

### **1.3. Моделирование социально-экономической динамики отдельной страны**

#### **1.3.1. Базовая модель**

Современное общество и его экономическая составляющая, в частности, представляют собой сложную динамическую систему, которая развивается в соответствии со своими внутренними связями и внешними воздействиями. Отражением этого обстоятельства является нестационарность развития многих государств, которая проявляется как в многочисленных кризисах, так и в бурном экономическом развитии некоторых стран. Описание такой системы – непростая задача вследствие наличия множества факторов, влияющих на ее поведение и к тому же меняющихся во времени. Решение этой задачи лежит в использовании нелинейных динамических моделей, описывающих нестационарные системы. В таких моделях, как правило, существуют несколько устойчивых стационарных состояний, их бифуркационный анализ позволяет установить условия, при которых они появляются или исчезают, что соответствует возникновению кризиса или ускоренного экономического роста. Развитие таких моделей в экономике осуществляется в рамках эволюционной экономики или эконофизики [Чернавский и др. 2002; 2011].

Ввиду сложности изучаемой системы используется подход поэтапного решения задачи на основе построения базовых и имитационных моделей. При этом подходе сначала строятся базовые модели, учитывающие небольшое количество основных факторов, определяющих главные тенденции развития системы, и описываемые небольшим числом параметров. Сопоставление динамики развития реальной системы и ее поведения согласно модели позволяет оценить диапазон параметров основных процессов. На этой основе модель способна дать полуколичественные предсказания поведения экономики при изменении параметров или условий хозяйствования. Малость числа параметров в базовой модели позволяет провести детальный бифуркационный анализ и определить их критические значения, при которых в экономике может произойти кризис или, наоборот, резкий подъем.

Один из вариантов базовой динамической модели для описания экономики России, включающей нелинейные связи между различными элементами общества, был рассмотрен в [Чернавский и др. 1999; 2001; 2002: 239–291]. Было показано, что в общем случае в такой модели существует несколько стационарных состояний, между которыми возможен переход в результате динамических и параметрических воздействий. В частности, при значениях параметров модели, соответствующих условиям СССР, возможны два нетривиальных устойчивых состояния: низкопроизводительное (НП) и высокопроизводительное (ВП). В ВП-состоянии производственные мощности загружены полностью и производительность труда близка к максимальной. Доходы населения и потребление товаров находятся на достаточно высоком уровне. В НП-состоянии производственные мощности и трудовые ресурсы загружены не полностью и имеется возможность расширения производства. Уровень обеспечения населения низок. Оценивая в терминах модели положение России в настоящее время, уровень производства в обрабатывающей промышленности, машиностроении и другие показатели, можно сказать, что она находится в НП-состоянии. Механизм такого перехода был рассмотрен в рамках модели [Они же 2002а; 2002б], краткое описание которой приводится ниже.

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

Потребление продукта происходит в соответствии с функцией потребления  $Q(r)$ . Она представляет собой зависимость количества товара  $Q$  (в натуральных единицах), приобретаемого в единицу времени, от имеющихся денежных средств  $U$  и цены  $r$ . Важно, что функция  $Q$  не изменяется при пропорциональном изменении цены  $r$ , средств  $U$  и доходов. Поэтому она зависит от одной переменной – покупательной способности средств  $r$ , которая равна отношению  $r = U/p$ .

Функция потребления в нашей модели состоит из трех слагаемых:

$$Q(r) = Q_I(r) + Q_{II}(r) + \varepsilon(r - r_{\min}). \quad (1)$$

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.). Третий член описывает плавный переход продуктов длительного пользования к элитарным товарам и делает функцию потребления ненасыщаемой. Это отражает свойство основной массы людей не удовлетворяться тем, что у них уже есть.

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  $Q_1(r)$  [Чернавский и др. 2011]. Продукты второй категории не являются жизненно необходимыми, и при слишком высокой цене ( $r < r_{\min}$ ) люди отказываются от их покупки. Соответствующая кривая, таким образом, имеет пороговое поведение.

Форма функции потребления отражает психологические качества членов общества, связанные с национальными, религиозными и другими особенностями предпочтений при потреблении [Они же 2014]. В частности, параметр  $r_{\min}$  характеризует степень бережливости и склонность к накоплению, а также долю средств, направляемых на предпринимательскую деятельность. На рисунке 1 приведена функция  $Q(r)$ , параметры которой для современной России были выбраны на основе статистических данных и путем экспертной оценки [Они же 1999; 2001].

Производство продукта описывается производственной функцией. Она характеризует зависимость количества производимого продукта  $F$  (в натуральных единицах), произведенного за единицу времени (время производственного цикла)  $\tau$ , от числа людей  $n$ , занятых в производстве, и вложенных средств. Вложенные средства идут на погашение производственных затрат и исчисляются в денежных единицах. С ростом вложений и числа работников 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:

$$F(U, n, \tau) = n\tilde{F}\left(\frac{U}{n}, \tau\right) = \begin{cases} n \frac{U}{n\tau} = \frac{r}{\tau}, & \text{при } \frac{r}{n\tau} \leq F_{\max} \\ nF_{\max}, & \text{при } \frac{r}{n\tau} \geq F_{\max} \end{cases}. \quad (2)$$

Здесь  $F_{\max}$  – максимальное количество товара, производимого одним рабочим,  $U$  – оборотные средства и  $U/n$  – оборотные средства в расчете на одного рабочего. В точке  $r = r_{\text{cr}} = F_{\max} \cdot n \cdot \tau$  происходит излом функции  $F$ .

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

- неработающие пенсионеры (их количество  $n_0N$ );
- работники реального сектора ( $n_1N$ );
- работники бюджетных предприятий ( $n_2N$ );
- пенсионеры, работающие в бюджетных организациях ( $n_3N$ );
- пенсионеры, работающие на частных предприятиях ( $n_4N$ );
- работники сырьевой сферы ( $n_5N$ );
- собственники частных предприятий («владельцы») ( $n_mN$ );
- элита: владельцы и руководящие работники сырьевых предприятий и коммерческих банков, крупные чиновники и т. д. ( $lN$ ).

