственная функция при сделанных выше допущениях для рассматриваемого случая имеет вид:

$$F = r \cdot (I_X + g \cdot I_Z)^{0.5}, \quad (17)$$

где g - коэффициент, учитывающий эффективность государственных вложений в производство (как правило, $g < 1$).

Из (12-15), (17) следует:

$$H = b_1 \cdot F = b_1 \cdot (1 - b_1 \cdot (1 - q_1 \cdot g) - b_3) \cdot r^2. \quad (18)$$

Вид зависимости государственных доходов H от ставки налога b_1 представлен на Рис. 4.

Видно, что график на рисунке соответствует широко известной кривой Лаффера [3]. Смысл зависимости в том, что при очень низкой ставке налога доходы государства малы, при очень высокой – также малы, поскольку налоги начинают угнетать экономику и ведут к снижению производства, уменьшая налогооблагаемую базу. Оптимальной для государства является ставка налога b_0 , при которой государственные доходы H достигают максимума.

Изменение объемов производства F в зависимости от величины ставки налога показано на Рис.5:

$$F = (1 - b_1 \cdot (1 - q_1 \cdot g) - b_3) \cdot r^2 \quad (19)$$

Видно, что предприниматели заинтересованы в минимизации налогов ($F = \max$ при $b_1 = 0$), поскольку те угнетают производство и приводят к

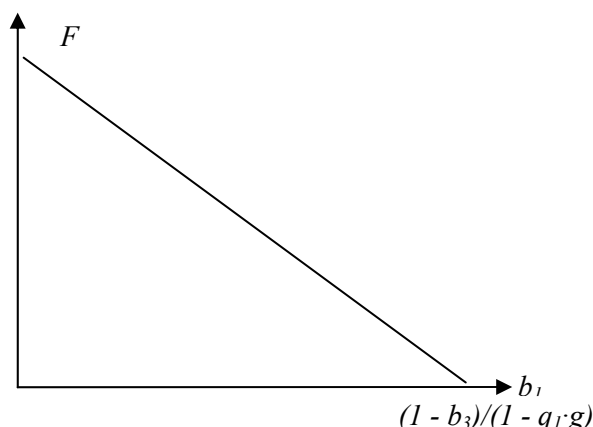


Рис. 5. Зависимость объемов производства F от ставки налога b_1 для ситуации, соответствующей условию (9)

снижению доходов. Государственные вложения в производство идут на пользу бизнесу (точка пересечения графика $F(b_1)$ с осью абсцисс смещается вправо при увеличении доли государственных инвестиций в бюджете). Однако поскольку увеличение государственных инвестиций реально происходит за счет увеличения налогов, то положительный эффект компенсируется отрицательным – усилением налоговой нагрузки на бизнес. В целом, в такой ситуации предприниматели заинтересованы в минимизации участия государства в производстве, тем более что государство редко является эффективным собственником ($g < 1$). Предприниматели мирятся с налогами, направленными на решение проблем, с которыми сами предприниматели справиться не могут (обеспечение обороноспособности, правопорядка, «провалов рынка» и т.п.). Такая ситуация соответствует либеральной рыночной системе, где государство слабо участвует в производственных процессах и выполняет роль «ночного сторожа».

Теперь рассмотрим ситуацию, соответствующую условию (10). Государство часть бюджетных средств тратит на производственные нужды, и эти затраты играют существенную роль в экономической жизни – от поддержки малорентабельных, но социально значимых производств (например, в сфере жилищно-коммунального хозяйства) до концентрации ресурсов и централизованного развития масштабных элементов инфраструктуры (энергетика, транспорт, связь и т.п.), необходимых

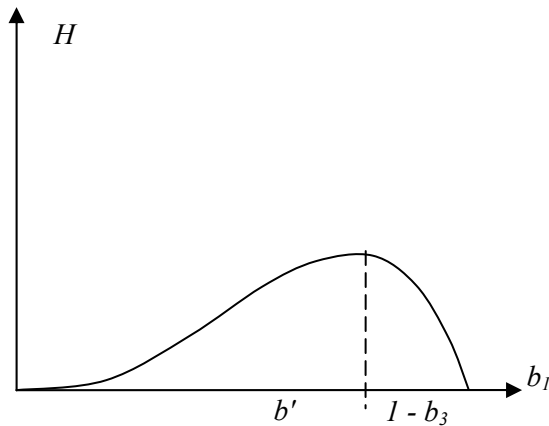


Рис. 6. Зависимость размеров государственных доходов H от ставки налога b , для ситуации, соответствующей условию (10)

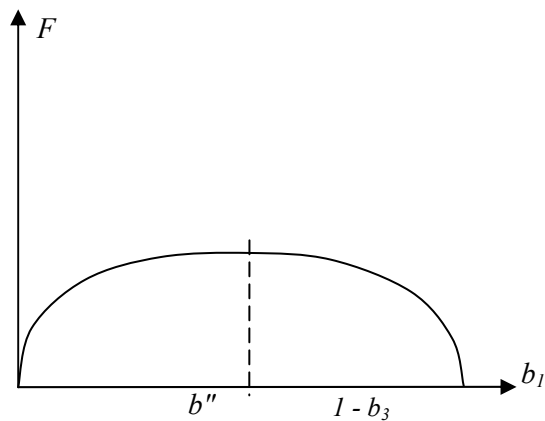


Рис. 7 - Зависимость объемов производства F от ставки налога b , для ситуации, соответствующей условию (10)

для эффективного функционирования экономики в целом. Поскольку частный бизнес без этой инфраструктуры обойтись не может, то в этом случае участие государства в производственных процессах носит *мультипликативный* характер, а производственная функция при сделанных допущениях приобретает вид:

$$F = r \cdot (Q_1^{0.5} \cdot I^{0.5})^{0.5}, \quad (20)$$

где r – коэффициент пропорциональности, имеющий ту же размерность, что и в (17).

