Глава 9

Многоотраслевое описание динамики производства

В этой главе мы возвращаемся к многоотраслевой модели производственной системы, обсуждаемой в главе 4. Мы предполагаем, что производство стоимости и динамика производственных факторов в каждой отрасли могут быть описаны по правилам, сформулированным в главах 5 и 6. Это позволяет нам включить в рассмотрение на отраслевом уровне технологические изменения и ограничения, связанные с доступностью труда и замещающей энергии. Схематизация производственного процесса даёт нам средства описать детальную картину экономического роста с учётом особенностей каждой отрасли. Возможности метода иллюстрируются на примере простейшей модели, включающей только три отрасли.

9.1 Производственные факторы отрасли

В основу описания функционирования производственной системы положена многоотраслевая модель, сформулированная Леонтьевым (Leontief, 1936, 1941, 1988) и Сраффа (Sraffa, 1975). Следуя предположениям главы 4, мы полагаем, что производственная система состоит из n отраслей, каждая из которых создаёт свой собственный продукт. Отрасли взаимодействуют друг с другом, по правилам, описанным в главе 4. Далее, придерживаясь рассуждений предыдущей работы (Pokrovski, 1999), мы собираемся продвинуться в описании динамического поведения системы с учётом возможных ограничений на трудозатраты и замещающую работу в каждой отдельной отрасли.

9.1.1 *Динамика технологических коэффициентов*

Избранную отрасль производственной системы, обозначенную номером i $(i = 1, 2, \ldots, n)$, можно представить как собрание производственного оборудования K^i, которое приводится в действие трудозатратами L^i и замещающей работой P^i. Можно допустить, что все утверждения пятой главы могут быть воспроизведены для отдельного сектора, и уравнения (5.6) и (5.13) для производственных факторов можно записать для каждой отрасли

$$\frac{dK^i}{dt} = I^i - \mu K^i, \quad \frac{dL^i}{dt} = \lambda^i I^i - \mu L^i, \quad \frac{dP^i}{dt} = \varepsilon^i I^i - \mu P^i. \qquad (9.1)$$

Технологические коэффициенты λ^i и ε^i $(i = 1, 2, \ldots, n)$ характеризуют производственный капитал, используемый в отрасли i. Как и ранее, удобно использовать безразмерные технологические переменные для каждой отрасли

$$\overline{\lambda}^i = \lambda^i K^i / L^i, \qquad \overline{\varepsilon}^i = \varepsilon^i K^i / P^i$$

и предположить, что рассуждения разделов 5.3 и 5.4 могут быть повторены для каждой отрасли, так что технологические переменные определяются уравнениями, подобными уравнениям (5.30) и (5.31), а именно

$$\frac{d\overline{\lambda}^i}{dt} = -\frac{1}{\tau^i}\left(\overline{\lambda}^i - \frac{\tilde{\nu}^i + \mu}{\tilde{\delta}^i + \mu}\right), \quad \frac{d\overline{\varepsilon}^i}{dt} = -\frac{1}{\tau^i}\left(\overline{\varepsilon}^i - \frac{\tilde{\eta}^i + \mu}{\tilde{\delta}^i + \mu}\right). \qquad (9.2)$$

Времена перехода τ^i от одной технологической ситуации к другой определяются внутренними процессами замены технологии в отрасли и могут быть различными для различных отраслей. В уравнениях (9.2) использованы также символы для темпов потенциального роста основного капитала, трудозатрат и замещающей работы в каждом секторе, $\tilde{\delta}^i$, $\tilde{\nu}^i$ и $\tilde{\eta}^i$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$. Эти величины соотносятся, очевидно, с темпами потенциального роста факторов производства для всей производственной системы, которые по предположению заданы как функции времени.

Также удобно записать уравнение для секторного технологического индекса

$$\frac{d\alpha^i}{dt} = \frac{\tilde{\delta}^i - \tilde{\nu}^i - \alpha^i\,(\tilde{\eta}^i - \tilde{\nu}^i)}{\tau^i(\overline{\varepsilon}^i - \overline{\lambda}^i)(\tilde{\delta}^i + \mu)} \qquad (9.3)$$

Можно видеть, что, если темп потенциального роста капитала $\tilde{\delta}^i(t)$ определен уравнением

$$\tilde{\delta}^i = \tilde{\nu}^i + \alpha^i(\tilde{\eta}^i - \tilde{\nu}^i),$$

технологический индекс оказывается интегралом развития, и, поэтому, должен рассматриваться как очень важная характеристика производственной отрасли.

9.1.2 *Инвестиции*

Значения текущих инвестиций I^i $(i = 1, 2, \ldots, n)$ в уравнениях (9.1) определяют изменение производственных факторов и, в конце концов, будущий выпуск, так что возникает проблема установления инвестиций для того, чтобы обеспечить желаемое и согласованное увеличение выпуска. При стремлении к расширению производства, инвестиции I^i в отрасль с индексом i определяются внутренними и внешними ограничениями на развитие отрасли и производственной системы в целом. Внутренние ограничения определяются конечным объёмом выпуска и необходимым непроизводственным потреблением, причем можно полагать, что ограничение по материальным ресурсам включены в технологические процессы. Сществует, без учёта ограничений на трудозатраты и энергию, некоторый темп потенциального роста капитала $\tilde{\delta}^i$, который связан с потенциальными инвестициями в отрасль

$$\tilde{I}^i = (\tilde{\delta}^i + \mu)\, K^i.$$

Предполагается, что существует метод, например, метод, описанный в разделе 4.3.3, для вычисления потенциальных инвестиций сектора и, следовательно, согласно вышеупомянутому соотношению, темпа потенциального прироста капитала. Внешние ограничения определяются доступностью труда и энергии, что для каждого сектора задаётся темпами потенциального роста трудозатрат и замещающей энергии $\tilde{\nu}^i(t)$ и $\tilde{\eta}^i(t)$. Эти экзогенные характеристики считаются функциями времени.

В случае, когда установлены потенциальные инвестиции и темпы возможного роста производственных факторов $\tilde{\nu}^i(t)$ и $\tilde{\eta}^i(t)$, реальные ораслевые инвестиции определяются соотношением, подобным уравнению (5.27),

$$I^i = \chi^i\, K^i + \min\left\{\tilde{I}^i,\, (\tilde{\nu}^i + \mu)L^i/\lambda^i,\, (\tilde{\eta}^i + \mu)P^i/\varepsilon^i\right\}, \qquad (9.4)$$

где χ^i - центральное планирующее вмешательство в секторе i. Коэффициенты вмешательства χ^i для многоотраслевой модели могут интерпретироваться как коэффициенты перераспределения инвестиций среди различных отраслей так, чтобы

$$\sum_{i=1}^{n} \chi^i K^i = 0.$$

Отношением (9.4) определяются три моды развития каждой отрасли. Первая возможность в соотношении (9.4) реализуется при внутренних ограничениях. Вторая возможность реализуется в случае изобилия замещающей работы и сырья и нехватки труда. В этом случае, труд используется полностью и имеется возможность для того, чтобы привлечь дополнительную замещающую работу. Последнее вызывает технологические изменения, которые приводят к уменьшению трудозатрат и увеличению потребления замещающей в производственных процессах работы. Последняя возможность в (9.4) реализуется при нехватке замещающей работы и изобилия труда и сырья. Каждая из отраслей может функционировать в одной из этих трех мод, и поэтому есть много возможных способов развития многоотраслевой производственной системы.

9.2 Производство стоимости в отрасли

9.2.1 *Отраслевая производственная функция*

Как было описано в главе 2, производство в каждой отрасли ($i = 1, 2, .., n$) характеризуется тремя векторами: валовым продуктом $X^i = X_i$, конечным продуктом Y_i и отраслевым производством стоимости Z^i. Эти величины связаны друг с другом уравнениями (4.6) и (4.7), которые могут быть записан в форме

$$X_i = \frac{1}{1 - a^i} Z^i, \quad Y_j = \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_j^i - a_j^i}{1 - a^i} Z^i, \quad a^i = \sum_{i=1}^{n} a_j^i, \qquad (9.5)$$

где a_j^i - компонента матрицы коэффициентов промежуточного потребления (матрица затраты - выпуск), введенной соотношением (4.2).

Нашей ближайшей задачей является определение векторов выпуска как функций производственных факторов. В силу соотношения (4.12) и записанных выше соотношений, перечисленные характеристики отраслевого производства связаны с вектором отраслевого основного капитала K^i, представляющего отраслевое производственное оборудование,

$$X_i = \frac{1}{b^i} K^i, \quad b^i = \sum_{j=1}^{n} b^i_j, \tag{9.6}$$

$$Y_j = \sum_{i=1}^{n} \xi^i_j K^i, \quad \xi^i_j = \frac{\delta^i_j - a^i_j}{b^i} = \xi^i \frac{\delta^i_j - a^i_j}{1 - a^i}, \tag{9.7}$$

$$Z^i = \xi^i K^i, \quad \xi^i = \sum_{j=1}^{n} \xi^i_j = \frac{1 - a^i}{b^i}. \tag{9.8}$$

Все индексы приобретают значения от 1 до n. Компоненты фундаментальных технологических матриц a^i_j (матрица затраты - выпуск) и b^i_j (матрица капитал - выпуск) комбинируются, чтобы образовать компоненты матрицы продуктивности капитала ξ^i_j. Величины ξ^i_j показывают, как увеличение производственного оборудования в секторе i влияет на конечный продукт в секторе j. Можно видеть, что необходимы все компоненты матрицы фондоотдачи для того, чтобы вычислить конечный продукт.

Формулы (9.6) - (9.8) связывают векторные характеристики выпусков X_i, Y_j и Z^i с величиной отраслевого капитала K^i. Однако, производство стоимости определено отраслевым потреблением факторов производства: труда L^i и замещающей работы P^i. Можно ожидать, что, в общем случае, величины производстенных векторов в одной отрасли определены производственными факторами, используемыми во всех отраслях. В самом простом случае можно считать, что производство стоимости Z^i в отрасли определяется потреблением производственных факторов в этой же отрасли. В этом случае, мы обращаемся к процедуре, которая использовалась в разделе (6.3), чтобы записать

$$Z^i = Z^i_0 \frac{L^i}{L^i_0} \left(\frac{L^i_0}{L^i} \frac{P^i}{P^i_0} \right)^{\alpha^i}, \quad \alpha^i = \frac{1 - \overline{\lambda}^i}{\overline{\varepsilon}^i - \overline{\lambda}^i}. \tag{9.9}$$

Постоянные Z^i_0 определены начальными значениями переменных. Далее, валовой продукт X_i и конечный продукт Y_i могут быть непосредственно выражены через производственные факторы с помощью соотношений (9.5).

9.2.2 *Отраслевой технологический сдвиг*

Уравнения (9.8) и (9.9) представляют два альтернативных и взаимодополняющих выражения для производства стоимости в отрасли i

$$Z^i = \begin{cases} \xi^i K^i, & \xi^i = \dfrac{1-a^i}{b^i}, \\ Z_0^i \dfrac{L^i}{L_0^i}\left(\dfrac{L_0^i}{L^i}\dfrac{P^i}{P_0^i}\right)^{\alpha^i}, & \alpha^i = \dfrac{1-\overline{\lambda}^i}{\overline{\varepsilon}^i - \overline{\lambda}^i} \end{cases}, \quad i = 1, 2, \dots n. \tag{9.10}$$

Записанные выше соотношения демонстрируют, что отраслевое производство стоимости Z^i определяется как производственными факторами K^i, L^i и P^i, так и характеристиками производственной системы α^i и ξ^i. При сравнении выражений (9.10) установливаем соотношение

$$\xi^i = Z_0^i \frac{L^i}{L_0^i K^i}\left(\frac{L_0^i}{L^i}\frac{P^i}{P_0^i}\right)^{\alpha^i}, \quad \alpha^i = \frac{1-\overline{\lambda}^i}{\overline{\varepsilon}^i - \overline{\lambda}^i}.$$

Чтобы разделить влияние производственных факторов и изменения производственной системы как таковой, рассмотрим дифференциал производства стоимости

$$dZ^i - \Delta^i dt = \begin{cases} \xi^i \, dK^i \\ \beta_i \, dL^i + \gamma_i \, dP^i \end{cases}, \quad i = 1, 2, \dots n \tag{9.11}$$

где предельная производительность капитала ξ^i указана выше, и, в силу установленных выше определений, записать

$$\beta_i = \xi^i (1-\alpha^i) \frac{K^i}{L^i}, \quad \gamma_i = \xi^i \alpha^i \frac{K^i}{P^i}, \tag{9.12}$$

$$\Delta^i = -\frac{K^i}{b^i}\frac{da^i}{dt} - \frac{(1-a^i)K^i}{b^i}\frac{db^i}{dt} = Z^i \ln\left(\frac{L_0^i}{L^i}\frac{P^i}{P_0^i}\right)\frac{d\alpha^i}{dt} = Z^i \frac{1}{\xi^i}\frac{d\xi^i}{dt} \tag{9.13}$$

Величина Δ^i связана с изменением компонент технологических матриц A и B, и может быть названа *отраслевым технологическим сдвигом.*

Заметим, что соотношения (9.11) справедливы для случая, когда стоимость продуктов измерена в денежных единицах постоянной покупательной способности (единица, не зависящая от времени). В противном случае, мы должны использовать новую величину $\hat{Z}^i$, которая представляет производство стоимости, измеренное текущей денежной единицей, что приводит к выражению

$$\frac{d\hat{Z}^i}{dt} = p_i \left(\frac{dZ^i}{dt}\right)_{p_i} + \hat{Z}^i \frac{d\ln p_i}{dt}, \tag{9.14}$$

где $\left(\frac{dZ^i}{dt}\right)_{p_i}$ – производная производства стоимости в секторе i при постоянных ценах, данная формулой (9.11). Индексы цен продуктов p_i следует рассматривать как новые переменные, и для того, чтобы включить изменение цен в рассмотрение, необходимы дополнительные уравнения, которые будут обсуждаться далее в главе 10. В этой главе мы ограничиваемся случаями постоянных цен.

9.3 Правила агрегирования и структурный сдвиг

9.3.1 *Производственные факторы*

Чтобы вернуться к одноотраслевому описанию производственной системы, обратимся к обсуждавшимся ранее (в разделе 2.3.2, уравнение 2.24 и разделе 5.1, уравнение 5.1) естественным определениям факторов производства как суммы соответствующих отраслевых величин

$$K = \sum_{i=1}^{n} K^i, \quad L = \sum_{i=1}^{n} L^i, \quad P = \sum_{i=1}^{n} P^i.$$

При суммировании уравнения (9.1) по всем отраслям, мы приходим к уравнениям (5.6) и (5.13) для динамики производственных факторов во всей производственной системе в целом. При этом процедура определяет технологические коэффициенты для всей производственной системы через отраслевые технологические коэффициенты

$$\lambda = \sum_{j=1}^{n} \frac{I^j}{I}\lambda^j, \qquad \varepsilon = \sum_{j=1}^{n} \frac{I^j}{I}\varepsilon^j, \tag{9.15}$$

где I^j - валовые инвестиции в отрасль j, и $I = \sum_{j=1}^{n} I^j$ - валовые инвестиции в производство в целом.

Удобно использовать символы для темпов роста отраслевых производственных факторов: капитала, трудозатрат и замещающей работы, δ^i, ν^i и η^i, соответственно. В этих символах, уравнения (9.1) - (9.4) могут быть переписаны в виде

$$I^i = (\delta^i + \mu)K^i, \qquad \lambda^i = \frac{\nu^i + \mu}{\delta^i + \mu}\frac{L^i}{K^i}, \qquad \varepsilon^i = \frac{\eta^i + \mu}{\delta^i + \mu}\frac{P^i}{K^i}, \tag{9.16}$$

Теперь можно определить темпы роста производственных факторов для всей системы соотношениями

$$\delta = \frac{1}{K}\sum_{i=1}^{n} \delta^i K^i, \quad \nu = \frac{1}{L}\sum_{i=1}^{n} \nu^i L^i, \quad \eta = \frac{1}{P}\sum_{i=1}^{n} \eta^i P^i. \tag{9.17}$$

Введенные усредненные темпы роста зависят, вообще говоря, от времени, даже если отраслевые темпы роста постояны.

Можно легко убедиться, что записанные выше формулы (9.15) и (9.17) позволяют нам вернуться к выражениям для инвестиций и технологических коэффициентов для производственной системы в целом

$$I = (\delta + \mu)K, \quad \lambda = \frac{\nu + \mu}{\delta + \mu}\frac{L}{K}, \quad \varepsilon = \frac{\eta + \mu}{\delta + \mu}\frac{P}{K}.$$

9.3.2 *Производство стоимости*

Конечный продукт всей системы (валовой внутренний продукт) вычисляется по одному из двух нижеследующих правил

$$Y = \begin{cases} \sum_{j=1}^{n} Y_j \\ \sum_{i=1}^{n} Z^i \end{cases}.$$

Воспользуемся уравнением (9.8) для отраслевого производства стоимости Z^i, чтобы найти выражения для конечного продукта и его производной

$$Y = \sum_{i=1}^{n} \xi^i K^i, \quad \frac{dY}{dt} = \sum_{i=1}^{n} Z^i \left(\delta^i + \frac{1}{\xi^i}\frac{d\xi^i}{dt}\right) \tag{9.18}$$

Можно выделить темп роста всего капитала δ и использовать уравнение (9.13) для технологического изменения $\varDelta^i$, чтобы получить выражение для темпа роста конечного выпуска в форме

$$\frac{1}{Y}\frac{dY}{dt} = \delta + \frac{1}{Y}\sum_{i=1}^{n}\left[\Delta^i + Z^i\left(\delta^i - \delta\right)\right]. \tag{9.19}$$

Отклонение темпа роста конечного продукта от темпа роста капитала δ связано с отраслевыми технологическими изменениями производственной системы и с неравномерностью развития отраслей. Сравнение уравнения (9.19) с уравнениями (6.19) и (6.21) позволяет нам определить выражения для технологического изменения и структурного сдвига

$$\Delta = \sum_{i=1}^{n}\left[\Delta^i + Z^i\left(\delta^i - \delta\right)\right]. \tag{9.20}$$

Это позволяет, в соответствии с соотношением (6.20), определить технологический индекс согласно уравнению

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{1}{Y}\left[\ln\left(\frac{L_0}{L}\frac{P}{P_0}\right)\right]^{-1}\sum_{i=1}^{n}\left[\Delta^i + Z^i\left(\delta^i - \delta\right)\right]. \tag{9.21}$$

Заметим, что темп роста отраслевой конечной продукции δ_j, вообще говоря, отличен от темпа роста производства стоимости в отрасли δ^i. Эти величины связаны, в силу уравнения (9.2), соотношением

$$\delta_j = \sum_{i=1}^{n}\delta^i\,\frac{\delta^i_j - a^i_j}{1 - a^i}\,\frac{Z^i}{Y_j} \tag{9.22}$$

9.4 Уравнения эволюции

Мы обращаемся к результатам этой и предыдущих глав для того, чтобы записать замкнутую систему уравнений для динамики выпуска производственной системы, которая, по предположению, состоит из n отраслей. Выражение (9.10) определяет производство стоимости в каждой отдельной отрасли, в то время как уравнения (9.1), (9.2) и (9.4) определяют динамику производственных факторов. Для отраслевых производственных факторов и характеристик системы может быть записана система уравнений, подобная системе (6.16)-(6,17) с тем лишь различием, что вместо агрегированных величин следует поставить отраслевые величины, однако в этом случае должны быть заданы темпы потенциального роста производственных факторов в каждой отрасли. Система уравнений эволюции может быть также записана в редуцированной форме, подобной системе (6.29) при использовании другого набора заданных параметров. Мы обращаемся здесь к последнему варианту.

9.4.1 *Основные соотношения*

Валовой и конечный выпуски производственной системы определяются уравнениям (9.5), то есть

$$X_i = \frac{1}{1-a^i}\, Z^i, \quad Y_j = \sum_{i=1}^{n} \frac{\xi^i_j}{\xi^i}\, Z^i, \quad \xi^i = \sum_{i=1}^{n} \xi^i_j \tag{9.23}$$

Полагаем, что процесс производства стоимости в каждой отрасли (помеченной индексом i, $i = 1, 2, \ldots, n$) описывается по аналогии с уравнениями (6.29), так что отраслевое производство стоимости Z^i вычисляется по системе уравнений

$$\begin{aligned}
Z^i &= \xi^i K^i, \\
\frac{dK^i}{dt} &= \delta^i K^i, \quad \delta^i = \frac{\nu^i + (1-\overline{\lambda}^i)\mu^i}{\overline{\lambda}^i}, \quad \mu^i = \mu^i(t), \quad \overline{\lambda}^i = \overline{\lambda}^i(t), \\
\frac{dL^i}{dt} &= \nu^i L^i, \quad \nu^i = \nu^i(t), \\
\frac{dP^i}{dt} &= \eta^i P^i, \quad \eta^i = \frac{\delta^i - (1-\alpha^i)\nu^i}{\alpha^i}, \quad \alpha^i = \frac{\ln\left(\dfrac{Z^i}{Z^i_0}\,\dfrac{L^i_0}{L^i}\right)}{\ln\left(\dfrac{L^i_0}{L^i}\,\dfrac{P^i}{P^i_0}\right)}
\end{aligned} \tag{9.24}$$

Каждой отрасли приписываются переменные:

Z^i - производство стоимости,
K^i - стоимость производственного оборудования,
L^i - потребление труда (трудозатраты),
P^i - использование замещающей работы,
α^i - технологический индекс.

Предполагается, что заданы характеристики производственной системы, перечисленные ниже

ξ^i_j – матрица предельных производительностей капитала. Компоненты матрицы должны быть заданы как функции времени или же могут вычисляться через компоненты фундаментальных технологических матриц: матрицы затраты - выпуск a^i_j и матрицы капитал - выпуск b^i_j как

$$\xi^i_j = \frac{\delta^i_j - a^i_j}{b^i}, \quad b^i = \sum_{l=1}^{n} b^i_l \qquad (9.25)$$

Компоненты матриц a^i_j и b^i_j вычисляются по эмпирическим данным по определениям (4.2) и (4.12). Временна́я зависимость компонент матриц связана с изменениями технологии производства и не может быть определена иначе в рассматриваемой модели.

μ^i – коэффициент выбытия производственного оборудования. При упрощении может быть принято, что эта величина имеет постоянное значение, одинаковое для всех продуктов во всех ситуациях.

ν^i – темп роста трудозатрат в каждом секторе следует задать как функцию времени.

$\overline{\lambda}^i$ – безразмерный технологический коэффициент следует задать как функцию времени.[1] Если величина $\overline{\lambda}^i < 1$, потребление (для единицы основного капитала) труда уменьшается, а потребление производительной энергии (замещающая работа производственного оборудования) увеличивается. Ситуация оказывается противоположной, если величина $\overline{\lambda}^i > 1$.

В рассматриваемой модели перечисленные величины являются фундаментальными характеристиками производственной системы и фиксируют применяемую технологию, так что можно сказать, что технология в многоотраслевой модели задана, если эти параметры известны.

Напомним, что система уравнений сформулирована при рассмотрении некоторых ограничений, и предполагаем, что не существует никаких других ограничений кроме ограничений на использование производственных факторов. Заметим, что система уравнений (9.24) справедлива для случая, когда все цены или, другими словами, денежная единица измерения стоимости остаётся постоянной в течение времени. Система может быть переформулирована для случая, когда цены

[1] Временна́я зависимость технологическх коэффициентов сводится в принципе к фундаментальной временно́й зависимости компонент матриц a^i_j и b^i_j (см. раздел 9.6, соотношения 9.35).

изменяются. В этом случае следует ввести индексы цен и новые переменные для отраслевого производства стоимости, измеренного в текущих денежных единицах, $\hat{Z}^i$, вместо переменных Z^i (см. уравнение 9.14). Следует также добавить некоторые уравнения для индексов цен продукта p_i, $i = 1, 2, \ldots, n$, которые оказываются в числе новых переменных. Некоторые принципы формулировки уравнений для индексов цен будут обсуждаться в главе 10.

9.4.2 *О решении системы уравнений*

Записанные выше уравнения (9.23) - (9.24) определяют траекторию развития выпуска многоотраслевой производственной системы. Для определения задачи Коши системы эволюционных уравнений должны быть известными начальные значения всех переменных, то есть,

$$Z^i(0), \quad K^i(0), \quad L^i(0), \quad P^i(0), \quad \alpha^i(0), \tag{9.26}$$

в то время как начальное значение основного капитала должно соответствовать начальным значениям выпуска и предельной производительности $K^i(0) = Y^i(0)/\xi^i(0)$. Начальные значения трудозатрат $L^i(0) = L_0^i$ и работы замещения $P^i(0) = P_0^i$ могут быть выбраны произвольно. Задача может быть решена численными методами.

При заданных начальных значениях переменных система эволюционных уравнений позволяет нарисовать картину развития любой экономики, при заданной программе будущего развития в терминах четырех групп величин ξ^i, μ^i, ν^i и $\overline{\lambda}^i$. Уравнения включают ограничения на темпы роста производственных факторов, которые не определены явно, так что следует следить за тем, чтобы вычисленные значения производственных факторов K^i, L^i и P^i, не превышали доступные значения величин, что приводит к некоторым дополнительным ограничениям на программу развития. Конечное потребление и запас промежуточных продуктов оказываются следствием решения задачи о развитии системы. Заметим, что не возникает никакой необходимости в процедурах подгонки, но, чтобы установить начальные значения и представить программу развития, следует знать кое-что об исследуемой экономике.

Можно думать, что сформулированные уравнения отражают некоторые универсальные особенности развития производственной системы. В обсуждаемой теории, экономический рост сопряжен с ростом работы замещения и технологическими изменениями. Установление связи экономического развития и полезного потребления энергии, можно полагать, является критическим для конструирования надлежащих моделей, генерирующих сценарии развития, и большие усилия и много денег было потрачено для того, чтобы создать несколько различных имитационных моделей энерго-экономических систем (Wene, 1996). Имитационные модели основаны на описании многочисленных деталей внутренних процессов, но требуют очень много исходной информации (многих эмпирических параметры). В отличие от этого, феноменологические модели такого рода как описано выше, имеют дело с агрегированными переменными и выглядят проще. Они могут быть полезными при генерировании надежных сценариев развития глобальных и национальных экономических систем в макроэкономических терминах для правительств и банков.

9.5 Динамика трёхотраслевой системы

В качестве простого примера мы рассматриваем динамику производственной системы, состоящей из трех "чистых" (по Леонтьеву) отраслей, которые были описаны в разделе 2.1. Схема производственных процессов представлена в разделе 2.2.2 и в таблице 2.2. Первая отрасль производит средства производства и снабжает все отрасли материальными ресурсами; эта отрасль соответствует первому производственному подразделению Маркса, выпускающему средства и предметы труда. Вторая отрасль связана со стратегическими проектами и создает принципы организации (наука, научно-исследовательские и проектные работы, кодификация, произведения искусства), необходимые для организации производства во всех трёх отраслях; эта отрасль соответствует второй отрасли в схеме Хорвата (Horvat, 1973). Третья отрасль производит товары и услуги для текущего потребления, продукт отрасли полностью потребляется; этой отрасли соответствует производственное подразделение Маркса, выпускающее предметы потребления. Мы прилагаем наши рассуждения к динамике производственной системы России с начала двадцать первого века.

9.5.1 *Балансовые соотношения*

Производство организовано для выпуска продуктов конечного потребления, но для этого необходимы многие другие продукты. Часть валового выпуска каждой из трёх рассматриваемых отраслей распределяется, вообще говоря, по всем отраслям для производственного промежуточного потребления, так что соотношения (4.6) в этом случае могут быть записаны в виде

$$\begin{aligned} X_1 &= a_1^1 X_1 + a_1^2 X_2 + a_1^3 X_3 + Y_1 \\ X_2 &= a_2^1 X_1 + a_2^2 X_2 + a_2^3 X_3 + Y_2 \\ X_3 &= a_3^3 X_3 + Y_3 \end{aligned} \tag{9.27}$$

Конечный продукт первой отрасли Y_1 представляет валовые инвестиции производственного оборудования $Y_1 = I^1 + I^2 + I^3$ во все отрасли. При накоплении, ивестиции образуют основные производственное фонды (производственное оборудование в широком смысле); распределение основных фондов по отраслям в соответствии с обшим выражением (4.12) считаем пропорциональным валовым выпускам отраслей

$$\begin{aligned} K_1 &= b_1^1 X_1 + b_1^2 X_2 + b_1^3 X_3, \\ K_2 &= 0, \\ K_3 &= 0. \end{aligned} \tag{9.28}$$

Вторая отрасль создает стратегические продукты, часть которых, представляющая, в частности, инвестиции в 'человеческий капитал (human capital)' и технический прогресс Y_2, сохраняется. Продукт третьей отрасли не используются, по определению, в производстве продуктов других отраслей, но возможно внутриотраслевое промежуточное потребление. Конечный продукт третьей отрасли Y_3 полностью потребляется с нормой потребления на работающего c, по предположению равной для работников всех трёх отраслей, так что можно записать $Y_3 = c(L^1 + L^2 + L^3)$. Конечные выпуски отраслей Y_1, Y_2 и Y_3 используется для непосредственного потребления и валового накопления.

Стоимость, произведённая в отраслях, в соответствии с общим представлением (2.13) может быть записана как

$$\begin{aligned} Z^1 &= X_1 - a_1^1 X_1 - a_2^1 X_2 = V^1 + A^1 + S^1, \\ Z^2 &= X_2 - a_1^2 X_1 - a_2^2 X_2 = V^2 + A^2 + S^2, \\ Z^3 &= X_3 - a_1^3 X_1 - a_2^3 X_2 - a_3^3 X_3 = V^3 + A^3 + S^3. \end{aligned} \tag{9.29}$$

где V^1, V^2, V^3 представляет оплату труда (доход), A^1, A^2, A^3 обозначают стоимость части производственных фондов отрасли, использованных при создании валового выпуска (амортизация), и S^1, S^2, S^3 – прибавочный продукт в трёх отраслях, соответственно.

При рассмотрении уравнений (9.27) и (9.29) можно легко установить свойство модели: хотя стоимость произведённого в отрасли продукта Y_j не равна, вообще говоря, произведённой в отрасли стоимости Z_j (см. обсуждение в разделе 2.2.2), сумма стоимостей всех продуктов равна всему производству стоимости в системе

$$Y = \sum_{j=1}^{3} Y_j = \sum_{j=1}^{3} Z_j = Z.$$

9.5.2 *Уравнения эволюции*

Основная задача заключается в том, чтобы определить временну́ю зависимость компонент валового внутреннего продукта, для которого используем представление (9.7), то есть,

$$Y_j = \sum_{i=1}^{3} \xi_j^i K^i, \quad \xi_j^i = \frac{\delta_j^i - a_j^i}{b^i}, \quad b^i = \sum_{j=1}^{n} b_j^i, \quad j = 1, 2, 3. \tag{9.30}$$

Основные производственные фонды K^j, $j = 1, 2, 3$ могут быть найдены по первому из уравнений (9.1), имеющему вид

$$\frac{dK^i}{dt} = I^i - \mu K^i, \quad i = 1, 2, 3. \tag{9.31}$$

Структура производственной системы (соотношение между различными отраслями) задаётся двумя фундаментальными технологическими матрицами A и B, которые, в рассматриваемом случае, в силу определения отраслей (см. балансовые соотношения 9.27 и 9.28), имеют простой вид

$$\mathsf{A} = \begin{Vmatrix} a_1^1 & a_1^2 & a_1^3 \\ a_2^1 & a_2^2 & a_2^3 \\ 0 & 0 & a_3^3 \end{Vmatrix}, \quad \mathsf{B} = \begin{Vmatrix} b_1^1 & b_1^2 & b_1^3 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{Vmatrix}. \tag{9.32}$$

Все компоненты матриц неотрицательны. Заметим, что матрицы являются вырожденными, и это не исключение, но правило, поскольку существуют отрасли, продукт которых непосредственно потребляется (отрасль 3), а также отрасли, которые не производят инвестиционные продукты (отрасли 2 и 3). Матрицы A и B являются характеристиками системы, оценка значений компонент матриц выполняется на основе результатов изучения реальной производственной системы.

Как уже отмечалось, задача об эволюции производственной системы может быть сформулирована в различных приближениях, обсуждаемых в разделах 6.6.1 и 9.4.1. Специальный выбор трёх отраслей позволяет нам определить валовые инвестиции во все отрасли как конечный продукт первой отрасли, распределённый по трём отраслям, $Y_1 = I^1 + I^2 + I^2$. Значения инвестиций ограничены технологическими характеристиками отраслей и доступностью производственных факторов, как определено соотношением (9.4). На основе соотношений (9.30) записываем

$$I^1 + I^2 + I^2 = \xi_1^1 K^1 + \xi_1^2 K^2 + \xi_1^3 K^3, \tag{9.33}$$

и, устанавливая доли валовых инвестиций в каждую отдельную отрасль x_1, x_2, x_3, $(x_1 + x_2 + x_3 = 1)$, формулируем систему уравнений для компонент вектора основных фондов

$$\begin{aligned}
\frac{\mathrm{d}K^1}{\mathrm{d}t} &= (x_1\xi_1^1 - \mu^1) K^1 + x_1\xi_1^2 K^2 + x_1\xi_1^3 K^3, \\
\frac{\mathrm{d}K^2}{\mathrm{d}t} &= x_2\xi_1^1 K^1 + (x_2\xi_1^2 - \mu^2) K^2 + x_2\xi_1^3 K^3, \\
\frac{\mathrm{d}K^3}{\mathrm{d}t} &= x_3\xi_1^1 K^1 + x_3\xi_1^2 K^2 + (x_3\xi_1^3 - \mu^3) K^3.
\end{aligned} \tag{9.34}$$

Система уравнений (9.30) и (9.34) определяет компоненты выпуска, если заданы зависящие от времени величины: компоненты тензора продуктивности ξ_j^i, доли инвестиций в различные отрасли x_1, x_2, x_3, и отраслевые коэффициенты выбытия основных фондов μ^i, $i = 1, 2, 3$. Заметим, что все характеристики производственной системы и её изменений связаны непосредственно с действиями людей; мы можем сказать, что люди определяют *программу развития* в терминах перечисленных параметров.

9.5.3 *Идентификация начального состояния*

Рассматривая эволюцию производственной системы России, за начальный момент времени принимаем 2000 год; представление о состоянии системы в этом году составляем по публикациям Росстата (2003, 2008) и результатам предыдущей главы. Производственная система рассматривается как инструмент для производства конечного продукта (валового внутреннего продукта), стоимость которого в ряду других макроэкономиеских величин оценивается наиболее аккуратно. Величина ВВП не зависит от способа разбиения производственной системы на отрасли, и по данным Росстата (2003, табл. 12.1) суммарный конечный выпуск $Y = Z$ в 2000 году составил $7320 \cdot 10^9$ рублей в ценах 2000 года. Мы можем сослаться на аргументы предыдущей главы (раздел 8.5), чтобы записать, что в этом году компоненты конечного выпуска имели значения

$$\begin{aligned} Y_1(2000) &= 1167 \cdot 10^9\,\textit{рубль(2000)/год}, \\ Y_2(2000) &= 4230 \cdot 10^9\,\textit{рубль(2000)/год}, \\ Y_3(2000) &= 1923 \cdot 10^9\,\textit{рубль(2000)/год}. \end{aligned} \tag{9.35}$$

Значения компонент конечного выпуска, также как все оцениваемые далее величины удобно разместить в балансовой таблице. Таблица 9.1 воспроизводит таблицу 2.2 из второй главы, в которой символы величин заменены их численными значениями для России в 2000 году.

Технологические матрицы

Технологическая структура производственной системы задаётся матрицами (9.32) с компонентами, значения которых оцениваются непосредственно. В статистичских отчетах можно найти балансовые таблицы "затраты-выпуск" в разрезе большого числа продуктов/отраслей, например, балансовую таблицу для 22 отраслей (Росстат, 2006), фрагмент которой воспроизведен в приложении **A**. Чтобы перейти к трёхотраслевому представлению, очевидно, мы должны, прежде всего, судить о том, какая часть продукта каждой из 22 отраслей используется для непосредственного потребления, а какие части для накопления, а затем скомбинировать числа в столбцах и строках таблицы соответствующим образом. Непосредственно это сделать трудно, но в приложении **A** изложен метод перехода от многоотраслевого баланса к трём избранным отраслям и, на основе балансовой таблицы Росстата (Росстат, 2006) определена технологическая матрица

$$\mathsf{A} = \begin{Vmatrix} 0,0765 & 0,0712 & 0,0695 \\ 0,376 & 0,327 & 0,279 \\ 0 & 0 & 0,187 \end{Vmatrix}. \tag{9.36}$$

Эта матрица определена для 2003 года, но мы полагаем, что цифры пригодны для описания ситуации в 2000 году. Процедура оценки представляется вполне определённой, хотя довольно трудоёмкой, а надёжность результата зависит, в основном, от адекватности исходных статистических оценок конечного выпуска и коэффициентов межотраслевых затрат.

Матрица B тесно связана с матрицей предельной производительности капитала (см. формулу 9.30), и при оценке компонент этой матрицы мы опираемся на наблюдения валовой производительности основных фондов, обсуждаемой в главе 8; на рис. 8.8 приведены значения величины (кривая в ромбиках). Производительность основных фондов не постояна; в начальный период, от 2000 года, она возрастает, что связано, возможно, с восстановлением производства, затем колеблется, что связано, возможно, со случайными обстоятельствами. Для оценки компонент матрицы B мы принимаем среднее значение производительности для периода 2000-2018 годы равное 0,5. Эти соображения, при дополнительном предположении, что отраслевые производительности капитала имеют одинаковые значения, определяет матрицу

$$\mathsf{B} = \begin{Vmatrix} 1,4 & 0,7 & 3,0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{Vmatrix} \textit{ год.} \tag{9.37}$$

Значения компонент матрицы B могут быть уточнены при рассмотрении распределения основных фондов по отраслям, что может быть установлено по таблице 12.39 статистического сборника (Росстат, 2003).

Обратим здесь внимание, что, в силу указанных выше обстоятельств, точность выполненных оценок компонент матриц A и B не велика; значения компонент (9.35) и (9.36) следует рассматривать только в качестве иллюстративного примера. В силу недостаточной аккуратности оценок, нет смысла обсуждать возможные изменения и пульсации компонент матриц во времени, и мы относим указанные значения ко всему рассматриваемому периоду. Иными словами, мы полагаем, что производственная макроэкономическая структура, заданная матрицами A и B, остаётся неизменной при эволюции производственных процессов.

Матрица предельной производительности капитала (матрица фондоотдачи) образована по выражению (9.30) комбинацией компонент матриц A и B и при конкретном виде матриц (9.35) и (9.36) приобретает вид

$$\Xi = \begin{Vmatrix} 0,660 & -0,102 & -0,0232 \\ -0,268 & 0,961 & -0,0930 \\ 0 & 0 & 0,271 \end{Vmatrix} \textit{ 1/год.} \tag{9.38}$$

Таблица 9.1 Производство и распределение стоимости в России в 2000 году

валовый выпуск	2092	8437	2366	конечный выпуск	возмещение и прирост основного капитала	расходы на национальные проекты	личное потребление
2092	160	600	164	1167	1167	0	0
8437	785	2762	660	4230	0	4230	0
2366	0	0	443	1923	0	0	1923
производство стоимости	1147	5075	1099	7320			
потребление основного капитала	117	236	284	637	$A \leq I$		
прибавочная стоимость	720	3469	518	4708		$S \geq G$	
оплата труда	309	1369	296	1975			$V \geq C$

Мы полагаем значения компонент матрицы ξ^i_j неизменными для всего рассматриваемого периода (2000 - 2040). К матрице Ξ относятся все замечания относительно точности оценок компонент матриц A и B.

Оценка валового выпуска

Конечные продукты, указвнные в (9.35), являются частями валовых выпусков X_1, X_2, X_3. По данным Росстата (2003, табл. 12.1) суммарный валовой выпуск, как сумма стоимостей валового внутреннего продукта и промежуточного продукта, в 2000 году равнялся $13385 \cdot 10^9$ рублей 2000 года. При известных конечном выпуске и технологической матрице A соотношения (9.27) позволяют вычислить значения валовых отраслевых выпусков X_1, X_2, X_3, указанных в таблице 9.1 (все значения приведены к рублям 2000 года).

