

МНОГООТРАСЛЕВАЯ МОДЕЛЬ СИНТЕЗА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ВОСПРОИЗВОДСТВА И КОНЕЧНЫМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ

Гусев В.Б., Куракин П.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия

gusvbr@ipu.ru, pvkurakin@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрена модель синтеза управления системой воспроизводства. Модели управления экономической системой воспроизводства используют различные эффекты внешнего воздействия, выражающиеся в изменении структуры её технологического ядра. Цель работы заключается в исследовании методов синтеза структурного управления технологическим ядром системы воспроизводства при обратимых и необратимых преобразованиях системы воспроизводства.

Ключевые слова: синтез структурного управления, система воспроизводства, технологическое ядро, преобразование технологической матрицы, оптимальная реструктуризация.

Введение

Процесс реструктуризации технологического ядра воспроизводства может сопровождаться обратимыми и необратимыми изменениями. Реализация управления сопровождается обратимым изменением технологических связей, когда к их исходному состоянию можно вернуться обратным изменением управляющих параметров. Будем называть такое изменение вращением технологических связей. Путём повторных этапов оптимизации и вращения система воспроизводства может достигать максимального значения продуктивности. Реализация такого пути реструктуризации предполагает наличие механизмов централизованного финансирования. Важным условием осуществления поэтапного роста продуктивности путём вращения является использование накопленной суммы избыточного производственного ресурса на каждом этапе реструктуризации технологического ядра. Такое преобразование технологических связей можно сравнить с механическим вращением твёрдого тела вокруг неподвижной точки в поле тяжести, когда центр тяжести тела, поднимаясь, увеличивает потенциальную энергию тела – аналог продуктивности системы воспроизводства.

Другой способ управления системой воспроизводства заключается в изменении структуры и объёма конечного потребления. Будем называть такой (необратимый) способ управления деформацией технологических связей. Этот способ также предполагает наличие определённого резерва производственных ресурсов. Достигнутое в результате такого управления состояние технологического ядра является необратимым для операций вращения. С точки зрения механической аналогии можно рассматривать такую деформацию тела (или смещение неподвижной точки), после которой вращением достигается большее значение потенциальной энергии.

Однако, синтез оптимального вращения и деформации может дать гарантированный рост продуктивности до величины, большей, чем та, которую можно достигнуть без деформации. Процессы изменения управляющих параметров – вращения и деформации технологических связей – должны происходить совместно. Параллельно с процессом воспроизводства в случае недостачи резерва производственных ресурсов запускается процесс формирования дополнительных мощностей. Стимулом процесса фондообразования может служить рост доли конечного потребления в выпуске продукции, который в свою очередь может достигаться стимулированием соответствующего конечного спроса.

1. Основные понятия

Применение оптимизационных процедур позволяет в рамках располагаемых ресурсов существенно повысить продуктивность системы воспроизводства, которую можно определить как отношение валовой добавленной стоимости (ВВП) W к валовому объёму промежуточных затрат X :

$$\pi = W / X$$

Обозначим V – валовой выпуск, тогда коэффициент промежуточного потребления равен $a = X/V$, валовой выпуск $V = W + X$, отсюда $\pi = 1/a - 1$.

Пусть объём выпуска i -й отрасли V_i многоотраслевой экономической системы, имеющей n отраслей, образует вектор \mathbf{V} . Изменение объёмов выпуска задаётся вектором индексов выпуска \mathbf{v} . X_{ij} – матрица объёмов затрат ресурсов в процессе воспроизводства, $i, j = 1, \dots, n$. Здесь j – номер отрасли, занятой в производстве ресурса номер i , – вектор прямых затрат,

$$X_i = \sum_{j=1}^n X_{ij}$$

Будем предполагать, что затраты на выпуск, включающие фондообразование, конечное потребление, чистый экспорт, линейно зависят от объёмов выпуска. Коэффициенты удельных затрат вычисляются по формуле:

$$a_{ij} = X_{ij}/V_j \quad (1)$$

и образуют матрицу удельных затрат $\mathbf{A} = [a_{ij}]$, имеющую спектр S . Матрица \mathbf{A} задаёт структуру и состояние технологического ядра системы воспроизводства [1]. С учётом (1) уравнение баланса принимает вид

$$\mathbf{V} = \mathbf{A}\mathbf{V} + \mathbf{C} + \mathbf{R} \quad (2)$$

где \mathbf{C} – вектор конечного потребления, \mathbf{R} – вектор накопления (включающего фондообразование и чистый экспорт). В [2] показано, что тогда и только тогда, если максимальное собственное (фробениусово) число матрицы \mathbf{A} меньше 1, то матрица \mathbf{A} продуктивна и уравнение (2) имеет положительное решение. В этом случае численная мера продуктивности λ , введённая выше, получает положительное значение.

2. Балансовая модель влияния конечного потребления на параметры воспроизводства

Пусть \mathbf{V}_c – часть вектора выпуска, требуемая для обеспечения прироста конечного потребления объёмом c . Требуется рассчитать вектор сбалансированного выпуска как функцию стоимости дополнительного потребления $\Delta\mathbf{V}_c = \mathbf{V}_c - \mathbf{V}_0$. Прирост вектора выпуска при дополнительном накоплении \mathbf{R}_c связан с приростом конечного потребления уравнением:

$$\Delta\mathbf{V}_c = \mathbf{B}(\Delta\mathbf{C} + \mathbf{R}_c / f_0)$$

где $\mathbf{B} = (\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1}$ матрица полных затрат, f_0 – коэффициент фондоотдачи, означающего объем производственной мощности на единицу её стоимости, \mathbf{R}_c / f_0 – затраты на наращивание производственных мощностей.

Прирост конечного потребления имеет структуру \mathbf{d} :

$$\Delta\mathbf{C} = \mathbf{d}c,$$

где c – заказанный (плановый) объем прироста конечного потребления, \mathbf{d} – вектор структуры потребления

$$\mathbf{d} = \mathbf{C}_0 / \|\mathbf{C}_0\|,$$

\mathbf{C}_0 – начальный вектор конечного потребления рассматриваемого сектора экономики.

Пусть eps – коэффициент резерва производственных, трудовых и материальных ресурсов, тогда ограничения на выпуск имеют вид

$$\mathbf{V}_c \leq \mathbf{V}_0 \cdot (1 + eps).$$

С учётом наличия резерва ресурсов дефицит мощностей имеет вид

$$\mathbf{R}_c = \max(0, \Delta\mathbf{V}_c - eps \cdot \mathbf{V}_0) \quad (3)$$

Тогда

$$\Delta\mathbf{V}_c = \min(\mathbf{B}(\Delta\mathbf{C} + \mathbf{R} / f_0), \mathbf{R} + \mathbf{V}_0 \cdot eps) \quad (4)$$

где $\mathbf{R} = \mathbf{R}_c * q$ – скорректированный в соответствии с социальной ориентированностью экономической политики объем накопления. Множитель выбирается так, чтобы зависимость прироста конечного потребления от планируемого объема прироста конечного потребления c была монотонной. Для выбора множителя можно использовать оптимизационную процедуру

$$\max_{q \geq 0} \|\Delta\mathbf{C}\| \quad (5)$$

Вектор добавленной стоимости (внутреннего продукта), обусловленный изменением конечного спроса, равен

$$\mathbf{W}_c = \mathbf{V}_c - \mathbf{X}_c = \mathbf{V}_c - \mathbf{A}\mathbf{V}_c$$

Соответствующий вектор прироста конечного потребления равен

$$\Delta \mathbf{C} = \mathbf{W}_c - \mathbf{R}_c / f_0$$

При решении системы уравнений (3), (4) предполагается, что покрытие дефицита \mathbf{R} осуществляется как за счёт производственных резервов, так и за счёт внутреннего продукта, образующегося в цикле воспроизводства за соответствующий отрезок времени. В результате увеличения конечного потребления, и в силу кусочно-линейной зависимости параметров от начального выпуска \mathbf{V}_0 , происходит изменение промежуточных затрат ΔX_{ij} продукта i в отрасли j , вызванное изменением выпуска, соответствующим приросту вектора конечного потребления. Тогда коэффициенты матрицы удельных затрат изменяются следующим образом:

$$a_{ij}^* = (X_{0ij} + \Delta X_{ij}) / V_i = (X_{0ij} + a_{ij} \cdot \Delta C_j) / V_i \quad (6)$$

Преобразование (6) матрицы \mathbf{A} в результате изменения конечного потребления приводит к изменению продуктивности $\pi = W / X$, а также и её собственных значений, и следовательно, это преобразование можно назвать деформацией технологического ядра. Осуществление такой деформации может происходить как в условиях локального финансирования фондообразующих затрат, так и в условиях централизованного финансирования.

3. Модель структурной оптимизации воспроизводства

Рассмотрим задачу оптимизации структуры выпуска. Нижняя граница коэффициента прямых затрат a в предположении независимости коэффициентов материалоемкости от объёмов выпуска определяется из соотношения для индексов выпуска $v_i, i = 1, n$:

$$av_i \geq \sum_{j=1}^n a_{ij} v_j, \quad i = 1, n$$

Расчёт оптимальной структуры выпуска с учётом предыдущего соотношения имеет вид задачи билинейного программирования [3] с критерием

$$\min_{a, v} a$$

при условии не убывания индексов выпуска v_i :

$$\theta \geq v_i \geq 1, \quad \theta > 1.$$

Подробное описание этой задачи представлено в [4].

При изменении индексов выпуска матрица \mathbf{A} слева умножается на диагональную матрицу \mathbf{D} с коэффициентами $D_{ii} = v_i$, а справа на \mathbf{D}^{-1} . Спектр S полученной матрицы остаётся неизменным [5]. Эти преобразования можно назвать соответственно объёмным вращением.

Учёт зависимости матрицы от индексов выпуска приводит к следующему виду задачи реструктуризации:

$$\begin{cases} \min_{a, v} a \\ av_i^2 \geq \sum_{j=1}^n a_{ij} v_j^2, \quad i = 1, n \\ \theta \geq v_i \geq 1, \quad \theta > 1 \end{cases} \quad (7)$$

Формально эту задачу можно свести к задаче билинейного программирования [3]. Оптимальное решение этой задачи даёт гарантированный прирост показателя продуктивности. Это решение можно поэтапно повторять, сопровождая его вращением матрицы \mathbf{A} .

4. Синтез структурного управления технологическим ядром системы воспроизводства

Изменение структуры конечного потребления изменяет технологическую структуру воспроизводства (6). При подключении в корзину потребления продукции высокотехнологичных отраслей это приводит к росту технологического потенциала системы воспроизводства. Оптимизационная процедура реструктуризации (7) позволяет реализовать этот потенциал в процессе поэтапного выбора отраслевых объёмов выпуска. Эффект роста потенциала продуктивности зависит в свою очередь от объёма конечного потребления, ограниченного располагаемыми ресурсами производства.

Синтез структурного управления включает шаги:

1. выбор структуры и объёма конечного потребления, обеспечивающего устойчивый прирост показателя продуктивности технологического ядра, расчёт оптимальной структуры выпуска в режиме использования консолидированного фонда,

2. сравнение показателя продуктивности в результате применения перечисленных мероприятий с их предыдущими значениями. В случае роста продуктивности возврат на шаг 1.

Эту последовательность можно повторять для достижения приемлемого результата.

5. Синтез структурного управления технологическим ядром системы воспроизводства

Для расчётов использовались Таблицы ресурсов и использования товаров и услуг Российской Федерации за 2020 год [6]. Эта таблица, как и таблицы Росстата предыдущих лет, содержит симметричный набор отраслей и видов продукции, что позволяет выделить в ней симметричную подтаблицу.

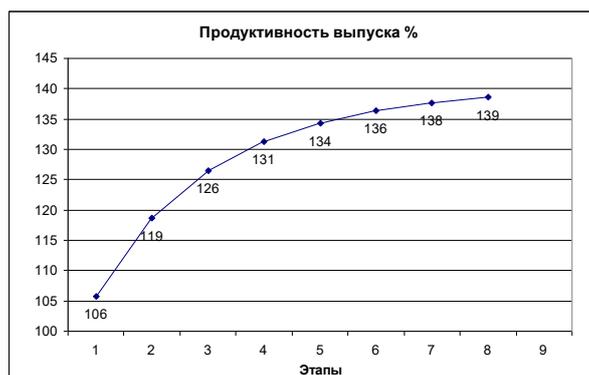


Рис. 1. Динамика продуктивности при начальном вращении технологического ядра

Потенциалы продуктивности и рентабельности совпадают и составляют 138%. Начиная с определённого этапа, экономические показатели стабилизируются, что означает переход в режим магистрали [7].

Далее рассчитывались значения объёмов выпуска V , ВВП W , фондообразования R , конечного потребления C , продуктивности π для заявленных объёмов конечного потребления (таблица в [6] для графы «итого расходы на конечное потребление»). Были получены следующие результаты (Рис. 2, 3).

Параметр фондоотдачи $fo=0,5$, коэффициент резерва $eps=0,2$. Все объёмные показатели измеряются в млн. руб.

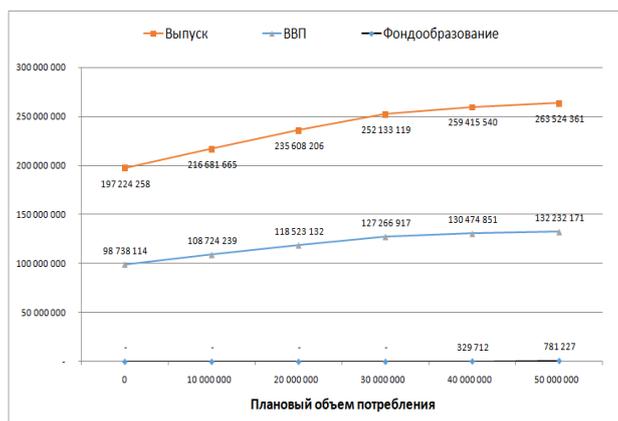


Рис. 2. Зависимость макропоказателей от планоого потребления сектора «расходы на конечное потребление»

Полученный выпуск растёт с добавочным потреблением нелинейно, поскольку учитывает наращивание основных фондов. Если он достаточно большой, необходимо учитывать дополнительные ограничения на трудовые ресурсы.

После синтеза управления потенциал продуктивности достигает 169%, что значительно превосходит его значение 139%, полученное после оптимизации без добавочного конечного потребления. При этом, максимум инфляции снижается с 8% до 4%.

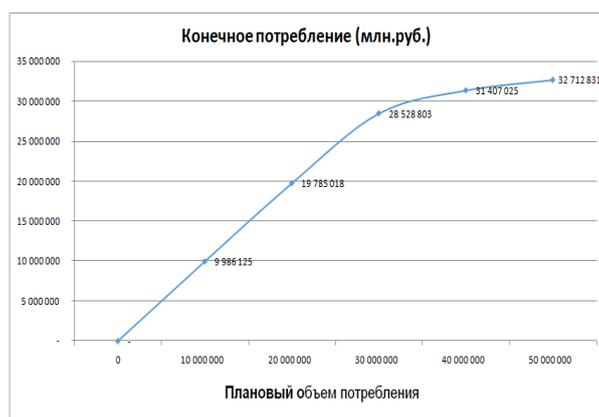


Рис. 3. Зависимость актуального объёма конечного потребления от планоого потребления сектора «расходы на конечное потребление»

6. Обсуждение

Представленные модели позволили соединить два подхода к структурному управлению технологическим комплексом экономики: консолидированный – с помощью оптимизационной модели и локальный – с помощью балансовой модели.

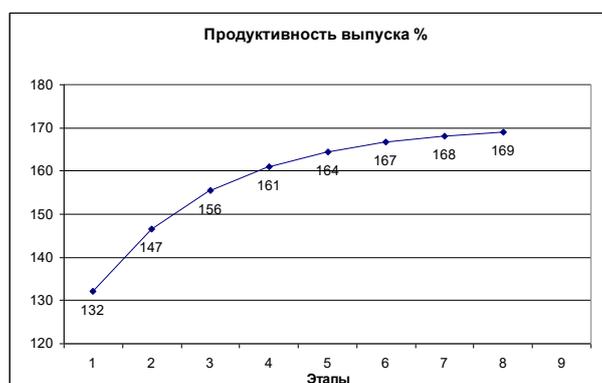


Рис. 4. Динамика продуктивности в результате синтеза управления

Консолидированное управление выводит экономику из состояния локального равновесия и увеличивает её продуктивность до потенциального максимума. Балансовая модель показала, каким образом процесс воспроизводства зависит от нагрузки экономической системы выпуском продукции конечного потребления. Синтез балансовой и оптимизационной моделей позволяет делать следующие выводы:

- В отличие от оптимизационной модели консолидированного управления, трансформация технологического ядра при изменении конечного потребления является необратимой и обусловлена изменением технологического потенциала воспроизводства.
- Прирост объёма конечного потребления меньше или равен заказанного объёма, а максимально возможный его прирост прямо зависит от коэффициента резерва *eps*.
- Уровень продуктивности экономики РФ на 2020 год ниже возможного уровня при консолидированном управлении [4] и в результате синтеза может быть увеличен от 100 до 169%.