Величины  $n_i$  ( $i=0 \div 5$ ,  $m$  и  $l$ ) 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  $U_i$  ( $i = 0 \div 5$ ,  $m$ ,  $l$ ), 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. Доходы пенсионеров, бюджетников и работников сырьевых предприятий фиксированы и равны  $P_0$ ,  $P_2$  и  $P_5$  соответственно. Работающие пенсионеры получают зарплату и пенсию.

Доходы собственников определяются прибылью от продажи произведенного продукта. Расходы собственников связаны с удовлетворением собственных нужд и поддержанием производства. Чтобы учесть это, введен дополнительный параметр  $g$  – доля

накоплений, направляемая собственниками на удовлетворение потребностей.

Доходы работников частных предприятий несырьевой сферы зависят от объема выпускаемой продукции. Если обозначить зарплату одного работника  $P_1$ , то получим следующую связь:  $nP_1 = hmF((1-g)r_m)$ . Параметр  $h$  показывает долю, которую зарплата составляет в произведенном продукте. Величины  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_5$  представляют собой начисленную зарплату. Доход работников равен зарплате за вычетом подоходного налога, равного  $\kappa_0 P_i$  ( $i = 1, 2, 5$ ). Затраты владельцев в виде фонда зарплаты равны  $(1 + \kappa_1)P_1$ , где  $\kappa_1$  – налог на фонд зарплаты.

Помимо затрат на фонд зарплаты владельцы несут производственные расходы (сырье, энергия, транспорт) и налоги. В модели они объединены в единую группу затрат, пропорциональных объему произведенной продукции, и равны  $(\lambda + \kappa_2)(n_1 + n_4)F$ . Здесь коэффициент  $\lambda$  отражает производственные затраты, а  $\kappa_2$  – уровень налогообложения.

Помимо потребления продукта членами общества в модели предусмотрен госзаказ в количестве, задаваемом параметром  $Q_b$ .

Величины  $P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_5$  и  $Q_b$  будем выражать в натуральных единицах. Для получения этих величин в денежном выражении их необходимо умножить на цену  $p$ .

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

$$\frac{dU_0}{dt} = p[P_0 - Q(\frac{U_0}{p})], \quad (3)$$

$$\frac{dU_1}{dt} = p[P_1(1 - \kappa_0) - Q(\frac{U_1}{p})], \quad (4)$$

$$\frac{dU_2}{dt} = p[P_2(1 - \kappa_0) - Q(\frac{U_2}{p})], \quad (5)$$

$$\frac{dU_3}{dt} = p[P_2(1 - \kappa_0) + P_0 - Q(\frac{U_3}{p})], \quad (6)$$

$$\frac{dU_4}{dt} = p[P_1(1 - \kappa_0) + P_0 - Q(\frac{U_4}{p})], \quad (7)$$

$$\frac{dU_5}{dt} = p[P_5(1 - \kappa_0) - Q(\frac{U_5}{p})], \quad (8)$$

$$\frac{dU_m}{dt} = \frac{p}{m} \left\{ \sum_{i=0}^5 n_i Q(\frac{U_i}{p}) + Q_b + lQ(\frac{U_l}{p}) - P_1[(1 - g)r_m](n_1 + n_4) \right. \\ \left. (1 + \kappa_1) - m(\lambda + \kappa_2)F[(1 - g)r_m] \right\}, \quad (9)$$

$$\frac{dp}{dt} = \gamma \left\{ \sum_{i=0}^5 n_i Q(\frac{U_i}{p}) + Q_b + lQ(\frac{U_l}{p}) + mQ(\frac{gU_m}{p}) - mF[(1 - g)r_m] \right\}. \quad (10)$$

В модели предполагается сохранение общего количества денег:

$$M = \sum_{i=0+5,m,l} n_i U_i = const,$$

поэтому накопления членов элитной группы  $U_l$  определяются из этого уравнения.

Система (3)–(10) описывает динамику поведения рассматриваемого общества. Величины  $r_m$ , соответствующие стационарным решениям этой системы, можно найти из уравнений (3)–(10). Графически эти решения представляются в виде балансовой диаграммы:

$$R(r_m) = Q(r_m), \quad (11)$$

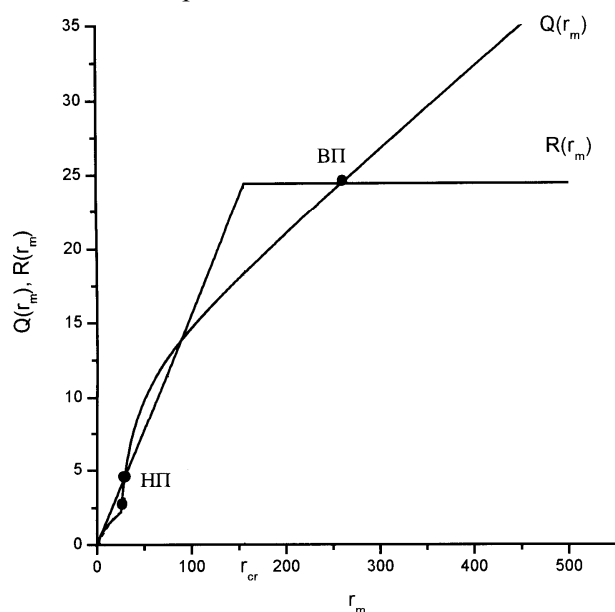
где

$$R(r) = \begin{cases} \mu r & r < r_{cr} \\ \mu r_{cr} & r \geq r_{cr} \end{cases}, \quad (12)$$

$$\mu = \frac{(1 - g)}{g\tau} \{1 - [(1 + \kappa_1)h + \lambda + \kappa_2]\}. \quad (13)$$

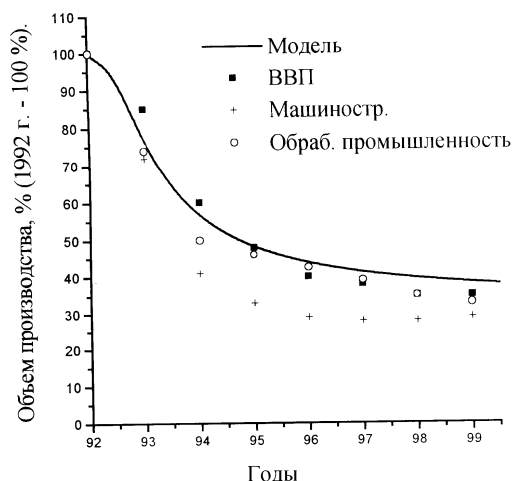
Величина  $\mu$  представляет собой тангенс угла наклона левого участка ломаной (12). Для набора параметров, используемых в базовой модели [Чернавский и др. 2002; 2011], балансовая диаграмма приведена на рис. 1.11 (сплошная кривая  $Q(r_m)$ ). Точками показаны решения балансовой диаграммы, причем НП- и ВП-состояния устойчивы. Изменение условий хозяйствования, что соответствует изменению параметров модели, приводит к относительному сдвигу кривых балансовой диаграммы и изменению экономических пока-

зателей. При определенных условиях кривые могут выйти из зацепления. Это означает, что НП- или ВП-состояние перестало быть стационаром и система за относительно короткое время переходит в оставшийся стационар.



**Рис. 1.11.** Балансовая диаграмма модели

Другой механизм перехода между состояниями связан с изменением динамических переменных, в результате которого текущее состояние системы переходит в область притяжения другого стационарного состояния. В работе [Чернавский и др. 2002: 239–291] на основе этого механизма дано объяснение резкому экономическому кризису в 1992–1999 гг. Высокопроизводительное состояние советской экономики конца 1991 г. перестало быть стационаром с 1992 г. после уменьшения в несколько раз оборотных средств производителей в результате гиперинфляции и хищнических форм хозяйствования (уменьшение переменной  $r_m$  — динамическое воздействие). После этого за несколько лет экономика перешла в низкопроизводительное состояние. На рис. 1.12 показаны изменения объемов ВВП и производства продукции в разных отраслях с 1992 по 1999 г.



**Рис. 1.12.** Изменение объемов ВВП и производства продукции в России в 1990-е гг. XX в.

Рассмотрим теперь несколько вариантов расширения базовой модели за счет включения в нее дополнительных секторов и анализ их влияния на экономику.

### 1.3.2. Влияние торгового сектора экономики

Одним из важнейших компонентов общества является торговый сектор, который выполняет функции посредника между сферами производства и потребления. В рассмотренную ранее базовую модель этот сектор не входил в явном виде, а молчаливо подразумевалось, что роль торговцев выполняют сами собственники. Для того чтобы оценить влияние механизма торговли, введем явно отдельную группу населения, выполняющую посреднические торговые функции. Будем полагать, что члены этой группы приобретают товар у собственников по оптовой цене  $p_{\text{опт}}$  и продают его на рынке по рыночной цене  $p_{\text{рын}}$ . Оптовая цена связана с рыночной коэффициентом  $D$  ( $D > 1$ ):

$$P_{\text{рын}} = D \cdot p_{\text{опт}}. \quad (14)$$

При таком определении  $D$  торговая наценка будет равна  $(D - 1) \cdot 100\%$ .

Как и ранее, будем считать, что рыночная цена (далее обозначенная как  $p$ ) определяется балансом между спросом и предложением. Под спросом здесь будем понимать суммарный объем спро-



са всех групп в соответствии с их накоплениями и величины госзаказа  $Q_b$ .

Под предложением понимается объем произведенной в данный момент времени продукции. Будем также считать, что торговцы полностью берут на себя риск сбыта, то есть покупают у производителей весь произведенный ими товар. Таким образом, доход  $I_m$  и затраты  $O_m$  владельцев будут равны:

$$I_m = \frac{P}{D} F((1-g)r_m), \quad (15)$$

$$O_m = \frac{P}{m} \left[ P_1((1-g)r_m)(n_1+n_4)(1+\kappa_1) + m(\lambda+\kappa_2)F((1-g)r_m) + mQ\left(\frac{gU_m}{p}\right) \right]. \quad (16)$$

Соответственно доходы  $I_s$  и расходы  $O_s$  торговцев будут равны:

$$I_s = \frac{P}{s} \left[ \sum_{i=0}^5 n_i Q\left(\frac{U_i}{p}\right) + mQ\left(\frac{gU_m}{p}\right) + lQ\left(\frac{U_l}{p}\right) + Q_b \right], \quad (17)$$

$$O_s = \frac{mp}{sD} F((1-g)r_m). \quad (18)$$

В выражения (17) и (18) введен дополнительный параметр  $s$  для обозначения относительного количества торговцев. Выражения для доходов и расходов остальных групп останутся без изменения и будут включать доход в виде пенсии или зарплаты и расход на приобретение продукта. Таким образом, уравнения (3)–(8) не изменятся, а уравнения для собственников и цены примут вид:

$$\frac{dU_m}{dt} = I_m - O_m, \quad (9a)$$

$$\frac{dp}{dt} = \gamma \left\{ \sum_{i=0}^5 n_i Q\left(\frac{U_i}{p}\right) + Q_b + lQ\left(\frac{U_l}{p}\right) + mQ\left(\frac{gU_m}{p}\right) + sQ\left(\frac{U_s}{p}\right) - mF[(1-g)r_m] \right\}. \quad (10a)$$

Кроме того, система уравнений базовой модели должна быть дополнена балансовым уравнением для торговцев:

$$\frac{dU_s}{dt} = I_s - O_s. \quad (19)$$

Стационарные величины  $r_m$  можно определить из уравнения (9a) для владельцев:

$$\frac{dU_m}{dt} = I_m - O_m = 0, \quad (20)$$

так как оно зависит только от переменной  $r_m$ . Его, как и в базовой модели, можно переписать в виде:

$$R(r_m) = Q(r_m), \quad (21)$$

где

$$R(r_m) = \begin{cases} \mu r_m & r_m < r_{cr} \\ \mu r_{cr} & r_m \geq r_{cr} \end{cases}. \quad (22)$$

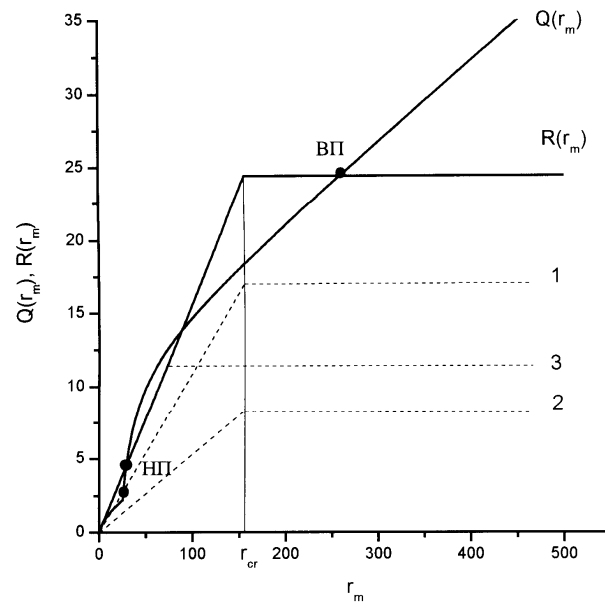
$$\text{Здесь} \quad \mu = \frac{1-g}{g\tau} \left\{ D^{-1} - [(1+\kappa_1)h + \lambda + \kappa_2] \right\} - \quad (23)$$

тангенс угла наклона левого участка ломаной (22). Отличие уравнения (23) от соответствующего уравнения базовой модели в замене 1 в фигурных скобках в выражении (13) на  $D^{-1}$ .

Рассмотрим поведение рассматриваемого общества в зависимости от параметров. Решения уравнения (21) удобно представить графически в виде балансовой диаграммы (рис. 1.13, штриховые линии 1, 2, 3). Параметры  $s$  и  $D$  по-разному влияют на вид этой диаграммы и соответственно на решения уравнений. В пределе  $D \rightarrow 0$  и  $s \rightarrow 0$  модель сводится к базовой модели, рассмотренной ранее. Вершина ломаной (22)  $r_m = r_{cr}$  не зависит от параметра  $D$ , входящего в выражение (23), поэтому его влияние на балансовую диаграмму сводится к движению этой вершины вдоль прямой  $r = r_{cr}$  и изменению наклона  $\mu$ . Чем больше  $D$ , тем ниже вершина и меньше  $\mu$ . При некоторых значениях  $D$  правый участок ломаной перестает пересекать функцию потребления и значение  $r_m$ , отвечающее высокопроизводительному состоянию, перестает быть стационарным решением. В результате общество за конечное время переходит в низкопроизводительное состояние (кривая 1 на рис. 13). Если параметр  $D$  будет уменьшаться и дальше, то исчезнет и низкопроизводительное стационарное состояние и общество перейдет в состояние натурального хозяйства (кривая 2 на рис. 3). При остальных параметрах, равных базовым, первый переход происходит при  $D = 0,15$ , а второй – при  $D = 0,2$ .

Параметр  $s$  не входит в балансовую диаграмму, поэтому его изменения не влияют на стационарные значения  $r_m$ . Однако они влияют на величину цены и распределение средств между остальными группами населения. Степень этого влияния зависит от того, из какой группы формируется группа торговцев, так как число членов

общества остается неизменным и новая группа формируется за счет уменьшения других групп. Если она формируется за счет владельцев, это приводит к уменьшению объема оборотных средств, вкладываемых в производство, что в свою очередь ведет к сокращению производства, увеличению цены и снижению покупательных способностей накоплений. Формирование торговцев за счет групп работников частных предприятий ( $n_1$  и  $n_4$ ) ведет к изменению величины  $r_{cr} = F_{max} \cdot \tau \cdot (n_1 + n_4)$ . В этом случае вершина ломаной движется по наклонному участку влево, что снижает экономические показатели ВП-состояния и может при значениях  $s \approx 0,1$  привести к его разрушению (кривая 3 на рис. 1.13). Поскольку наклон ломаной остается без изменений, это не сказывается на НП-состоянии. Формирование торговцев за счет других групп практически не сказывается на состоянии общества.



**Рис. 1.13.** Иллюстрация вариантов развития на балансовой диаграмме

Таким образом, слишком большая величина торговой наценки, а также большое количество посредников, осуществляющих сбыт, могут привести к расстройству экономики. С другой стороны, тор-

говые услуги необходимы обществу, поэтому существуют некоторые оптимальные величины количества торговцев и торговой наценки. Они могут быть различными для разного вида товаров и разных регионов. По этой причине наша макроэкономическая однопродуктовая модель пока не может претендовать на количественную оценку этих параметров, хотя и показывает их качественное влияние.

### 1.3.3. Учет финансового сектора

Другим важным элементом общества является финансовая сфера, которая отсутствует в базовой модели [Чернавский и др. 1999; 2001]. В реальной экономике эта сфера включает в себя очень большое количество самых разнообразных инструментов, каждый из которых требует специальной модели. Мы рассмотрим здесь только один из них, имеющий непосредственное отношение к цепочке производства – потребления, – кредитование реального сектора экономики, то есть производства. Мы рассмотрим влияние этого сектора только в условиях НП-состояния, поскольку выбранная нами упрощенная производственная функция приводит к насыщению производства в ВП-состоянии. По этой причине дальнейшее его расширение в этом состоянии невозможно даже при наличии достаточных средств, взятие кредита в этом состоянии бессмысленно.

Так как наша модель однопродуктовая, то имеется в виду взятие кредита собственниками. Источником кредита будем считать ту часть средств, которая контролируется элитой. Таким образом, эта группа в нашей модели будет выполнять функции банкиров. Для описания механизма кредитования введем два параметра: объем кредита в долях накоплений собственников  $Cr$  и процентную ставку за кредит  $Pr$ . Будем считать, что весь кредит идет на расширение производства. В этом случае общий объем средств, направляемых в производство  $V_{pr}$ , будет равен:

$$V_{pr} = [(1 - g) + Cr]r_m, \quad (24)$$

а доходы и затраты собственников соответственно равны:

$$I_m = \frac{p}{m} \left[ \sum_{i=0}^5 n_i Q \left( \frac{U_i}{p} \right) + l Q \left( \frac{U_l}{p} \right) + Q_b \right], \quad (25)$$

$$O_m = \frac{p}{m} \left[ P_1(V_{pr})(n_1 + n_4)(1 + \kappa_1) + m(\lambda + \kappa_2)F(V_{pr}) + Cr \cdot Pr \cdot r_m \right]. \quad (26)$$

Таким образом, система уравнений, описывающая поведение общества, будет включать уравнения (3)–(8) и еще два выражения:

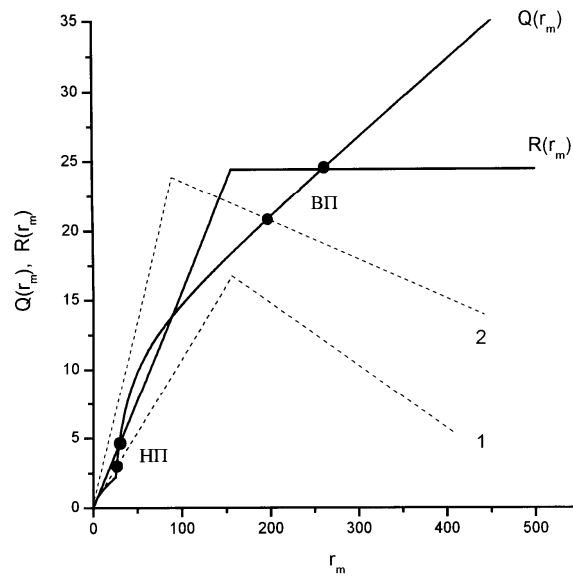
$$\frac{dU_m}{dt} = I_m - O_m, \quad (96)$$

$$\frac{dp}{dt} = \gamma \left\{ \sum_{i=0}^5 n_i Q\left(\frac{U_i}{p}\right) + Q_b + lQ\left(\frac{U_l}{p}\right) + mQ\left(\frac{gU_m}{p}\right) - mF(V_{pr}) \right\}. \quad (106)$$

В выражении  $O_m$  появится член  $Cr \cdot Pr$ , отражающий затраты на обслуживание кредита. Этот член появится и в уравнении балансовой диаграммы, которое будет иметь вид (11), (12) с заменой  $\mu \Rightarrow \mu'$  и  $R(r) \Rightarrow R'(r) = R(r) - Cr \cdot Pr$ , где

$$\mu' = \frac{1 - g + Cr}{g\tau} \{1 - [(1 + \kappa_1)h + \lambda + \kappa_2]\}. \quad (27)$$

Качественные свойства решений новых уравнений могут быть определены с помощью балансовой диаграммы, приведенной на рис. 1.14 (штриховые линии 1, 2), и сводятся к следующему.



**Рис. 1.14.** Иллюстрация вариантов развития на балансовой диаграмме

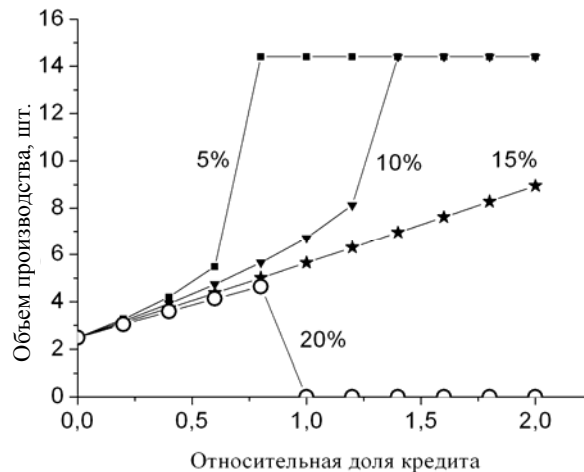
1. Наличие кредита приводит к возрастанию объема производства и повышению благосостояния всех членов общества. Здесь срабатывает серия цепочек положительной обратной связи: рост вложений в производство приводит к росту его объема, то есть предложения, и снижению цены на продукт. Это влечет за собой рост покупательной способности накоплений. С другой стороны, рост покупательной способности ведет к росту спроса и замедлению роста цены. В результате конкуренции цепочек положительной и отрицательной обратной связи устанавливается новое, более высокое положение равновесия.

2. В то же время результат кредитования зависит от соотношения между объемом кредита и процентной ставкой. Если величина  $Ct \cdot Pt$  слишком велика, то есть плата за кредит превышает доход от него, НП-состояние может разрушиться и в обществе возникнет кризис (кривая 1 на рис. 1.14). Наоборот, при умеренной величине  $Ct \cdot Pt$ , но достаточно большом объеме кредита общество из НП-состояния может перейти в ВП-состояние в результате высоких темпов развития производства (кривая 2 на рис. 1.14). Результаты при разных условиях кредитования обрабатывающей промышленности представлены на рис. 1.15. По оси абсцисс отложен размер кредита в год в долях от оборотных средств, а по оси ординат – результирующий объем производства. Принято, что кредит долгосрочный и в обозримом будущем его возврат не планируется, так что предприятие выплачивает только проценты. На рисунке видно, что малые кредиты роли не играют и результаты практически не зависят ни от их величины, ни от процентов. Большие кредиты при малых процентах ( $< 10\%$ ) влияют положительно и даже могут перевести предприятие в ВП-состояние. Однако кредиты под большие проценты ( $> 15\%$ ) губительны и приводят к банкротству.

3. Наибольшую выгоду от кредитования получают собственники и работники частных предприятий, поскольку их доходы напрямую связаны с растущим объемом производства. Остальные члены общества имеют косвенную выгоду за счет снижения цены продукта и роста в результате этого покупательной способности накоплений. Кроме того, кредиторы получают дополнительный доход от процентов.

4. Уменьшение процентной ставки благоприятно сказывается на благосостоянии общества. Более того, при процентной ставке,

равной нулю, все члены общества имеют максимальный рост покупательной способности накоплений. Это касается и кредиторов: рост покупательной способности их накоплений максимален при  $P_r = 0$ , хотя в денежном выражении их накопления в данном случае меньше из-за уменьшения цены, а их благосостояние в этом случае увеличивается в наименьшей степени по сравнению с другими группами. Этот парадоксальный на первый взгляд результат подтверждается практикой, поскольку финансовый сектор успешно функционирует и при нынешних минимальных величинах процентных ставок (1,25 % в США, 2,5 % – в Европе, 0÷0,2 % – в Японии). В мусульманском мире финансовый сектор вообще работает при нулевой процентной ставке, так как ростовщичество запрещено Кораном и свою выгоду кредиторы получают другими способами (участие в прибыли, приобретение акций и т. д.), предусматривающими материальную заинтересованность кредиторов в эффективности использования заимствованных средств. Отмеченные здесь свойства широко известны и используются на практике. Как известно, в последние годы США и Европейский союз снижением учетной ставки пытаются стимулировать свою экономику.



**Рис. 1.15.** Влияние кредитов на объем производства

Другой вариант кредитования – деньги на депозитных счетах населения (группы 0÷5), они мало влияют на динамику экономики ввиду незначительности общей суммы накоплений на них в НПСостоянии по сравнению с суммой, которая контролируется элитой.

#### 1.3.4. Влияние госзаказа

Роль госзаказа  $Q_b$  определяется его размером и формой. В базовом варианте модели весь госзаказ закупался на рынке и напрямую участвовал в формировании цены. Однако в реальной экономике часть госзаказа может приобретаться вне внутреннего рынка. Это, например, касается вооружений и других видов продукции как ОПК, так и других отраслей. Для исследования в модели этой особенности разобьем госзаказ на две части:  $Q_b^{(1)}$  – рыночная часть госзаказа,  $Q_b^{(2)}$  – госзаказ на продукцию ОПК. При этом  $Q_b^{(1)}$  будет присутствовать в уравнении для цены ( $Q_b^{(1)}$  покупается на рынке), а  $Q_b^{(2)}$  – нет (это прямые поставки по госзаказу). В уравнении накопителей собственников будет участвовать сумма:  $Q_b^{(1)} + Q_b^{(2)}$ , так как оплачивается весь товар. Примем также, что  $Q_b^{(2)}$  покупается по рыночной цене  $p$ . В такой модели член  $Q_b^{(2)}$  войдет в балансовую диаграмму и соответственно его роль будет существенно отличаться от роли госзаказа типа  $Q_b^{(1)}$ . В частности, в функции  $R(r_m)$  балансовой диаграммы (11)–(12) появится аддитивная добавка  $m^{-1}Q_b^{(2)}$ , в результате чего ломаная  $R$  сдвигается как целое вверх на эту величину. Помимо всего прочего это приводит к тому, что натуральное хозяйство перестает быть стационарным решением системы.

Для количественного анализа влияния госзаказа на экономическое состояние общества необходимо определить абсолютные величины наших переменных, выраженные в рублях, сопоставить масштаб количества денег  $M$  модели и финансового агрегата  $M2$ , а также найти в реальном бюджете России соответствие величинам  $Q_b^{(1)}$  и  $Q_b^{(2)}$ . Такая работа проделана в [Чернавский и др. 2001] для бюджета 1999 г. В соответствии с расчетами в [Там же]  $Q_b^{(2)} = 0,07$  в наших единицах.

Для иллюстрации качественного влияния члена  $Q_b^{(2)}$  увеличим его в два раза. Как показывает расчет, это влечет за собой рост цены на 1,5 %. Однако одновременно с этим растут накопления групп, связанных с производством. В итоге это приводит к росту их покупательной способности и соответственно к росту спроса на продукт, так что в целом новое положение равновесия оказывается выше по сравнению с исходным. Увеличение  $Q_b^{(2)}$  в три и четыре раза также благоприятно сказывается на состоянии экономики. Теоретически при еще большем увеличении  $Q_b^{(2)}$  возможна бифуркация, приводящая к переходу из НП-состояния в ВП-состояние.



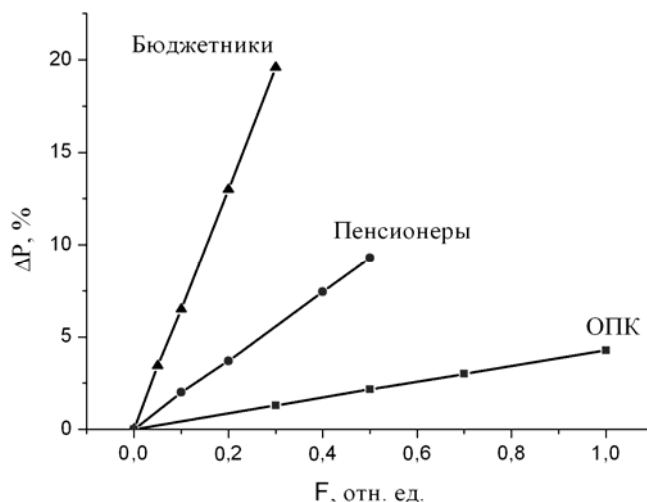
Однако в реальной ситуации результат увеличения  $Q_b^{(2)}$  зависит от источника финансирования государственных закупок. Одним из источников дополнительного государственного финансирования может, например, выступать увеличение налога  $\kappa_2$ . В этом случае для компенсации затрат в размере  $Q_b^{(2)}=0,07$ , то есть для повышения сбора налогов на эту величину, необходимо увеличение  $\kappa_2$  с 0,25 до 0,28. Это приведет к дополнительному росту цены на 5 %. На наш взгляд, это не слишком высокая цена для общества за удвоение производства в ОПК. Однако вследствие нелинейности модели компенсация слишком большой величины  $Q_b^{(2)}$  за счет налога может привести к кризису. Так, для компенсации увеличения  $Q_b^{(2)}$  еще на 0,14 (учетверение финансирования ОПК) потребуется увеличение  $\kappa_2$  до 0,32, что близко к критической величине  $\kappa_2 = 0,34$ , при которой происходит разрушение НП-состояния и переход к натуральному хозяйству\*.

Другими источниками финансирования является адресная эмиссия. Для учета ее влияния на экономику был рассмотрен расширенный вариант модели с дополнительным сектором экономики – оборонно-промышленным комплексом, включающим соответствующую группу сотрудников. По аналогии с другими группами для нее было записано динамическое уравнение их доходов и расходов. Доходы этой группы зависят от объема госзаказа ОПК. Особенность этой группы в том, что их продукция не попадает на внутренний рынок России, то есть в уравнение для цены.

На рисунке 1.16 представлены результаты расчета трех вариантов субсидирования экономики за счет бюджета. В первом субсидируется повышение зарплаты бюджетным работникам, во втором – пенсий пенсионерам, а в третьем – увеличение госзаказа ОПК. По оси абсцисс отложена доля субсидирования от исходной величины, а по оси ординат – относительное изменение цены.

---

\* Влияние параметра  $\kappa_2$  аналогично влиянию торговой наценки  $D$ , то есть его увеличение приводит к движению вершины ломаной (22) вниз вдоль прямой  $r_m = r_{cr}$  (рис. 1.13, кривые 1 и 2).



**Рис. 1.16.** Результаты расчета различных вариантов субсидирования экономики за счет бюджета

Видно, что увеличение зарплаты бюджетникам (верхняя кривая) на 25 % вызывает инфляцию на 20 %, то есть инфляция практически съедает все прибавление к зарплате. Средняя линия – увеличение пенсий. Инфляция при этом ниже, поскольку объем выделяемых средств намного меньше, но тоже достаточно велика. В то же время увеличение госзаказа на 100 % (удвоение) приводит к росту цены всего на 5 %. Причина этого результата в том, что, во-первых, большая часть продукции ОПК не выходит напрямую на рынок и не участвует в формировании цены, а во-вторых, объем субсидирования намного меньше, чем в случае повышения зарплат или пенсий.

Полученный в данном разделе результат качественно не является оригинальным. История экономики знает немало примеров, когда государственное (или внешнее) финансирование нерыночных товаров и услуг позволяет не только оживить производство, но и выйти из производственного кризиса. Рост производства и экономики в целом позволяет государству впоследствии расплатиться по своим кредитам. В частности, именно это было одним из элементов экономической политики по преодолению последствий Великой депрессии в целом ряде стран в 30-е гг. XX в., восстановлению разрушенных экономик Японии и Германии после Второй мировой вой-

ны и т. д. Достоинство модели в том, что она позволяет дать оценку на количественном уровне.

Приведенные в данном исследовании результаты, основанные на анализе нашей модели, показывают, что возможны целенаправленные воздействия со стороны государства, имеющие целью оживление или даже возрождение обрабатывающей промышленности. Среди таких воздействий можно назвать адресную эмиссию, увеличение объема госзаказа на нерыночные товары, увеличение объема кредитов, снижение налогов и тарифов и т. д. Основным условием осуществления этого является адресность воздействий.

Следует отметить еще несколько особенностей, выявившихся в ходе анализа модели.

1. Динамическое и параметрическое воздействия основаны на существовании положительной обратной связи, при которой стимулирование производства ведет к опережающему росту потребления. Это предполагает, что рассматриваемый продукт будет востребован в количестве, определяемом функцией потребления. Если рассматривать предлагаемые меры применительно к реальной экономике, это означает, что соответствующее стимулирование должно касаться не всех производств, а только тех, чьи товары найдут своего потребителя на рынке. Провести такой отбор (на государственном уровне это звучит как выбор приоритетных направлений, в модели это адресность воздействий) – непростая задача.

2. Рассмотренные выше механизмы оживления производства, если их обобщить, качественно сводятся к утверждению, которое можно получить, опираясь только на здравый смысл: нужно снижать издержки и привлекать средства на производство товаров, пользующихся спросом. Достоинство модели в том, что ее поведение, с одной стороны, естественно и основные ее результаты можно понять, руководствуясь здравым смыслом, а с другой – она дает количественные оценки и предсказания в ситуациях, последствия которых не столь очевидны. Поскольку модель хорошо воспроизводит основные характеристики поведения общества, можно надеяться, что и в этих случаях ее результаты близки к реальности.

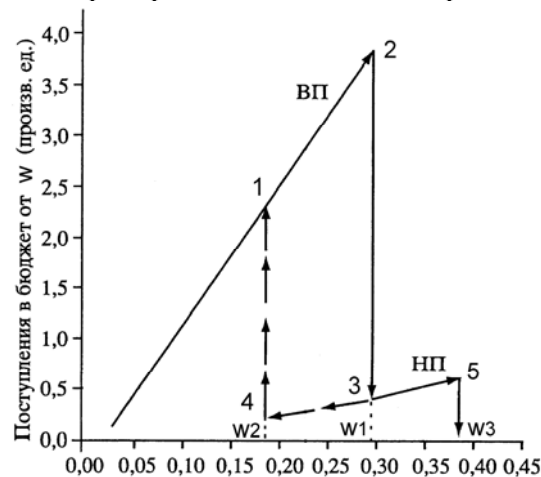
3. Поведение модели демонстрирует еще один интересный эффект в ситуациях, когда цена на продукт меняется. Оказывается, что интересы государства и населения в этом случае часто противоположны. Так, если цена растет, то, как правило, падает покупа-

тельная способность накоплений населения. Однако с точки зрения наполнения бюджета (за счет налогов) это фактор благоприятный, так как он увеличивает сбор налогов в денежном выражении. Часто возникают ситуации, когда налоговые поступления в денежном выражении оказываются больше запланированных, хотя объем производства в целом падает. Наоборот, при снижении цены покупательная способность растет, но бюджет наполняется хуже. Аналогичное свойство использовалось правительством РФ с середины 90-х гг., когда в проект бюджета закладывалась заниженная величина инфляции по сравнению с ожидаемой. К концу года она оказывалась намного выше запланированной, что приводило к дополнительным денежным поступлениям за счет роста цен на продукцию. Правда, даже с учетом этого эффекта бюджет наполнялся только на 50–60 %.

4. Динамические модели демонстрируют еще одно важное явление – гистерезис, которое можно часто наблюдать в развивающихся системах. Оно проявляется в том, что при переходе в какое-либо стационарное состояние необходимо приложить гораздо больше усилий, чтобы вернуться обратно, чем при произошедшем переходе. Особенно важно это учитывать странам, пережившим упадок экономики в результате кризиса или других неблагоприятных процессов (войн, природных катаклизмов и т. д.) или пытающимся перейти из разряда развивающихся в развитые.

Продемонстрируем это явление на простом примере зависимости состояния экономики при изменении показателей затрат, пропорциональных объему производства  $w = (\lambda + \kappa_2)$  [Чернавский и др. 2002: 239–291]. Пусть экономика находится в ВП-состоянии, а государство, чтобы повысить доходы бюджета, повышает параметр  $\kappa_2$ . В результате коэффициент  $w$  растет, доход бюджета тоже. Однако в то же время уменьшается угол наклона левого отрезка ломаной на балансовой диаграмме. В какой-то момент (состояние 2 при  $w = w_1$  на рис. 1.17) угол ломаной выходит из зацепления, стационар ВП исчезает (как на рис. 1.13, кривая 1) и система с течением времени переходит в НП-состояние (состояние 3). Во время этого перехода доходы в бюджет падают (рис. 1.17). Если параметр  $\kappa_2$  продолжает расти, при  $w = w_3$  НП-состояние также перестает быть стационаром (состояние 5), система переходит в состояние без обрабатывающих отраслей и существует на добыче и продаже сырья.

Особенностью динамических моделей с несколькими стационарными состояниями является то, что для перехода из одного стационара в другой необходимо, чтобы текущее состояние перестало быть стационаром. В результате чтобы восстановить стационар ВП (состояние 1), необходимо изменить  $w$  настолько, чтобы исчезло НП-состояние (состояние 4 при  $w = w_2 \ll w_1$  на рис. 1.17). Отметим, что необходимым условием такого перехода является существование стационара ВП. Это предполагает наличие достаточных мощностей в обрабатывающей промышленности. В этом случае переход возможен при создании условий для их более полной загрузки. В данном примере за счет снижения затрат.



**Рис. 1.17.** Иллюстрация гистерезиса в экономической системе

Более сложная ситуация возникает в случае отсутствия ВП-состояния из-за неразвитости или утраты обрабатывающей отрасли, как в настоящее время в России. Простое изменение параметров здесь не может помочь. Необходимо возрождение промышленности. Однако на этом пути возможны трудности, которые в последние 20–25 лет в экономической науке называют ловушками развития [Полтерович 1999]. Под ними понимают такое состояние экономики, когда в силу ряда причин она характеризуется неблагоприятными социально-экономическими показателями, которые воспроизводятся, несмотря на предпринимаемые усилия. Эта проблема стала актуальной в СССР с 80-х годов и не переставала быть

таковой вплоть до последнего времени. Особенно актуальна она сегодня, когда стало очевидным, что на одном импорте сырья Россия никогда не станет самостоятельным государством.

### Литература

- Полтерович В. М. 1999. Институциональные ловушки и экономические реформы. *Экономика и математические методы* 35(2): 1–37.
- Чернавский Д. С. и др. 1999. Математическая модель экономической структуры общества. *Журнал Московского физического общества* 9.
- Чернавский Д. С. и др. 2001. Динамическая модель закрытого общества (институциональные ловушки и кризисы). *Математическое моделирование* 11: 98–115.
- Чернавский Д. С. и др. 2002а. Динамическая модель поведения общества. Синергетический подход к макроэкономике. *Новое в синергетике. Взгляд в третье тысячелетие*. М.: Наука. С. 239–291.
- Чернавский Д. С. и др. 2002б. О проблемах физической экономики. *Успехи физических наук* 172(9): 1045–1066.
- Чернавский Д. С. и др. 2011. Об эконофизике и ее месте в современной теоретической экономике. *Успехи физических наук* 181(7): 767–773.
- Чернавский Д. С. и др. 2014. Роль психологических факторов в макроэкономике. *Экономические стратегии* 2(118): 98–103.