При любом разбиении системы на отрасли возникает необходимость учитывать наличие промежуточных (необходимых только для производства) продуктов. Общий объём промежуточных продуктов в 2000 году по данным Росстата (2003, табл. 12.1) составлял $6079 \cdot 10^9$ рублей. Эту величину следует распределить по продуктам и отраслям, чтобы заполнить соответствующие ячейки в таблице 9.1. Соотношения (9.27) и (9.29), при известных значениях компонент валового и конечного выпусков, X_1, X_2, X_3 и Y_1, Y_2, Y_3, а также значений отраслевых ихдержек $A^1 + V^1$, $A^2 + V^2$ и $A^3 + V^3$, накладывают некоторые ограничения на значения промежуточных продуктов, но не позволяют оценить величины промежуточных продуктов и найти распределение производства стоимости по отраслям однозначно. Значения, приведённые в таблице 9.1, вычислены по формуле

$$X_{jk} = a_{jk} X_k.$$

Для вычисления использованы значения (9.35) компонент технологической матрицы A, непосредственно оцененные в предыдущем разделе.

Распределение промежуточных продуктов по отраслям позволяет теперь оценить компоненты вектора производства стоимости

$$\begin{aligned} Z^1(2000) &= 1147 \cdot 10^9 \textit{ рубль(2000)/год}, \\ Z^2(2000) &= 5075 \cdot 10^9 \textit{ рубль(2000)/год}, \\ Z^3(2000) &= 1099 \cdot 10^9 \textit{ рубль(2000)/год}. \end{aligned} \tag{9.39}$$

Вычислением прибавочной стоимости по отраслям завершается заполнение балансовой части таблицы 9.1, демонстрирующей схему производственных отношений между отраслями.

Распределение производственных факторов

Основным производственным фактором является производственный труд людей. Полная величина трудозатрат в народном хозяйстве России в 2000 году приведена в таблице приложения **C**:

$$L(2000) = 118,8 \cdot 10^9 \textit{ человек-час/год}.$$

Можно сослаться на вторую строку формулы (9.10), определяющий вектор производства стоимости, и допустить, что производительность труда одинакова во всех отраслях, что позволяет, зная производство стоимости в отраслях, разбить общие трудозатраты на три части

$$\begin{aligned} L^1(2000) &= 18,61 \cdot 10^9 \textit{ человек-час/год}, \\ L^2(2000) &= 82,36 \cdot 10^9 \textit{ человек-час/год}, \\ L^3(2000) &= 17,83 \cdot 10^9 \textit{ человек-час/год}. \end{aligned} \tag{9.40}$$

Общий фонд оплаты труда в 2000 году составлял (без налогов) примерно около $2000 \cdot 10^9$ рублей (Росстат, 2003, таблица 12.5), что определяет оценку человека-часа работы примерно 16, 2 рублей/час, так что величины (9.40) определяют отраслевые значения оплаты трудатрат, указанные в таблице 9.1.

Материальной основой производственной системы являются основные производственные фонды (в широком смысле, с учётом домашнего имущества и прочих материальных накоплений) K, стоимость которых в 2000 году по оценкам Росстата (2003, таблица 12.35; 2008, таблица 11.21) равна примерно $21000 \cdot 10^9$ рублей 2000 года (все значения приведены к рублям 2000 года), однако в дальнейшем Росстат уменьшил (см. раздел 8.4 предыдущей главы) оценку до $17500 \cdot 10^9$ рублей 2000 года. Мы используем соотношение (9.30), чтобы вычислить распределение основных фондов по отраслям

$$\begin{aligned} K^1(2000) &= 2929 \cdot 10^9 \textit{ рубль(2000)}, \\ K^2(2000) &= 5906 \cdot 10^9 \textit{ рубль(2000)}, \\ K^3(2000) &= 7097 \cdot 10^9 \textit{ рубль(2000)}. \end{aligned} \tag{9.41}$$

Сумма отраслевых производственных фондов равна $16677 \cdot 10^9$ рублей 2000 года, что близко к оценкам Росстата. При коэффициенте выбытия $\mu^i \approx 0,04$ величны (9.41) определяют отраслевые значения потребления основного капитала, указанные в таблице 9.1. Эти величины рассматриваются как плата за использование производительной энергии (см. раздел 2.5.3).

Перечисленные значения представляют грубую оценку начальных значений основных величин, на которые опирается анализ функционирования системы. Заметим, что по Марксу сумма затрат на потребление основного капитала и оплата труда определяются как издержки производства, прибавочная стоимость иденфицируется как прибыль. Все цифры представляют денежную оценку меновой стоимости (цен производства по Марксу). Соотношение между меновыми ценами продуктов и суммой издержек производства и прибавочной стоимости обсуждается в разделе 4.2.2 четвертой главы.

9.5.4 *Эволюция системы при заданной программе*

Для описания наблюдаемых изменений валового внутреннего продукта (ВВП) и его составляющих во времени, показанных на рис. 9.1 значками, мы используем определяемую уравнениями (9.30) и (9.34) модель с известными начальными значениями переменных (9.38) и (9.41). Траектория развития определяется заданием матрицы продуктивности ξ^i_j, $j, i = 1, 2, 3$, долей инвестиций в различные отрасли x_j, $j = 1, 2, 3$ и значениями отраслевых коэффициентов выбытия основных фондов μ^j, $j = 1, 2, 3$. Все перечисленные величины являются, вообще говоря, функциями времени; их конкретные зависимости определяют траекторию развития.

Оценим вначале значения параметров системы, воспроизводящие реальную траекторию развития. Значения компонент матрицы продуктивности ξ^i_j, определеной выражением (9.37), считаем постоянными, иными словами, макроэкономическую структуру системы считаем неизменной в рассматриваемый период. Начальное значение коэффициентов выбытия основных фондов принимается равным $\mu^i = 0,04$ для того, чтобы вычисляемая траектория соответствовала начальным эмпирическим значениям ВВП. Полагаем, что все составляющие ВВП имеют такие же начальные значения коэффициента выбытия. Начальное распределение инвестиций по отраслям x_1, x_2, x_3 подбирается так, чтобы добиться наилучшего соответствия эмпирических оценок и теоретических зависимостей ВВП и его компонент. Это требование определяет доли инвестиций в различные отрасли

$$x_1 = 0,25, \quad x_2 = 0,465, \quad x_3 = 0,285.$$

Мы полагаем, что инвестиционная политика, то есть распределение инвестиций по отраслям, является консервативной и значения долей приняты неизменными для всего периода. Изменение траектории выпуска мы связываем с изменением значения отраслевых коэффициентов выбытия основных фондов $\mu^i, \quad i = 1, 2, 3$. Для достижения соответствия с эмпирическими наблюдениями полагаем, что значение коэффициентов выбытия основных фондов увеличиваются до $0,07$ в

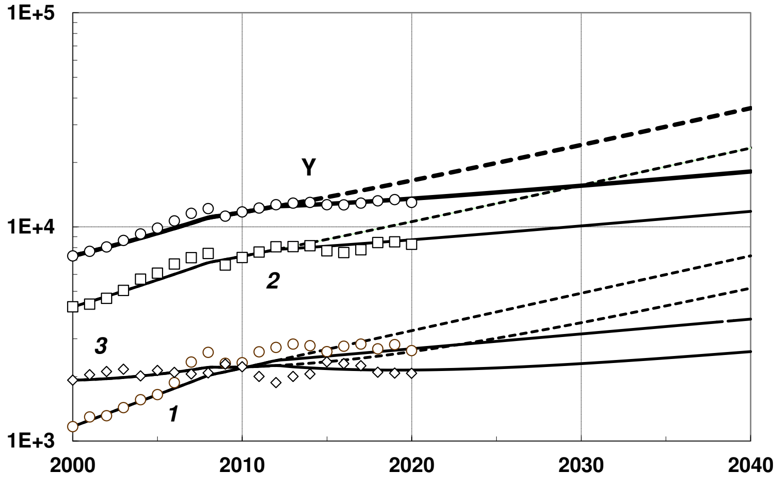

Рисунок 9.1 Сценарии развития экономики России

Траектории отраслевых выпусков (номера отраслей у кривых) вычислены по уравнениям (9.30) и (9.34). Верхние жирные линии представляют суммарный выпуск системы. Начальные участки кривых (до 2010 года) воспроизводят эмпирические значения переменных (точки со значками). Траектории развития при неизменной ситуации 2013 года представлены пунктирными линиями. Сплошные линии изображают выпуски при изменении коэффициента выбытия в 2014 году. Все оценки в миллиардах (10^9) рублей 2000 года.

2007 году и до 0,95 в 2013 и последующих годах. Траектории развития изображены на рис. 9.1 сплошными линиями. К концу периода (год 2040) ВВП и его компоненты выходят на экспоненциальный рост с асимптотическим значением темпа роста около нуля.

На рисунке 9.1 показаны также гипотетические траектории пунктирными линиями, когда предполагаем, что после 2013 года не происходит ни структурных сдвигов, определяемых изменениями значений компонент фундаментальных матриц, ни инвестиционной политики, фиксируемой значениями величин x_1, x_2, x_3, ни изменения отраслевых коэффициентов выбытия основных фондов. Гипотетические траектории развития выходят на экспоненциальный рост с асимптотическим значением темпа роста 0.044. Заметим, что расчитываемый таким образом рост может столкнуться с ограничениями, определяемыми доступностью рабочей силы и производительной энергии.

Использование рассмотренрых сценариев, конечно, не доказывает, что изменение темпа выпуска связано именно с изменением коэффициента выбытия; на темп выпуска влияют также изменение инвестиционной политики и производительности основных фондов. Рассмотренный метод позволяет демонстрировать влияние структурных изменений, инвестиционной политики, политики замещения оборудования и прочих предполагаемых возможных воздействиях на систему. Метод можно рассматривать как инструмент исследования тенденций развития и выработки экономической политики. Так, например, при необходимости изменить соотношение между величинами выпусков различных отраслей следует обратиться к изменению инвестиционной политики. Для увеличения темпов роста следует увеличить инвестиции в первую отрасль, производящую орудия производства. При этом, конечно, значения отраслевых инвестиций могут быть вычислены при рассмотрении инвестиционной программы, которая может быть сформулирована на основе соотношений раздела 9.5.5 с учетом правил налогообложения, расходов и сбережения, а также доступности рабочей силы и производительной энергии.

При рассмотрении мы неоднократно отмечали предположения, сделанные при оценке необходимых для вычисления величин, в частости, указывали на приблизительный характер оценок компонент матрицы (9.37), так что описанную картину развития России следует рассматривать не как какой-либо прогноз, а как демонстрацию метода и правил построения сценариев развития при наличии аккуратных экономических оценок и наблюдений.

9.5.5 *Планирование производственной деятельности*

Записанные в разделе 9.5.2 уравнения позволяют определить конечный выпуск производственной системы при известной матрице производительности и при заданном распределении инвестиций, которые играют роль управляющих параметров; однако, как уже отмечалось в предыдущем разделе, при этом остаётся произвол в назначении этих параметров, и, чтобы ислючить произвол, мы можем рассмотреть ограничения на выбор отраслевых инвестиций. Для этого мы обращаемся к балансовым соотношениям (9.27), которые опредляют компоненты валового выпуска X_1, X_2 и X_3 при заданных комонентах конечного выпуска Y_1, Y_2 и Y_3. Мы учитываем, что в производственную деятельность включена банковская система таким образом, как она описана в третьей главе, и обращаемся к соотношениям (3.5), которые, при замене буквенных индексов на цифровые, позволяют определить выражения для компонент конечного выпуска

$$\begin{aligned}
Y_1 &= -a_1^2 X_2 - a_1^3 X_3 + a_2^1 X_1 \\
&\qquad +I^1 + V^1 + T_1 + (\kappa - r_1) D_1 + q_1 B_1 + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(D_1 - B_1) \\
Y_2 &= -a_2^1 X_1 - a_2^3 X_3 + a_1^2 X_2 \\
&\qquad +I^2 + V^2 + T_2 + (\kappa - r_2) D_2 + q_2 B_2 + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(D_2 - B_2) \\
Y_3 &= a_1^3 X_3 + a_2^3 X_3 \\
&\qquad +I^3 + V^3 + T_3 + (\kappa - r_3) D_3 + q_3 B_3 + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(D_3 - B_3)
\end{aligned} \tag{9.42}$$

Здесь также учтено, что символы для потоков денег из отрасли в отрасль в уравнении (3.5) переписаны как сумма стоимости перемещаемых продуктов с некоторой добавкой, связанной с оплатой банковских услуг, например, $M_{\text{K}\to\text{S}} = a_2^1 X_1 + \epsilon_2^1$. В итоге, при суммировании всех потоков в отрасли j добавки образуют некоторую величину κD_j. В уравнении (9.42) сохранены использованные в третьей главе обозначения для инвестиций I^j, фонда заработной платы работающих (включая предпринимателей) V^j, величины депозитов D_j и кредитов B_j. Налоговые поступления от отраслей обозначены символами T_1, T_2 и T_3 и не привязаны к определённой схеме налогообложения.[2]

Соотношения (9.27) и (9.42) определяют компоненты валового выпуска

$$\begin{aligned}
X_1 &= a_1^1 X_1 + a_2^1 X_1 \\
&\qquad +I^1 + V^1 + T_1 + (\kappa - r_1) D_1 + q_1 B_1 + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(D_1 - B_1) \\
X_2 &= a_1^2 X_2 + a_2^2 X_2 \\
&\qquad +I^2 + V^2 + T_2 + (\kappa - r_2) D_2 + q_2 B_2 + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(D_2 - B_2) \\
X_3 &= a_1^3 X_3 + a_2^3 X_3 \\
&\qquad +I^3 + V^3 + T_3 + (\kappa - r_3) D_3 + q_3 B_3 + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(D_3 - B_3)
\end{aligned} \tag{9.43}$$

[2] Возможны различные схемы налогообложения: по прибыли и доходу, как было записано в третьей главе, или же по потреблению производственных факторов, что обсуждается в тринадцатой главе.

Записанные выражения представляют разложение стоимости валового продукта отрасли по компонентам. Это разложение можно сравнить с разложением, представленным в столбцах таблицы 2.2 второй главы, что позволяет определить введённые там величины, прежде всего, выражения для произведённых в отраслях величин стоимостей

$$\begin{aligned} Z^1 &= X_1 - a_1^1 X_1 - a_2^1 X_1 \\ &\qquad = I^1 + V^1 + T_1 + (\kappa - r_1) D_1 + q_1 B_1 + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(D_1 - B_1) \\ Z^2 &= X_2 - a_1^2 X_2 - a_2^2 X_2 \\ &\qquad = I^2 + V^2 + T_2 + (\kappa - r_2) D_2 + q_2 B_2 + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(D_2 - B_2) \\ Z^3 &= X_3 - a_1^3 X_3 - a_2^3 X_3 \\ &\qquad = I^3 + V^3 + T_3 + (\kappa - r_3) D_3 + q_3 B_3 + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(D_3 - B_3) \end{aligned} \tag{9.44}$$

Соотношения (9.44) можно интерпретировать как распределение произведённой в каждой отрасли стоимости Z^1, Z^2, Z^3 по участникам производственной деятельности. Входящие в балансовые соотношения (9.42) - (9.44) величины: стоимость приобретаемых инвестиционных продуктов I^j, заработная плата работающим V^j, выплачиваемые налоги T_j и замороженная на банковских счетах стоимость не являются заданными, но и не могут быть произвольно назначенными; существуют некоторые ограничения, связанные с неисключаемыми затратами. Так, например, фонд заработной плата не может быть меньше некоторого уровня выживания работающих, налоги являются обязательными, но их величина является предметом торга между предпринимателями и правительством. Валовые инвестиции I^j в условиях развития должны превышать текущий износ оборудования A^j. Отметим, что оплату текущих банковских операций κD_j также следует отнести к неисключаемым расходам.

Напомним, что все три рассматриваемые отрасли являются производственными отраслями, созидающими реальные продукты, причем сумма отраслевых инвестиций представляет валовые инвестиции в народное хозяйство, собранные налоги и платежи центральный орган расходует на национальные проекты, а произведённый третьим сектором продукт полностью потребляется, что записываем как

$$I = I^1 + I^2 + I^3, \quad G = T_1 + T_2 + T_3, \quad C = V^1 + V^2 + V^3. \tag{9.45}$$

Каждая отрасль выпускает свой особый продукт, отличающийся характером его использования. Заметим, что произведённые в отраслях стоимости Z^1, Z^2, Z^3 определяются, через соотношения (9.10), производственными факторами: трудозатратами и замещающей работой. Величина факторов, используемых во всех отраслях ограничена; если и существует какой-либо принцип распредения ограниченного количества производственных факторов по отраслям, то он, по-видимому, является субъективным. При любом распределении ограниченность производственных факторов определяет предел масштаба производства.

