

### **1.3. Динамическое моделирование реакции экономики на резкие изменения параметров (к проблеме влияния санкций на российскую экономику)\***

*Д. С. Чернавский, Н. И. Старков, С. Ю. Малков*

#### **Введение**

Экономика страны представляет собой сложную динамическую систему, изменяющуюся со временем под влиянием внутренних положительных и отрицательных обратных связей. В случае взаимной компенсации воздействия этих связей наступает состояние равновесия. В классической экономике именно такие состояния и их сравнительное описание являются предметом изучения. Однако при внешнем воздействии важным бывает и описание траектории перехода системы из начального равновесного состояния в конечное, поскольку результат может зависеть не только от масштаба, но и от продолжительности воздействия.

Для иллюстрации этого эффекта в данной работе рассмотрена важная на сегодняшний день задача о влиянии изменения импорта на экономику. Ранее в ряде работ уже строились динамические модели импорта [Леонтьев 1990; Линдерт 1992; Diechkeuer 1993; Атурин 2004]. Данное исследование является продолжением работ [Чернавский и др. 2002а; Чернавский и др. 2011], в которых развита нелинейная динамическая модель общества, позволяющая проводить имитационные «эксперименты» по проверке результатов различного рода воздействий на экономику. В модели используется однопродуктовый подход (агрегированный продукт), тем не менее через специальный вид функции потребления в ней учитываются особенности функционирования товаров разных типов и категорий. Основной модели является предположение о рыночном механизме формирования цены на потребляемый продукт, реализованное в виде баланса спроса и предложения и доходов и расходов потребителей.

В результате использования специальной формы функции потребления модель приводит к решениям, допускающим несколько устойчивых стационарных состояний, которые качественно отличаются по своим характеристикам. Одно из них имеет высокие экономические показатели и уровень жизни (высокопроизводительное состояние – ВП-состояние),

---

\* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 16-06-00245).

другое – низкие показатели и уровень жизни (низкопроизводительное состояние – НП-состояние). Существует третье устойчивое состояние, имеющее производственные показатели обрабатывающей промышленности вблизи нуля. Оно соответствует глубокому кризису. При этом общество выживает за счет доходов от добывающей промышленности, но востребованной оказывается только половина населения, включающая работников добывающей промышленности, сферы услуг, бюджетников и пенсионеров. Будем называть это состояние «сырьевой придаток» (СП). Между этими состояниями возможны переходы за счет параметрических и динамических воздействий, большинство которых часто используется государством в реальной политике.

В рамках модели ранее уже были рассмотрены механизмы безинфляционной эмиссии [Чернавский и др. 2001; Малков и др. 2005; 2008], влияние на инфляцию увеличения расходов на ОПК [Чернавский и др. 2004], возможные механизмы преодоления кризиса [Чернавский и др. 2002б; 2003] и т. д.

В работах [Chernavskii, Starkov, Scherbakov 1999; Chernavskii *et al.* 1999] отмечалась важность влияния экономической структуры общества, то есть распределения его членов по доходам, на динамику развития экономики. По этой причине в модели рассматриваются несколько групп населения, различающихся по своему участию в экономике и соответственно по своим экономическим характеристикам.

В настоящей работе представлено расширение модели, включающее учет импорта. Как уже говорилось, в литературе описаны некоторые математические модели импорта [Леонтьев 1990; Линдерт 1992; Dieckheuer 1993; Атурин 2004]. Наша модель отличается от других воспроизведением временной эволюции экономики под влиянием изменения параметров модели или динамических переменных.

Для лучшего понимания деталей механизма функционирования экономики и полученных результатов в нашей модели кратко напомним структуру и свойства базовой модели.

### **Базовая модель**

В модели рассматривается динамика накоплений членов общества и цены продукта обрабатывающей промышленности, производимого и потребляемого в обществе, состоящем из нескольких групп. Предполагается, что распределение продукта обрабатывающей промышленности происходит в условиях рынка, то есть цена продукта определяется балансом между предложением и спросом. Поскольку продукт агрегированный, примем

условное наименование «штука» (шт.) для обозначения единицы продукта. Цена на продукцию добывающей промышленности формируется вне внутреннего рынка на международных биржах. По этой причине данная часть экономики рассматривается в модели как экзогенный объект, воздействующий на внутренний рынок косвенным путем через потребление работниками этой отрасли.

Потребление продукта происходит в соответствии с функцией потребления  $Q(r)$ . Она представляет собой зависимость количества товара  $Q$  (в натуральных единицах), приобретаемого одним членом общества в единицу времени, от имеющихся денежных средств  $U$  и цены  $p$ . Важно, что функция  $Q$  не изменяется при пропорциональном изменении цены  $p$ , средств  $U$  и доходов. Это означает, что она зависит от одной переменной – покупательной способности средств  $r$ , которая равна отношению  $r = U/p$ . В модели принято условие, что потребление членов общества удовлетворяется полностью.

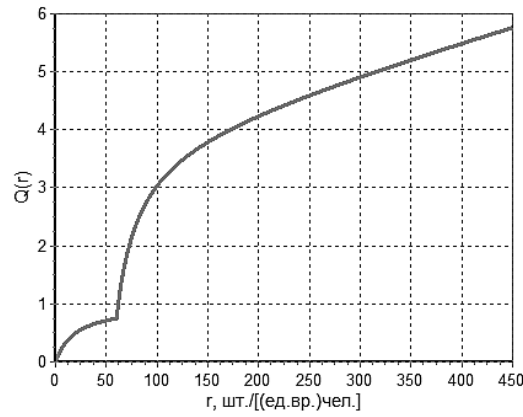
Функция потребления в нашей модели состоит из трех слагаемых [Чернавский и др. 2002а; Чернавский и др. 2011]:

$$Q(r) = Q_I(r) + Q_{II}(r) + Q_{III}(r), \text{ шт./[(ед. вр.) чел.]} \quad (1.3.1)$$

Первое из них характеризует объем потребления продуктов первой необходимости (продукты питания, коммунальные платежи, транспортные расходы и т. д.) в зависимости от накоплений, второе – потребление продуктов длительного пользования (телевизоры, стиральные машины, в странах с высоким уровнем доходов – автомашины и т. д.). Основное отличие продуктов первой категории от второй состоит в том, что они потребляются при любой цене, отказаться от них люди не могут. Можно показать, что этому свойству соответствуют всюду выпуклые функции  $Q_I(r)$  [Чернавский и др. 1998]. Продукты второй категории не являются жизненно необходимыми, и при высокой цене люди отказываются от их покупки. Соответствующая кривая, таким образом, имеет порог  $r_{нор.}$  ( $Q_{II} = 0$  при  $r < r_{нор.}$ ).

Третий член описывает плавный переход продуктов длительного пользования к элитарным товарам и делает функцию потребления ненасыщаемой. Это отражает «всевозрастающие потребности человека», то есть свойство основной массы людей не удовлетворяться тем, что уже есть ( $Q_{III}(r) = 0$  при  $r < r_{нор.}$ ,  $Q_{III}(r) = \varepsilon r$  при  $r > r_{нор.}$ ).

На Рис. 1.3.1 приведена кривая (1.3.1) функции  $Q(r)$ , параметры которой для современной России были выбраны на основе статистических данных и путем экспертной оценки [Чернавский и др. 2002а; 2003].



**Рис. 1.3.1.** Функция потребления  $Q(r)$

Объем производства рассматриваемого продукта описывается производственной функцией. Она характеризует зависимость количества производимого продукта  $F$  (в натуральных единицах), произведенного за единицу времени  $\tau$  на предприятиях одного собственника, и вложенных средств. За единицу времени принимают длительность производственного цикла (ее называют временем оборота  $\tau$ ). Вложенные средства идут на погашение производственных затрат и исчисляются в денежных единицах. С ростом вложений производство продукции сначала возрастает, затем замедляет рост и выходит на насыщение, уровень которого определяется технологическими ограничениями и уровнем квалификации работников. В базовой модели выбрана простая форма производственной функции, отражающая отмеченное выше поведение:

$$F(U, p, \tau) = \tilde{F}\left(\frac{U}{p}, \tau\right) = \begin{cases} \chi \frac{U}{p\tau} = \chi \frac{r}{\tau}, & \text{при } \chi \frac{r}{\tau} \leq F_{\max} \\ F_{\max}, & \text{при } \chi \frac{r}{\tau} \geq F_{\max} \end{cases} \quad \text{шт./[(ед. вр.) влад]}. \quad (1.3.2)$$

Здесь  $F_{\max}$  – максимальное количество товара, производимого на предприятиях одного собственника,  $U$  – оборотные средства. В точке  $r = r_{cr} = F_{\max} \cdot \tau / \chi$  происходит излом функции  $F$ .

Рассматриваемое в базовой модели общество состоит из  $N$  человек и включает шесть групп населения:

- неработающие пенсионеры (их количество  $n_1N$ );
- работники реального сектора ( $n_2N$ );
- работники бюджетных предприятий ( $n_3N$ );
- работники сферы услуг ( $n_4N$ );

- работники сырьевой сферы ( $n_5N$ );
- собственники частных предприятий (владельцы предприятий обрабатывающей промышленности) ( $n_6N$ ).

Величины  $n_i$  ( $i = 1 \div 6$ ) представляют собой относительные численности групп. Их сумма равна 1. В дальнейшем мы будем обозначать принадлежность величин к группам соответствующим индексом.

Члены каждой группы имеют денежные накопления  $U_i$  ( $i = 1 \div 6$ ), которые являются динамическими переменными модели и определяются балансом доходов и расходов. Денежным накоплениям соответствуют их покупательные способности  $r_i = U_i/p$ . Принято, что доходы внутри группы одинаковы, а доходы разных групп могут различаться. Пенсии пенсионеров и зарплаты бюджетников и работников сырьевых предприятий фиксированы и равны  $P_1$ ,  $P_3$  и  $P_5$  руб./[(ед. вр.) чел.] соответственно.

Доходы собственников определяются прибылью от продажи произведенного продукта, а расходы связаны с удовлетворением собственных нужд и поддержанием производства. Чтобы учесть это, введен дополнительный параметр  $g$  – доля накоплений, направляемая собственниками на удовлетворение потребностей. Таким образом, средства, направляемые в производство, равны  $r_6 \cdot (1 - g)$ .

Доходы работников частных предприятий несырьевой сферы зависят от объема выпускаемой продукции. Если обозначить зарплату одного работника  $P_2$  шт./[(ед. вр.) чел.], то получим следующую связь:  $(n_2 + n_4) \cdot P_2 = h \cdot n_6 \cdot F((1 - g) \cdot r_6)$ . Параметр  $h$  показывает долю, которую зарплата составляет в произведенном продукте.  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  и  $P_5$  представляют собой начисленную зарплату. Доход работников равен зарплате за вычетом подоходного налога, равного  $\kappa_0 P_i$  ( $i = 2, 3, 4, 5$ ). Затраты владельцев в виде фонда зарплаты равны  $(n_2 + n_4) \cdot (1 + \kappa_1) P_2$ , где  $\kappa_1$  – налог на фонд зарплаты.

Помимо затрат на фонд зарплаты владельцы несут производственные расходы (сырье, энергия, транспорт) и платят налоги. В модели они объединены в единую группу затрат, пропорциональных объему произведенной продукции, и равны  $(\lambda + \kappa_2)F$ . Здесь коэффициент  $\lambda$  отражает производственные затраты, а  $\kappa_2$  – уровень налогообложения.