7. Заключение

Балансовая модель, нацелена на решение проблемы материального обеспечения государственных программ или других потребностей. Она позволяет оценивать необходимые изменения выпуска, валового продукта, предельно возможные объёмы конечного потребления различных секторов экономики, а также оценки актуальной и равновесной продуктивности.

Оптимизационная модель позволила построить многоэтапный процесс расчёта структурной траектории, приближающей экономическую систему к оптимальному состоянию. Показано, что с применением консолидированного режима управления продуктивность экономики РФ может существенно возрасти уже на первых этапах реализации плана.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности развития институтов управления развитием технологической инфраструктуры экономики РФ [8-10]. Модели могут быть применены для уточнения программ среднесрочного развития экономики РФ, в том числе, проекта базового безусловного дохода [11], а также для решения задач материального обеспечения СВО. Полученные решения представляют собой рамочные значения экономических показателей в пределах заданной технологической базы.

Формирование планов развития экономики наряду с обеспечением её устойчивости [12] должно учитывать влияние конечного потребления домашних хозяйств на состояние внешней среды [13], а также быть согласованным с политикой использования природных ресурсов [14].

Перспективным направлением исследований является включение в метод синтеза управления реструктуризацией модели оптимизации индексов цен, а также разработка методов сочетания консолидированного и локального управления, позволяющих ускорять достижение устойчивого эффекта реструктуризации технологического ядра экономики.

Литература

1. *Леонтьев В.В.* Экономические эссе. Теории, исследования, факты и политика. (Essays in economics. Theories, theorizing, facts, and policies) Перевод на русский язык: В.Г. Гребенников, И.И. Андреева, Ю.М. Дыханов, Н.В.Павлов, Н.А. Раннева. Общая редакция перевода С.С. Шаталина и Д.В.Валового. (М.: Политиздат, 1990).
2. *Ашманов С.А.* Введение в математическую экономику. – М. Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1984. -296 с.
3. *Стрекаловский, А.С.* Биматричные игры и билинейное программирование: монография / А.С. Стрекаловский, А.В. Орлов. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 224 с. — ISBN 978-5-9221-0853-9.
4. *Гусев В.Б.* Экстремальные характеристики модели технологического ядра крупномасштабной экономической системы // Проблемы управления. 2021. № 6. С. 30-39.
5. *Гусев В.Б.* Бинарная модель управления реструктуризацией технологического ядра экономики // Проблемы управления. 2022. № 6. С. 14-25.
6. Таблицы ресурсов и использования товаров и услуг Российской Федерации за 2020 год (в текущих ценах, млн. руб.) Опубликовано Росстатом 26 января 2022 года. <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tri-2020.xlsx>
7. *Самуэльсон П., Дорфман Р., Солоу Р.* Linear Programming and Economic Analysis, 1958.
8. *Гусев В.Б.* Метод планирования реструктуризации и перехода к экономическому росту в условиях санкций // Математические методы в технологиях и технике. 2022. № 11. С. 84-87. DOI 10.52348/2712-8873_ММТТ_2022_11_84.
9. Индикативное планирование и проведение региональной политики / *В.Б. Гусев* и др. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 368 с.
10. *Антипов В.И.* "ГОСПЛАН. Вчера, сегодня, завтра" - М.: Концептуал, 2019. - 208 с.

11. *Бобков В.Н., Антипов В.И., Колмаков И.Б., Черных Е.А.* Моделирование сценариев преодоления абсолютной монетарной бедности в России на основе концепции безусловного базового дохода // *Уровень жизни населения регионов России*. 2021. Том 17. №2. С. 204–215. DOI: 10.19181/lsprr.2021.17.2.4.
12. *Chen C-W.* A Framework of Hybrid Method for Developing Optimal Sustainable Product Strategies and Sustainable Product Roadmap. *Sustainability*. 2024; 16(4):1374. <https://doi.org/10.3390/su16041374>.
13. *Nágela do Prado, Gustavo Herminio Moraes,* Environmental awareness, engaged consumption and organic products consumption. *Revista Pensamento Contemporâneo em Administração*. 2020. V 14. DOI 10.12712/rpca.v14i2.42212.
14. *Smith, Benjamin; Waldner, David* (2021). *Rethinking the Resource Curse*. Cambridge University Press. doi:10.1017/9781108776837. ISBN 9781108776837. S2CID 233539488.