Выражения (9.44) для распределения производства стоимости в отраслях с существующими ограничениями и дополнительными соотношениями дают основу для рассмотрения задачи о развитии системы как реализации трёх совместных инвестиционных проекта, целью которых явлеется, в конце концов, выпуск потребительских продуктов третьей отрасли, для чего, как можно заметить по соотношениям (9.42), необходимы продукты и остальных отраслей, так что задачу о развитии производственной системы можно рассматривать как единый инвестиционный проект. Как правило, при исполнении инвестиционного проекта привлекаются заёмные денежные ресурсы; накопление денег на банковсих счетах необходимо при подготовке производственных или потребительских проектов. На основе уравнений (9.44) может быть рассмотрена проблема влияния денег на, как говорят, реальное производство - проблема, которая обычно рассматривалась (Keynes, 1936; Minsky, 2008) на примере одно-отраслевого приближения (см. также раздел 6.4.1).

9.6 Технологические коэффициенты и технологические матрицы

В качестве характеристик технологии, определяемой уровнем развития науки и прикладных исследований, в главе 4 были введены фундаментальные технологические матрицы A и B, а в разделе 5.2 – технологические коэффициенты λ и ε. Можно предположить, что перечисленные величины связаны друг с другом. По крайней мере, мы можем попробовать установить некоторые соотношения в рамках многоотраслевой модели производственной системы.

Оборудование, произведенное в отрасли j, характеризуется первичными технологическими коэффициентами λ_j и ε_j. Инвестиции в основное производственное оборудование отрасли j представлено смесью продуктов с различными технологическими коэффициентами

$$\lambda^j = \sum_{i=1}^{n} \frac{I_i^j}{I^j} \lambda_i, \qquad \varepsilon^j = \sum_{i=1}^{n} \frac{I_i^j}{I^j} \varepsilon_i, \qquad I^j = \sum_{i=1}^{n} I_i^j, \tag{9.46}$$

где I_i^j - валовые инвестиции продукта i в отрасль j. Последние соотношения могут быть написаны в другой форме. Прежде всего, мы преобразовываем первое из уравнений (9.32) следующим способом, суммируя

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda^i I^i = \sum_{l=1}^{n} \lambda_l I_l.$$

Затем мы используем формулы (4.18) для инвестиций I_l, предполагая, что коэффициенты $\overline{b_l^i}$ являются постоянными, и находим

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda^i I^i = \sum_{i,l=1}^{n} \overline{b_l^i} \lambda_l I^i.$$

В силу произвольности значений отраслевых инвестиций I^i, мы имеем для технологических коэффициентов

$$\lambda^j = \sum_{i=1}^{n} \overline{b_i^j} \lambda_i, \qquad \varepsilon^j = \sum_{i=1}^{n} \overline{b_i^j} \varepsilon_i. \tag{9.47}$$

Очевидно, что первичные технологические коэффициенты λ_i и ε_i зависят только от количества продуктов, используемых в производстве, и мы можем записать

$$\begin{aligned} \lambda_i &= \lambda_i(X_1^i, X_2^i, \ldots, X_n^i), \\ \varepsilon_i &= \varepsilon_i(X_1^i, X_2^i, \ldots, X_n^i). \end{aligned}$$

Можно предположить, что технологические коэффициенты не зависят от масштаба производство, таким образом, технологические коэффициенты являются однородными функциями нулевой степени, то есть, в качестве аргументов функций следует использовать отношения продуктов. В силу уравнения (4.2), технологические коэффициенты могут быть записаны как функции компонент технологической матрицы A

$$\begin{aligned} \lambda_i &= \lambda_i(a_1^i, a_2^i, \ldots, a_n^i), \qquad (9.48) \\ \varepsilon_i &= \varepsilon_i(a_1^i, a_2^i, \ldots, a_n^i), \end{aligned}$$

где i - индекс отрасли, выпускающего производственное оборудование.

Таким образом, можно записать для отраслевых технологических коэффициентов

$$\lambda^j = \sum_{i=1}^{n} \overline{b_i^j} \lambda_i(a_1^i, a_2^i, \ldots, a_n^i), \tag{9.49}$$

$$\varepsilon^j = \sum_{i=1}^{n} \overline{b_i^j} \varepsilon_i(a_1^i, a_2^i, \ldots, a_n^i).$$

Технологические коэффициенты определены как функции компонент фундаментальных технологического матриц A и B, которые считаем зависящими от времени (см. раздел 4.1). Далее, зависимость (9.35) должна быть конкретизирована по эмпирическим данным, и, конечно, возможное приближение зависит от нашего выбора отраслей. Число отраслей, которое мы должны принять во внимание, должно быть довольно большим, чтобы можно было бы размышлять о технологических изменениях. В противном случае, приближение может оказаться недостаточным для того, чтобы описать особенности технологических изменений: внутриотраслевые технологические изменения окажутся возможными. Мы можем проиллюстрировать установленные общие соотношения на простом примере производственной система с тремя отраслями, в которой только одна отрасль производит производственное оборудование с технологическими коэффициентами λ_1 и ε_1. В этом простом случае, основное оборудование во всех отраслях является продуктом первой отрасли

$$\lambda^1 = \lambda^2 = \lambda^3 = \lambda_1, \quad \varepsilon^1 = \varepsilon^2 = \varepsilon^3 = \varepsilon_1.$$

Согласно выражению (9.34), технологические коэффициенты могут быть записаны в виде функции компонентов технологической матрицы A

$$\lambda_1 = \lambda_1(a_1^1, a_2^1), \qquad \varepsilon_1 = \varepsilon_2(a_1^1, a_2^1).$$

Можно полагать, что увеличение продукта науки и исследований, то есть продукта второй отрасли, обеспечивает технологический прогресс, таким образом, зависимость может быть аппроксимирована простым способом

$$\lambda_1 \sim \left(\frac{a_2^1}{a_1^1}\right)^{-v}, \qquad \varepsilon_1 \sim \left(\frac{a_2^1}{a_1^1}\right)^{-u}.$$

Это определяет уменьшение коэффициентов λ_1 и ε_1 при положительных значениях индексов v и u.

Литература

Росстат (2003) Российский статистический ежегодник. 2003: Стат.сб./Госкомстат России. - М., 2003. - 705 с.

Росстат (2006) Система таблиц "Затраты - Выпуск"России за 2003 год: Стат. сб./ Росстат. - М., 2006. - 116 с.

Росстат (2008) Российский статистический ежегодник. 2008: Стат.сб./Росстат. - М., 2008. - 847 с. https://gks.ru/bgd/regl/B03_11/IssWWW.exe/Stg/d010/i011150r.htm

Horvat Branko (1973) Labour-time prices of production and the transformation problem in a socialist economy. Kyklos, Wiley Blackwell, vol. 26(4), pages 762-786.

Keynes J.M. (1936) The General Theory of Employment, Interest and Money by John Maynard Keynes, published by Macmillan Cambridge University Press, for Royal Economic Society.

Leontief W.W. (1936) Quantitative input and output relations in the economic system of the United States. Review of Economic Statistics 18: 105-125.

Leontief W.W. (1941) The Structure of the American Economy 1919–1939. Harvard University Press, Cambridge MA.

Leontief W.W. (1986) Input-Output Economics, 2nd Ed. Oxford University Press, New York, Oxford.

Minsky H. (2008) Stabilizing an unstable economy. McGraw-Hill (First edition published in 1986 by Yale University Press). Перевод: Мински, Х. Стабилизируя нестабильную экономику / Хайман Мински; пер. с англ. Ю. Каптуревского; под науч. ред. И. Розмаинского. - М.; СПб: Изд-во Института Гайдара, Факультет свободных искусств и наук СПбГУ, 2017. - 624 с. - (Новое экономическое мышление).

Pokrovski V.N. (1999) Physical Principles in the Theory of Economic Growth. Ashgate Publishing, Aldershot.

Sraffa P. (1975) Production of Commodities by Means of Commodities: Prelude to a Critique of Economic Theory. Cambridge University Press, Cambridge *etc.*

Wene C.-O. (1996) Energy-economy analysis: Linking the macroeconomic and systems engineering approaches. Energy 21: 809-824.