Динамика накоплений членов групп определяется балансом между их доходами и расходами, а цена – балансом спроса и предложения. Ниже выписаны соответствующие уравнения баланса.

$$\frac{dU_1}{dt} = P_1 - Q\left(\frac{U_1}{p}\right)p, \quad (1.3.3)$$

$$\frac{dU_2}{dt} = p[P_2(1 - \kappa_0) - Q\left(\frac{U_2}{p}\right)], \quad (1.3.4)$$

$$\frac{dU_3}{dt} = P_3(1 - \kappa_0) - Q\left(\frac{U_3}{p}\right)p, \quad (1.3.5)$$

$$\frac{dU_4}{dt} = p\left[P_4(1 - \kappa_0) - Q\left(\frac{U_4}{p}\right)\right], \quad (1.3.6)$$

$$\frac{dU_5}{dt} = P_5(1 - \kappa_0) - Q\left(\frac{U_5}{p}\right)p, \quad (1.3.7)$$

$$\frac{dU_6}{dt} = p\left\{\frac{1}{n_6} \sum_{i=1}^5 n_i \cdot Q\left(\frac{U_i}{p}\right) - [h \cdot (1 + \kappa_1) + \lambda + \kappa_2] \cdot F[(1 - g)r_6]\right\}, \quad (1.3.8)$$

$$\frac{dp}{dt} = \gamma\left\{\sum_{i=1}^5 n_i \cdot Q\left(\frac{U_i}{p}\right) + n_6 \cdot Q\left(\frac{gU_6}{p}\right) - n_6 \cdot F[(1 - g)r_6]\right\}. \quad (1.3.9)$$

Параметр  $\gamma$  задает относительную скорость установления цены и накоплений, тем самым определяя форму траектории общества в пространстве динамических переменных.

В модели учтено, что собственники потребляют собственный продукт, поэтому расход на него и доход от его продажи компенсируют друг друга, то есть в баланс расходов и доходов собственников (уравнение 1.3.8) их собственное потребление не входит.

Система (1.3.3)–(1.3.9) описывает динамику поведения рассматриваемого общества. Величины  $r_6$ , соответствующие стационарным решениям этой системы, можно найти из уравнений (1.3.3)–(1.3.9). Графически эти решения можно представить в виде балансового уравнения:

$$R(r_6) = Q(g * r_6), \quad (1.3.10)$$

где:

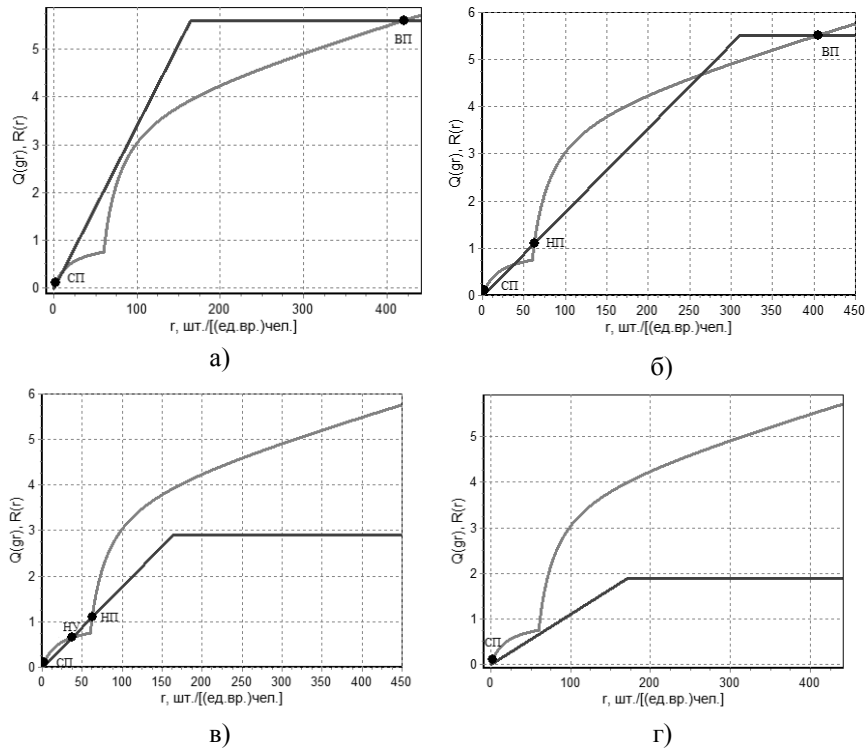
$$R(r) = \begin{cases} \mu \cdot r \cdot (1 - g) & r < r_{cr}, \\ \mu \cdot r_{cr} \cdot (1 - g) & r \geq r_{cr}, \end{cases} \quad (1.3.11)$$

$$\mu = \frac{\chi}{\tau} \{1 - [h \cdot (1 + \kappa_1) + \lambda + \kappa_2]\} = \frac{\chi}{\tau} \nu. \quad (1.3.12)$$

Величина  $\mu$  представляет собой тангенс угла наклона левого участка ломаной (1.3.3), а величина  $\nu$  характеризует эффективность производства, то есть доход на единицу вложенных средств.

По полученным стационарным значениям  $r_6$  из уравнений (1.3.2) и (1.3.4) можно найти величины  $r_2$  и  $r_4$ , а затем, приравняв к нулю правую часть уравнения (1.3.9), получить равновесное значение цены.

Существует несколько качественно различных вариантов графического вида балансовой диаграммы (1.3.2), отвечающих существенно различным состояниям общества, примеры которых приведены на Рис. 1.3.2.



**Рис. 1.3.2.** Балансовые диаграммы разных состояний общества. Обозначения: ВП – высокопроизводительное состояние, НП – низкопроизводительное состояние, СП – состояние сырьевого прироста, НУ – неустойчивое состояние

Первый из них (Рис. 1.3.2а) соответствует обществу, в котором существует только ВП-состояние. В ВП-состоянии эффективность производства (параметр  $\nu$ ) высока, производственные мощности загружены полностью. Высок и уровень благосостояния членов общества.

Второй пример (Рис. 1.3.2б) соответствует обществу с более низкой эффективностью производства, при которой кроме ВП возможно также устойчивое НП-состояние. Общество может перейти в него из ВП-состояния, если по каким-то причинам часть производств окажется незагруженной или эффективность производства упадет. При восстановлении полной загруженности оно может вернуться в ВП. С другой стороны, дальнейшее снижение эффективности грозит переходом в СП-состояние.

Третий пример (Рис. 1.3.2в) демонстрирует общество с низким уровнем производства ( $F_{max}$ ) и эффективности, при которых ВП-состояние отсутствует и имеется опасность перехода в СП-состояние. Она тем больше, чем ближе правая точка пересечения кривых к точке излома на функции потребления.

Наконец, на Рис. 1.3.2 показана балансовая диаграмма общества, у которого существует единственное устойчивое СП-состояние. Обрабатывающая промышленность в этом случае отсутствует, а общество выживает за счет добывающей отрасли.

В более ранних работах уже была проанализирована динамика СССР и РФ [Чернавский и др. 2002а; 2003]. В терминах приведенных выше примеров можно сказать следующее.

В советское время страна находилась в ВП-состоянии не очень высокого, но достаточного уровня, что соответствует Рис. 1.3.2б. В период «реформирования» из-за резкого, почти в два раза, сокращения объемов производства страна перешла в НП-состояние, хотя некоторое время все еще сохраняла возможность возврата в ВП из-за наличия незадействованных производств. Более поздние события (устаревание оборудования, разорение и обанкрочивание предприятий и т. д.) привели к исчезновению ВП-состояния (бифуркация) и существованию в НП-состоянии со все более ухудшающимися характеристиками (Рис. 1.3.2в).

В последние годы обрабатывающая промышленность России находилась в предкризисном состоянии, которое характеризовалось продолжающимся старением и выбыванием оборудования в обрабатывающей промышленности, низким уровнем производительности труда, дорогими кредитами и т. д. Это стало результатом того, что так и не произошла широко разрекламированная модернизация, не появились давно ожидаемые зарубежные инвестиции и т. п.

В работе [Чернавский и др. 2003] были проанализированы характеристики экономики РФ с параметрами на 2002 г. К настоящему времени эти параметры слегка изменились. В данной статье, посвященной влиянию импорта, мы не будем проводить детальный анализ с новыми параметрами. Приведем здесь только величину равновесной цены НП-состояния без импорта, равную 16 363 руб./шт., темпы изменения которой являются одними из основных предвестников развития кризиса и которая поэтому важна для анализа процессов, связанных с изменением импорта.

Введенные против России санкции и принятые ею ответные меры усугубляют положение, хотя и имеют неоднозначное влияние на экономику. С одной стороны, сокращение импорта приводит к росту цен на соответствующие товары, а возможно, и к дефициту отдельных категорий жизненно необходимых продуктов. С другой стороны, ослабление рубля делает импорт менее прибыльным и стимулирует развитие производства отечественной продукции, которая занимает ниши на рынке, освободив-



шиеся от иностранных товаров. Такое разнонаправленное влияние возникает из-за того, что в сложной динамической системе, каковой является экономика, конкурируют различные цепочки противоположно направленных обратных связей, влияющих на развитие системы. Результат такой конкуренции зависит от количественных соотношений между ними, и, таким образом, вопрос о том, какая тенденция и при каких условиях победит, может быть решен только на основе использования математических моделей.

В рассматриваемой модели основные виды обратных связей, в том числе и перечисленные выше, учтены в рамках предположения о рыночном механизме формирования цены, реализованном через баланс спроса и предложения (уравнение 1.3.9), а также доходов и расходов уравнения (1.3.3)–(1.3.8).

Ввиду актуальности в настоящее время вопроса о влиянии на экономику импорта и изменения его объема модель была расширена с целью проведения соответствующего анализа.

### Учет импорта

В рамках модели наличие импорта означает появление дополнительного количества товаров на рынке. Это приводит к его конкуренции с отечественными товарами, снижению цены на них и соответственно росту покупательной способности населения. Негативное проявление импорта заключается в вытеснении отечественных товаров, снижении производства и покупательной способности работников соответствующих предприятий.

Таким образом, введение импорта в модель меняет структуру предложения и потребления. Рассмотрим вопрос о том, как это проявляется в уравнениях (1.3.3)–(1.3.9). Будем вводить объем импорта  $I$  в долях  $\alpha$  от объема производства в начальный момент времени  $I = \alpha n_6 \cdot F[(1 - g) \cdot r_6^{\text{нач}}]$ . Таким образом, полное предложение продукта на рынке будет равно  $n_6 \cdot F[(1 - g) \cdot r_6] + I$ . Как и ранее, будем считать, что потребление происходит в соответствии с величиной накоплений и функцией потребления, но потребляется и отечественный, и импортный продукт в количествах, пропорциональных соответствующему объему поставок, и по одной цене. В этом случае уравнения (1.3.3)–(1.3.7) не изменятся, так как рядовые потребители не имеют какого-либо предпочтения и полностью удовлетворяют свои потребности. В уравнении баланса собственников учтем потребление ими импорта (расход) и долю потребления отечественного продукта другими членами общества (доход). Эти доли будем считать пропорциональными количеству импортируемого и национального продукта, соответственно:

$$\frac{dU_6}{dt} = \left\{ \frac{F}{n_6 F + I} \sum_{i=1}^5 n_i Q \left( \frac{U_i}{p} \right) - \frac{I}{n_6 F + I} Q \left( \frac{g U_6}{p} \right) - F \cdot [\lambda + h \cdot (1 + \kappa_1) + \kappa_2] \right\} p. \quad (1.3.13)$$

В уравнение для цены снова войдет полное потребление продукта, а предложение будет дополнено импортом:

$$\frac{dp}{dt} = \gamma \left\{ \sum_{i=1}^5 n_i Q \left( \frac{U_i}{p} \right) + n_6 Q \left( \frac{gU_6}{p} \right) - n_6 F - I \right\}. \quad (1.3.14)$$

Как и в предыдущем случае, решения  $r_6$  для стационарных состояний могут быть получены из уравнений (1.3.13) и (1.3.14), которые после ряда преобразований снова приводят к балансовому уравнению (1.3.10). Такой вариант модели выбран специально, чтобы «в чистом виде», даже при неизменных стационарных состояниях, продемонстрировать роль времени воздействия на результирующее поведение системы.

Рассмотрим вначале несколько случаев введения некоторого объема импорта ( $\alpha = 0,4; 0,25$  и  $0,15$ ). В качестве начального состояния возьмем вариант без импорта, рассмотренный в предыдущей части. В Табл. 1.3.1 показаны равновесные значения исходной цены и цены, установившейся после внезапного появления импорта на рынке.

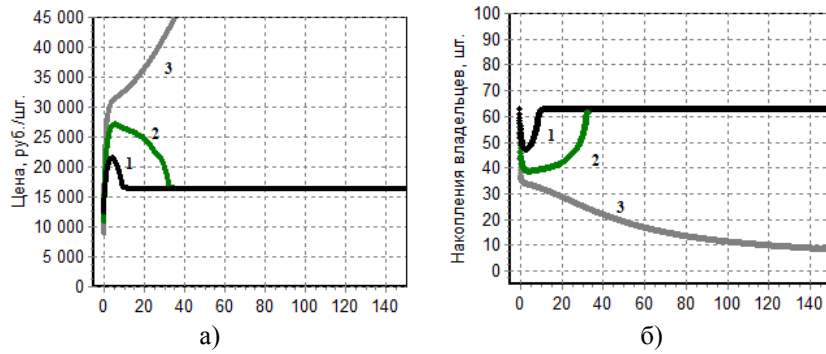
**Табл. 1.3.1**

$\alpha$	0	0,15	0,25	0,4
Цена, руб./шт.	16 363	12 491	10 788	8956

Как и следовало ожидать, появление дополнительного продукта на рынке приводит к уменьшению цены. При этом покупательная способность групп, имеющих фиксированный доход в рублях (группы 1, 3 и 5), растет примерно пропорционально цене. В то же время покупательная способность доходов работников частных предприятий (группы 2 и 4) и собственников почти не меняется, так как величина  $r_6$  и соответственно объем производства в абсолютных величинах не изменяются за счет роста потребления групп 1, 3 и 5, поглощающего импорт, хотя в рублях их доход, естественно, уменьшается.

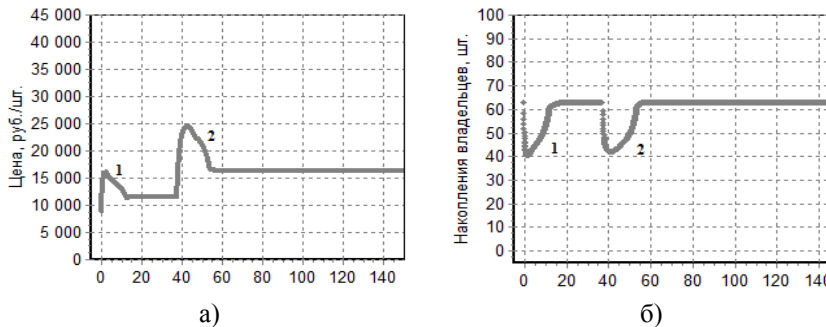
Рассмотрим теперь более важный с практической точки зрения случай резкого уменьшения объема импорта. В качестве начального объема импорта возьмем величины, использованные ранее при появлении импорта, и рассмотрим вначале идеализированный случай его мгновенного падения до нуля.

Поскольку все параметры конечного состояния в этом случае совпадают с рассмотренными ранее без импорта, естественно ожидать, что цена продукта при отсутствии импорта снова станет равной 16 363 руб./шт. (Табл. 1.3.1). И это действительно так в случае  $\alpha = 0,15$  и  $0,25$ . Однако это не так при  $\alpha = 0,4$ . На Рис. 1.3.3 приведены временные развертки цены (Рис. 1.3.3а) и накоплений собственников (Рис. 1.3.3б) в процессе перехода из состояния с импортом в состояние без импорта в соответствии с уравнениями (1.3.3)–(1.3.7), (1.3.13) и (1.3.14).



**Рис. 1.3.3.** Внезапное уменьшение импорта от величин  $\alpha = 0,15$  (1),  $0,25$  (2) и  $0,4$  (3) до 0

Видно, что этот переход происходит не «кратчайшим путем», а описывает сложную кривую в пространстве динамических переменных, причем амплитуда отклонения от «оптимальных» величин довольно значительная. В случае  $\alpha = 0,4$  она настолько велика, что импульса «экономического удара» хватает для преодоления потенциального барьера, отделяющего НП- и СП-состояния. В результате общество попадает в область притяжения СП-состояния и устремляется к нему. Происходит своего рода динамическое воздействие, но не за счет внешних причин (субсидирование, госзаказ и т. д.), как было отмечено в наших более ранних работах, а вследствие процессов внутренней динамической релаксации. Это можно увидеть и на Рис. 1.3.4б, на котором горизонтальная линия на уровне  $r_6 = 37$  шт./соб. отмечает положение неустойчивого стационарного состояния (точка НУ на Рис. 1.3.2в), разделяющего области притяжения НП- и СП-состояний. Когда  $r_6$  становится ниже этого уровня (переход через сепаратрису), общество устремляется к СП-состоянию.



**Рис. 1.3.4.** Поэтапное изменение импорта с  $\alpha = 0,4$  до  $\alpha = 0,2$  (1) и с  $\alpha = 0,2$  до  $\alpha = 0$  (2)

Полученное кризисное поведение может быть смягчено, если «отмена» импорта происходит не мгновенно, а растянута во времени. Так, на Рис. 1.3.4 показана временная развертка цены в случае изменения импорта за два шага:  $\alpha$  меняется от 0,4 до 0,2, а затем, через некоторое время, до 0. В этом случае возникает только два умеренных всплеска цены, но конечная цена становится равной ожидаемой:  $p = 16\,363$  руб./шт.

Этот пример показывает важность величины интервала времени, в течение которого меняется параметр, в данном случае импорт. В нашей модели временной масштаб изменения цены определяется параметром  $\gamma$ . Увеличивая его, можно подобрать такие значения, которые приведут к кризису и при  $\alpha = 0,15$  или 0,25. Наоборот, уменьшая  $\gamma$ , можно избежать кризиса при  $\alpha = 0,4$ .

Обсудим теперь полученные результаты применительно к России.

Ранее уже отмечалось, что экономическое состояние России близко к кризисному (Рис. 1.3.2в), то есть к окончательному разрушению сектора обрабатывающей промышленности. Это означает ее неустойчивость, при которой даже незначительные воздействия могут привести к кризису, в частности, как показано выше, важное значение имеет скорость изменения переменных, в том числе скорость изменения цены на потребительские товары. В реальности скорость изменения цены может достигать больших величин. Так, в начальной фазе введения санкций и контрсанкций (конец 2014 – начало 2015 г.) на волне панических и спекулятивных ожиданий цены на некоторые потребительские товары поднялись в несколько раз. Развитие кризиса в таких условиях было бы неизбежно. Однако кризиса не случилось, хотя санкции и нанесли определенный урон экономике России. Причин здесь несколько.

Во-первых, целым рядом нерыночных, но необходимых мер со стороны правительства обвал цен был предотвращен, и цены на многие товары вернулись к почти докризисным величинам с последующим медленным возрастанием с прежними темпами.

Во-вторых, несмотря на длинный список товаров, подлежащих запрету, в полной мере этот запрет не выполняется. Существует много легальных и нелегальных лазеек для его обхода. Помимо этого, частично снижение импорта из европейских и других стран компенсируется импортом с Востока и из Южной Америки. Кроме того, существенное ослабление рубля стимулирует развитие отечественного производства, замещающего импорт. В итоге снижение импорта происходило не так быстро и не в ожидаемом объеме.

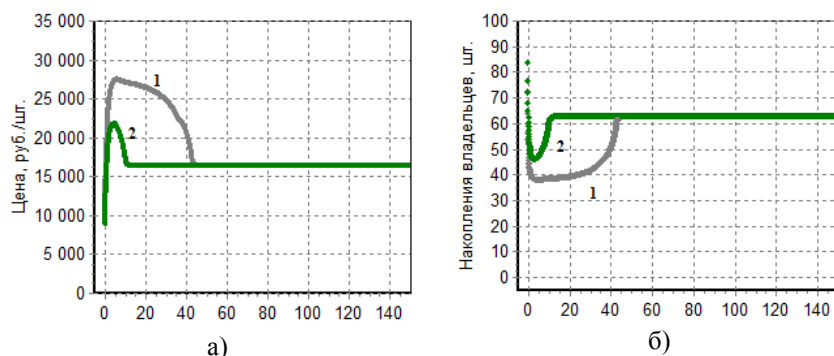
Таким образом, негативное развитие событий не состоялось, однако это не означает, что такая опасность не возникнет в будущем. По этой причине важно понимать, какие меры могут предотвратить или ослабить

последствия кризиса. В следующем разделе мы рассмотрим несколько вариантов такого воздействия на экономику со стороны государства.

### Меры по смягчению последствий резкого уменьшения объема импорта

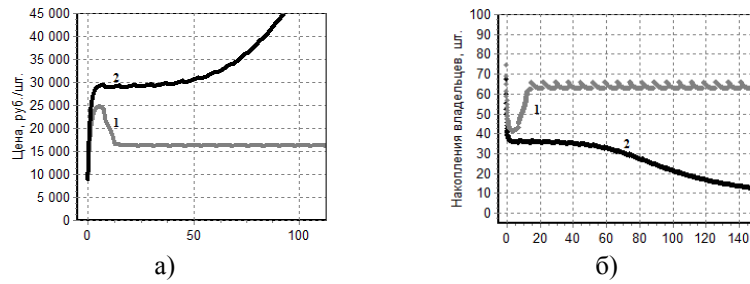
Как уже говорилось, одной из причин развития кризиса может стать внезапное изменение состояния рынка, приводящее к резкому изменению всех экономических характеристик, в первую очередь цены продукта. Таким образом, цель воздействий заключается в защите рынка от резких изменений. При изменении импорта таким компенсирующим воздействием в первую очередь становится импортозамещение. В отличие от уменьшения импорта вследствие санкций импортозамещение – процесс более длительный, требующий разворачивания дополнительных производств, поиска дополнительной рабочей силы и т. д. Поэтому важно понять, какими темпами и в каких объемах оно должно проводиться, чтобы успеть предотвратить развитие кризиса.

Рассмотрим вначале прямой путь влияния на сферу производства – субсидирование или льготное кредитование  $C$  в размере  $C = \beta n_6 F[(1 - g) \cdot r_6^{\text{нач.}}]$ , где  $\beta$  – доля от объема производства в начальный момент времени до введения санкций. Выберем  $\beta = 0,05$  и  $0,1$ , и пусть поддержка предприятий осуществляется однократно в момент отмены импорта с  $\alpha = 0,4$ . На Рис. 1.3.5 показаны временные развертки цены и накоплений собственников, полученные в результате решения уравнений (1.3.3)–(1.3.7), (1.3.13) и (1.3.14). Видно, что субсидий в размере  $\beta = 0,1$  достаточно для того, чтобы предотвратить кризис, в то же время при  $\beta = 0,05$  общество длительное время балансирует на его грани, так как накопления собственников в этом случае близки к неустойчивому значению  $U_6 = 37$ .



**Рис. 1.3.5.** Одномоментное субсидирование собственников  $\beta = 0,05$  (1) и  $0,1$  (2).

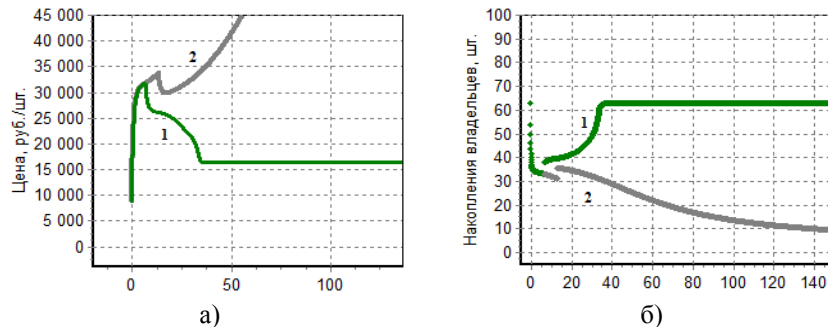
Пусть теперь поддержка в размере  $\beta = 0,02$  и  $0,05$  производится не разово, а каждые полгода, но начиная с момента отмены импорта. На Рис. 1.3.6 приведены результаты решения уравнений.



**Рис. 1.3.6.** Субсидирование собственников раз в полгода в размере  $\beta = 0,05$  (1) и  $0,02$  (2)

Из них видно, что при  $\beta = 0,05$  общество в течение примерно одного года приходит к равновесию в НП-состоянии. В то же время при  $\beta = 0,02$  общество в течение долгого времени балансирует вблизи точки неустойчивости, когда оно переходит в область притяжения то СП-, то НП-состояния. Небольшой периодический «толчок» в виде субсидии предотвращает кризис. Такой вариант является вполне приемлемым, если одновременно готовятся другие меры по оздоровлению экономики, но слишком рискованным, поскольку в этом случае даже слабое негативное воздействие может привести к кризису.

Рассмотрим, наконец, разовые субсидии, выделяемые не сразу, а через некоторое время после отмены импорта. Для этого пусть субсидии в размере  $\beta = 0,15$  выделяются через полгода и через год после отмены импорта, равно  $\alpha = 0,4$ . Результат подобного действия представлен на Рис. 1.3.7.

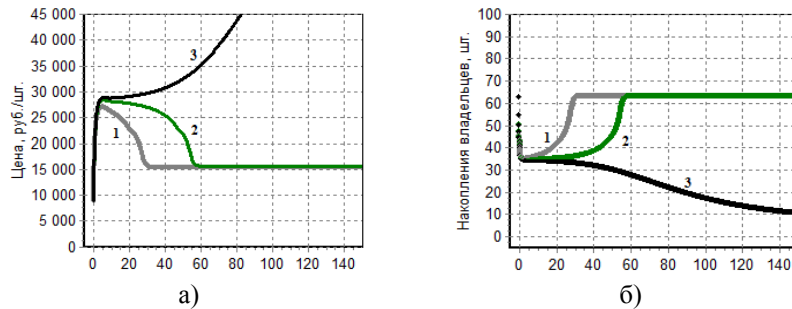


**Рис. 1.3.7.** Субсидии в размере  $\beta = 0,15$  через полгода (1) и через год (2)

На Рис. 1.3.7 видно, что субсидий, выделяемых через полгода в таком количестве, хватает для предотвращения кризиса, то есть переброса обратно в область притяжения НП-состояния. В то же время субсидии, выделяемые через год, не успевают это сделать, а только замедляют развитие кризиса, и это тоже положительное явление, поскольку дает дополнительное время для принятия более серьезных мер.

Рассмотренные варианты субсидирования предполагали простое расширение производства. Более эффективным было бы вложение средств в модернизацию, которая приводит к росту производительности и снижению себестоимости. Этот вид вложений требует более длительного освоения, но имеет гораздо больший эффект воздействия. Поэтому наиболее оптимальным представляется сочетание воздействий, дающих быстрый эффект, и более эффективных, но требующих больше времени для освоения.

Рассмотрим теперь еще один вид воздействия на экономику в виде государственного заказа, действующего в течение длительного времени. Отличие от субсидий заключается в том, что выделяемые государством средства идут на производство определенного количества товаров  $Q_b$ , покупаемого по рыночной цене. Как и ранее, объем госзаказа будем задавать в виде доли  $\theta$  от объема производства перед отменой импорта  $Q_b = \theta \cdot n_6 \cdot F[(1 - g) \cdot r_6^{\text{нач}}]$ . Появление госзаказа приводит к увеличению предложения на рынке и смягчению негативных процессов. Это утверждение подкрепляется расчетами. Так, на Рис. 1.3.8 показаны три сценария развития общества при величине  $\theta = 0,03; 0,035$  и  $0,05$ .



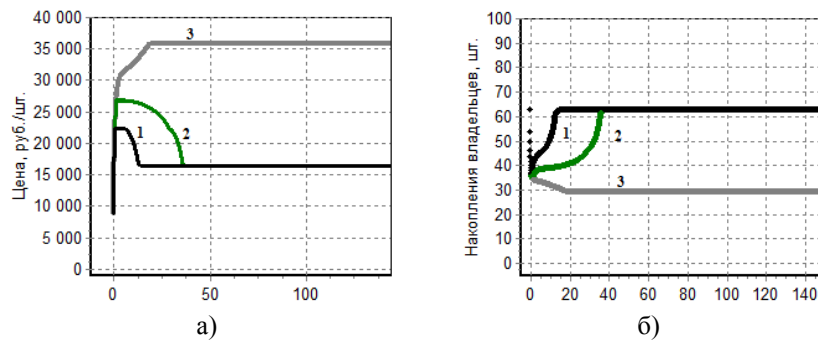
**Рис. 1.3.8.** Введение госзаказа  $\theta = 0,05$  (1);  $0,035$  (2) и  $0,03$  (3)

Видно, что величины  $\theta = 0,03$  недостаточно для того, чтобы восстановить НП-состояние и предотвратить кризис, но это замедляет его развитие. В то же время две остальные величины госзаказа приводят к компенсации кризиса через некоторое время, тем большее, чем меньше объем госзаказа.

Таким образом, как и следовало ожидать, результат вложения средств в экономику зависит от их объема и режима их использования. Получен-

ные здесь оценки не претендуют на абсолютную точность и дают полуколичественные масштабы явлений. Для более точных расчетов требуется более тонкий подбор параметров модели применительно к сегодняшней экономике России. Тем не менее даже эти результаты позволяют оценить необходимые расходы и требуемое время воздействия.

В последней части статьи рассмотрим качественно другой механизм воздействия. Как уже говорилось, причина кризисных явлений в случае санкций – резкое изменение состояния рынка, когда снижение предложения вызывает рост цены. Одним из вариантов смягчения этого процесса является снижение потребления на рынке путем введения карточек для определенных категорий населения. Эта мера выводит с конкурентного рынка часть спроса, что тормозит рост цены. Для демонстрации функционирования этого механизма рассмотрим следующую модель. Пусть, если развивается кризис и цена увеличивается в  $A$  раз, эта цена  $P_{fix}$  фиксируется, и в дальнейшем пенсионеры покупают продукт по этой цене. Остальные категории населения приобретают продукцию по рыночной цене, которая может продолжать расти. Если затем цена снижается ниже  $P_{fix}$ , пенсионеры снова покупают продукт по более низкой рыночной цене. При этом собственники получают за проданный пенсионерам продукт полную рыночную цену. Здесь мы не обсуждаем вопрос об источнике компенсации разницы между фиксированной и рыночной ценами, поскольку нас в первую очередь интересует поведение цен и объемов производства. На Рис. 1.3.9 показан результат введения карточек для пенсионеров с коэффициентом  $A$ , равным 2,5; 3 и 4.



**Рис. 1.3.9.** Введение карточек для пенсионеров с предельным коэффициентом цены  $A = 2,5$  (1); 3 (2) и 4 (3)

При этом первые два значения приводят к прекращению кризиса и возврату в НП-состояние без импорта, в то время как последнее значение  $A$  ведет к его ослаблению и остановке, правда, при более высокой цене.



Таким образом, рассмотренные в данной статье механизмы демонстрируют возможные рычаги, которыми государство может смягчить и даже предотвратить негативные последствия введения санкций на импортируемые товары. Отметим, однако, что приведенные выше величины предполагают эффективное использование вложенных средств, то есть случай, когда весь объем субсидий направляется на расширение или модернизацию производства. Для приближения этой идеальной модели к реальности можно вводить соответствующий коэффициент, меньший единицы, – коэффициент эффективности использования средств.

Отметим также, что под термином «субсидии» подразумевается не только непосредственное выделение средств. Такую же роль поддержки предприятий играют компенсация (может быть, частичная) расходов на расширение и модернизацию производства, снижение налогов, кредитование по сниженной ставке и т. п.

В последние годы государством предпринимаются шаги по поддержке малых и средних предприятий. Созданы специальные органы, рассматривающие конкретные проекты по развитию или созданию бизнеса. Это способствует развитию экономики, однако масштабы влияния этого процесса недостаточны для компенсации негативных последствий возможного резкого уменьшения импорта.

### **Заключение**

Рассмотренное выше поведение экономики, связанное с резким изменением одного из показателей – импорта, на самом деле демонстрирует типичную реакцию любой динамической системы на резкие воздействия. В наших работах было показано аналогичное поведение экономики при денежной эмиссии, изменении величины налогов, повышении эффективности производства, повышении зарплат бюджетников, пенсий и расходов на ОПК и т. д. В каждом из этих случаев результат воздействия зависит от масштаба изменений, адреса воздействия и его продолжительности. Еще более сложной является оценка последствий принятия решений в реальной экономике, в которой, помимо учтенных в модели цепочек обратных связей, существует множество других, хоть и более слабых, но многочисленных цепочек, влияющих на поведение системы. Но и в этом случае полезно иметь перед глазами полуколичественную оценку последствий решений, основанную на модельных расчетах.

### **Литература**

- Атурин В. В. 2004. *Математическое моделирование экономических процессов*. М. Леонтьев В. 1990. *Экономические эссе*. М.: Политиздат.

- Линдерт П. Х. 1992. *Экономика мирохозяйственных связей*. М.: Прогресс.
- Малков С. Ю., Чернавский Д. С., Ковалев В. И., Коссе Ю. В., Старков Н. И. 2005. Экономика России и обеспечение военно-стратегической стабильности. *Стратегическая стабильность* 1: 67–74.
- Малков С. Ю., Чернавский Д. С., Коссе Ю. В., Старков Н. И. 2008. Влияние военных расходов на макроэкономические показатели. *Стратегическая стабильность* 2(43): 27–39.
- Чернавский Д. С., Малков С. Ю., Старков Н. И., Коссе Ю. В. 2004. Оборонно-промышленный комплекс и развитие экономики России. *Стратегическая стабильность* 1: 37–47.
- Чернавский Д. С., Старков Н. И., Малков С. Ю., Коссе Ю. В., Щербаков А. В. 2011. Об экономофизике и ее месте в современной теоретической экономике. *Успехи физических наук* 181: 767–773.
- Чернавский Д. С., Старков Н. И., Щербаков А. В. 2001. Динамическая модель закрытого общества (институциональные ловушки и кризисы). *Математическое моделирование* 13(11): 97–115.
- Чернавский Д. С., Старков Н. И., Щербаков А. В. 2002а. Динамическая модель поведения общества. Синергетический подход в экономике. *Новое в синергетике: Взгляд в третье тысячелетие* / Ред. Г. Г. Малинецкий, С. П. Курдюмов, с. 239–291. М.: Наука.
- Чернавский Д. С., Старков Н. И., Щербаков А. В. 2002б. О проблемах физической экономики. *Успехи физических наук* 172(9): 1045–1066.
- Чернавский Д. С., Старков Н. И., Щербаков А. В. 2003. Прогнозирование экономических процессов. Синергетическая парадигма. *Человек и общество в условиях нестабильности* / Ред. В. И. Аршинов, О. Н. Астафьева, с. 181–199. М.: Прогресс-Традиция.
- Чернавский Д. С., Старков Н. И., Щербаков А. В., Суслаков В. А. 1998. Ценообразование при максимизации прибыли. *Экономика и математические методы* 34(2): 44–54.
- Chernavskii D. S., Chernavskaya O. D., Scherbakov A. V., Suslakov V. A., Starkov N. I. 1999. The Dynamics of the Economic Society Structure. *Mathematical Model of Non-linear Excitations, Transfer, Dynamics and Control in Condensed Systems and Other Media* / Ed. by L. Uvarova et al. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Chernavskii D. S., Starkov N. I., Scherbakov A. V. 1999. The Dynamics of the Economic Society Structure. *Journal of Moscow Physics Society* 9: 89–108.
- Dieckheuer G. 1993. *Makroökonomik*. Berlin: Springer/Heidelberg.