Из (12-15), (20) следует:

$$H = b_1 \cdot F = b_1^{1.5} \cdot (1 - b_1 - b_3)^{0.5} \cdot r^2. \quad (21)$$

Характер зависимости государственных доходов H от ставки налога b_1 представлен на Рис. 6.

Видно, что характер зависимости $H(b_1)$ изменился по сравнению с зависимостью на Рис. 4. Оптимальная для государства ставка налога b' (при которой государственные доходы H достигают максимума) сместилась вправо: вместо значения $0,5 \cdot (1 - b_3)$ она стала равна $0,75 \cdot (1 - b_3)$, что отражает усиление роли государства в перераспределении экономических ресурсов.

Но гораздо более разительное изменение претерпевает функция $F(b_1)$. Она приобретает вид показанный на Рис.7.

$$F = b_1^{0.5} \cdot (1 - b_1 - b_3)^{0.5} \cdot r^2. \quad (22)$$

В рассматриваемой ситуации предприниматели заинтересованы в производственной дея-

тельности государства и готовы платить налоги для ее обеспечения. Оптимальная для предпринимателей ставка налога (при которой их доходы становятся максимальными с учетом снижения инфраструктурных издержек за счет производственной и инвестиционной деятельности государства) равна $b'' = 0,5 \cdot (1 - b_3)$. Бизнес готов переложить на плечи государства социальные и инфраструктурные проблемы; торг идет лишь о ставке налога: государство стремится повысить ее до значения $b' = 0,75 \cdot (1 - b_3)$, а предприниматели - понизить до значения $b'' = 0,5 \cdot (1 - b_3)$. Население также заинтересовано в активной роли государства в экономической жизни, поскольку зависит от его способности решать социальные задачи.

Таким образом, если участие государства в производственных процессах носит *мультипликативный* характер, реализация либеральных принципов (включая минимизацию участия государства в экономике) становится невыгодной для общества, несмотря на то, что производственная функция имеет повышающиеся предельные издержки. В результате экономической самоорганизации государство институцируется как экономический субъект, выполняющий жизненно важные для общества функции, и речь идет не об уменьшении его роли в производственных процессах, а о повышении эффективности его деятельности.

Возникает вопрос: если вид производственной функции в значительной степени определяет ха-

раक्टर эволюции социально-экономической системы, какие условия влияют на формирование самой этой функции, делают ее более *аддитивной* или более *мультипликативной*?

В работе [4] показано, что особенности организации производственного процесса существенным образом зависят от *коммунальности* (*некоммунальности*) материально-технологической среды. Поясним данные термины.

«*Коммунальность* означает такое свойство материально-технологической среды, которое предполагает ее использование как единой нерасчленимой системы, части которой не могут быть обособлены без угрозы распада всей системы. ...

Некоммунальность означает технологическую разобщенность, возможность обособленности важнейших элементов материальной инфраструктуры и связанную с этим возможность их самостоятельного функционирования и частного использования [4]».

Понятно, что если материально-технологическая среда *некоммунальная*, то ее обслуживание и развитие возможно силами частных структур и на частные средства без сколько-нибудь значимого участия государства. Это способствует формированию в такой среде экономической системы с производственной функцией *аддитивного* типа.

Если материально-технологическая среда *коммунальная*, то в силу ее нерасчленимости и жизненной важности для всех экономических субъектов, обслуживание и развитие единой инфраструктуры должно осуществляться в общих интересах силами государства и под его ответственность. Это способствует формированию в такой среде экономической системы с производст-

венной функцией *мультипликативного* типа, где государство играет важную роль.

Что касается России, то для нее характерна коммунальная материально-технологическая среда [4]. Это связано с суровостью климата (обуславливающей невозможность решения жилищно-коммунальных, энергетических проблем без государственного участия), с протяженностью территории при низкой плотности населения (что является причиной высокой затратности содержания транспортных и энергетических сетей, создание и эксплуатация которых под силу только государству), с невозможностью приватизации отдельных участков важнейших транспортных магистралей (например, Транссиба) без угрозы экономической и политической безопасности страны и т.п. При этом инфраструктурные отрасли (транспортные, энергетические сети, связь и т.д.) в условиях России характеризуются понижающимися предельными издержками (чем больше потребителей, тем меньше удельная себестоимость продукции). По этой причине в обозримом будущем роль государства (и государственных монополий) в экономическом развитии страны будет сохраняться высокой, и не вследствие «злой воли» бюрократов, а вследствие экономической целесообразности.

Литература

1. Хэзлитт Г. Типичные ошибки государственного регулирования экономики. – М.: Серебряные нити, 2000.
2. Клейнер Г.Б. Производственные функции. - М.: Финансы и статистика, 1986.
3. Шишов А.Л. Макроэкономика. - М.: Издательство ЭКМОС, 1997.
4. Кирдина С.Г. Институциональные матрицы и развитие России. - Новосибирск: ИЭиОПП СО РАН, 2001.

Малков Сергей Юрьевич. Родился в 1955 году. Окончил Московский физико-технический институт в 1978 году. Доктор технических наук, профессор. Автор более 200 печатных работ. Область научных интересов – моделирование социально-экономических процессов. Место работы – Центр проблем СЯС Академии военных наук

Малков Артемий Сергеевич. Родился в 1979 году. Окончил Московский физико-технического институт в 2002 году. Кандидат физико-математических наук. Автор 35 печатных работ. Область научных интересов – моделирование социально-экономических процессов. Место работы – Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН