

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ ЭКОНОМИКИ

Гусев В.Б.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия
gusvbr@mail.ru

Аннотация. Предмет анализа – эффективность существующего технологического потенциала экономики. Рассмотрена оптимизационная модель управления технологической структурой многоотраслевой экономики. Модель достигает цели роста продуктивности путем многоэтапного управления структурой выпуска группы отраслей-реципиентов, а также структурой потребных инвестиций, получаемых от группы отраслей-доноров.

Ключевые слова: Технологический потенциал, продуктивность, управление структурой выпуска, структура инвестиций.

Введение

Анализ статистики показывает, что имеющийся технологический комплекс РФ используется не в полной мере. В связи с этим построена модель управления технологической структурой многоотраслевой экономики, которая нацелена на рост ее продуктивности путем управления структурой выпуска набора отраслей-реципиентов. При этом требуемые инвестиционные средства могут быть получены за счет отраслей-доноров.

Модель может быть применена для уточнения программ среднесрочного развития экономики РФ, а также для решения задач материального обеспечения СВО. Полученные решения представляют собой рамочные значения экономических показателей в рамках заданной технологической базы экономики. В модели используются векторные соотношения баланса затраты-выпуск, метод решения задач билинейного программирования с дополнительными ограничениями, методы подобных преобразований и спектрального анализа технологических матриц, алгоритмы поиска устойчивых решений.

Приведены обоснования разработанных методов и доказательства их корректности [1, 2]. Рассматриваемые методы доведены до программной реализации. Произведены расчеты с использованием статистических данных РФ.

1. Методы

1.1. Индикаторы стабильного развития

Один из путей ускорения экономического роста заключается в поиске предпочтительной структуры параметров экономической деятельности и путей реализации этой структуры. Как показывают расчеты, такая возможность обоснована [3]. Предлагаемые подходы и методы являются новыми.

Продуктивность экономической системы определим, как отношение добавленной стоимости к промежуточным затратам

$$\pi = Y/Z,$$

где Y – добавленная стоимость (ВВП), Z – сумма промежуточных затрат. Обозначим V – валовой выпуск, материалоемкость $a = Z/V$, валовой выпуск $V = Y + Z$. Тогда

$$\pi = (V-Z)/Z = 1/a - 1.$$

Поскольку различные модели экономики имеют разную продуктивность, будем рассматривать задачу выбора модели с наибольшим значением продуктивности.

Потенциал продуктивности многоотраслевой экономической системы зависит от векторов выпуска V и цен P и определяется для модели экономики как

$$\pi^* = \max_{V,P} \pi.$$

Технологическим ядром экономической системы будем называть совокупность доступных для наблюдения и измерения видов экономической деятельности, достаточную для адекватного представления состояния этой системы. Расчеты показывают, что имеющийся потенциал технологического ядра экономики допускает существенное увеличение его продуктивности от

настоящего уровня. Реализация этого потенциала может с избытком компенсировать возможный объем потерь от внешних санкций.

1.2. Объемные условия воспроизводства

Предполагается, что заданы Z_{ij} – прямые затраты отрасли j на выпуск продукции или услуг вида i , V_j – выпуски продукции и услуг вида j . На основе этих данных вычисляются a_{ij} – коэффициенты удельных затрат:

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

Модель затраты-выпуски может быть представлена следующим соотношением

$$V_i(t) = \gamma \sum_{j=1}^n a_{ij} V_j(t),$$

где γ_i – индекс воспроизводства отрасли i .

Если полагать, что полные затраты блага равны их наличию (выпуску) в предыдущем периоде, то системный индекс воспроизводства γ определяется минимальным по всем видам благ индексом воспроизводства $\gamma = \min_i \gamma_i$. Формулировка оптимизационной задачи для структуры выпусков V_i с критерием максимума индекс воспроизводства выпуска γ имеет вид:

$$\max_{\gamma, V} \gamma, \quad (2)$$

с технологическим ограничением на выпуски продукции:

$$V_i(t) \geq \gamma \sum_{j=1}^n a_{ij} V_j(t), \quad (3)$$

удельными затратами a_{ij} продукта j на выпуск i .

Выпуски, удовлетворяющие условиям (2), (3) в натуральных показателях, являются *равновесными*. Показатель продуктивности может быть определен из решения этой задачи как

$$\pi^* = \gamma^* - 1, \quad (4)$$

в равновесном режиме имеем:

$$a^* = 1/\gamma^*.$$

Процедура расчета индикативного плана использует величины абсолютных и относительных выпусков. На первом шаге вектор абсолютных выпусков V^0 используется для перехода к относительным выпускам v^1 путем преобразования технологической матрицы

$$A^0 = D^0 A C^0, \quad v^1 = D^0 V^1,$$

где $D^0 = \text{diag}(V^0)$, $C^0 = (D^0)^{-1}$.

Далее решаются задачи поиска вектора относительных объемов выпуска v^k (k – номер этапа планирования)

$$A^k = D^{k-1} C^{k-1} \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} \max_{v^k} \gamma, \\ v^k \geq \gamma^k A^k v^k, \\ I \leq v^k \leq \theta \cdot I, \quad k = 1, 2, \dots \end{aligned} \right\}. \quad (6)$$

1.3. Стоимостные условия воспроизводства

В задаче (2) предполагается, что технология производства за один цикл не изменяется, т.е. натуральные коэффициенты удельных затрат постоянны. Решение этой задачи не зависит от цен на

блага, однако ее реальное использование затруднено тем обстоятельством, что для крупных производственных систем измерения производятся, как правило, в стоимостных показателях.

Если коэффициенты удельных затрат определяются на основе стоимостных показателей, а не натуральных, как в формуле (1), т.е.

$$a_{ij}^c = X_{ij}^c / V_j^c = X_{ij} p_i / (V_j p_j) = a_{ij} P_i / P_j, \quad (7)$$

где V_j^c – объем выпуска в стоимостном выражении, P_j – цена продукции отрасли j , то тогда задача балансировки структуры показателей для производственного цикла примет вид

$$V_i^c(t) = r \sum_j Z_{ji}(t) P_j \quad (8)$$

Используя это соотношение в стоимостном выражении и соотношение (1), получим

$$V_i^c(t) = V_i(t) P_i = r_i \sum_{j=1}^n a_{ji} V_j^c(t) P_j.$$

Считая, что коэффициент воспроизводства определяется минимальной по перечню благ рентабельностью, получим оптимизационную задачу для структуры цен

$$\left. \begin{aligned} \max_{r, p} \quad & r \\ p_i(t) \geq r \sum_{j=1}^n a_{ji}^c p_j(t), \quad & i = 1, 2, \dots, \\ I \leq p \leq \theta \cdot I \end{aligned} \right\}, \quad (9)$$

где $p_i(t) = P_i(t) / P_i(t-1)$ – индекс цены на продукт i .

Практическое использование рассматриваемого подхода предполагает этапный подход. Для каждого этапа при этом вводится дополнительное ограничение на степень отклонения от существующей структуры, соответствующее представлениям о допустимой скорости социально-экономических процессов.

1.4. Комбинированный план-прогноз развития экономики в объемных и ценовых показателях

Рассмотрим процесс расчета индикативной динамики объемных и ценовых показателей, приводящих к совместному равновесию выпусков и цен. Решения задач (6), (9) выполняются последовательно при заданной верхней границе $\theta > 1$ для рентабельности r и индекса воспроизводства γ . На такте k могут быть получены объемы индикативных выпусков и цен в абсолютных единицах:

Если решение задач балансировки (6), (9) использовать для корректировки коэффициентов удельных затрат, то повторное их решение даст индексы выпуска и цен в интервале от 1 до θ , а коэффициенты роста γ , r получат приращение тем меньшее, чем ближе решение к состоянию насыщения. При приближении к нему отрасли с критическими (малыми) предельными выпусками и ценами, получив соответствующие приращения, перестанут быть критическими. Кроме того, обновленные коэффициенты прямых затрат можно использовать в задаче балансировки объемов и цен (6), (9) на следующем этапе.

Согласованная равновесная пара цен и объемов выпуска обладает устойчивостью, поскольку рентабельности r и индексы воспроизводства γ в этом случае одинаковы для всех отраслей, что в перспективе приводит к равномерному развитию экономической системы. Однако, на начальных этапах ликвидации диспропорций отраслевые показатели изменяются весьма неравномерно.

Векторы выпуска и цен на этапе k рассчитываются по следующим формулам:

$$V^k = \prod_{j=k}^1 \text{diag}(v^j) \cdot V^0,$$

$$P^k = \prod_{j=k}^1 \text{diag}(p^j) \cdot P^0.$$

1.5. Равновесный режим воспроизводства

Равновесными индексами выпуска и цен являются собственные векторы технологической матрицы и транспонированной технологической матрицы соответственно. Для расчета собственного вектора и максимального собственного числа положительной шуровской матрицы \mathbf{A} (ее спектр меньше 1) удобно воспользоваться итерационной процедурой:

$$\begin{aligned}x^0 &= (1, 1, \dots, 1), \\y^k &= \mathbf{A} \cdot x^k\end{aligned}\quad (10)$$

$$x^{k+1} = \frac{y^k}{\|x^k\|}, k = 0, 1, 2, \dots \quad (11)$$

Собственное число матрицы \mathbf{A} , вычисляемое как предельное значение $a = \|x^k\|$, наибольшее среди всех ее собственных чисел. Это значение определяет *равновесную* продуктивность $\pi = 1/a - 1$. Она заведомо меньше продуктивности, полученной в результате процессов оптимизации (6), (9). Процесс (10), (11) имитирует неуправляемый извне режим воспроизводства для технологического ядра экономики, если интерпретировать x^k как вектор индексов выпуска или цен для момента k .

2. Результаты и обсуждение

2.1. Оптимизационная модель реструктуризации

Для получения индикативного плана, учитывающего совместное изменение объема выпуска и цен, решается серия задач оптимизации при ограничении допустимого изменения индексов в заданных границах. Границы изменения индексов цен определяются из требований допустимой инфляции или дефляции. Выбор 1 в качестве нижней границы индексов означает, что для отраслей в плане предусмотрено не уменьшение выпуска и цен.

Процесс реструктуризации формирует три группы отраслей: инвестирующие (подакцизные), инвестируемые и нейтральные.

Рассмотрим пример совместного планирования объемов выпуска и цен. Ниже показаны результаты расчетов

При расчетах величины v_i интерпретируются как индексы объемов выполняемых транспортных услуг, а p_i как индексы цен. Ограничения на них в предположении не убывания соответственно имеют вид

$$v_i(t) \geq 1, p_i(t) \geq 1, i = 1, \dots, n.$$

Для данных по многоотраслевой экономике РФ [5] были получены следующие кривые индикативной динамики индексов выпуска и цен, приводящие через определенное число шагов к сбалансированной структуре, что соответствует магистральному принципу для оптимизационных моделей экономики [6]. Для получения численного результата применялся программный пакет решения задач билинейного программирования и преобразований технологических матриц [2]. План рассчитывается при ограничениях на изменение индексов выпуска [1, 1.2] (рис. 1) и цен в интервале [1, 1.1] (рис 2).

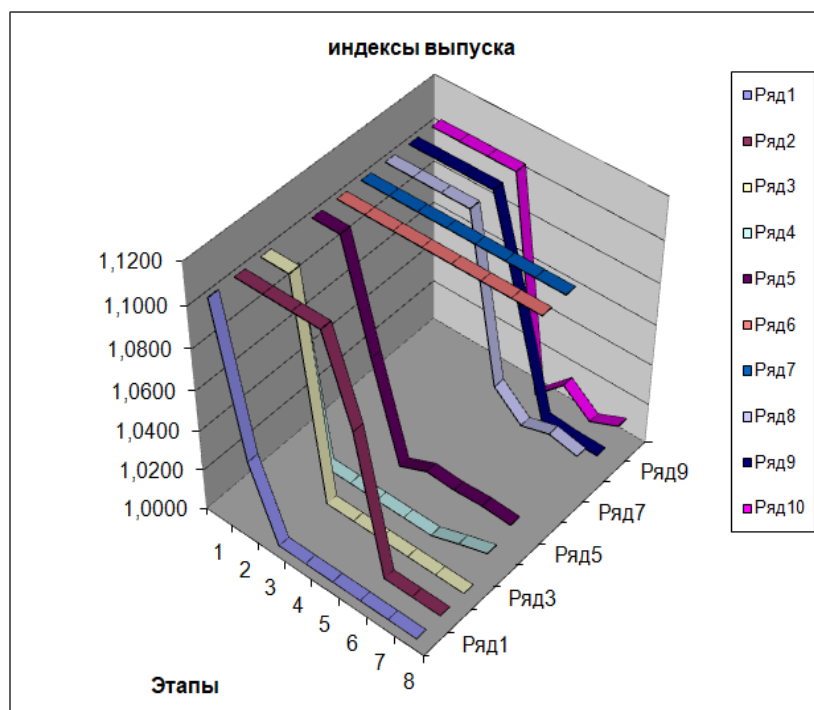


Рис. 1. Динамика индексов выпуска с диапазоном изменения [1, 1.2]

1. *Производство горнодобывающих производств*
2. *Продукты пищевые, напитки, изделия табачные*
3. *Кокс и нефтепродукты*
4. *Средства транспортные и оборудование, прочие*
5. *Сооружения и строительные работы*
6. *Услуги по оптовой торговле, кроме оптовой торговли автотранспортными средствами и мотоциклами*
7. *Услуги по розничной торговле, кроме розничной торговли автотранспортными средствами и мотоциклами*
8. *Услуги, связанные с недвижимым имуществом*
9. *Услуги в сфере государственного управления и обеспечения военной безопасности; услуги по обязательному социальному обеспечению*
10. *Услуги в области здравоохранения*

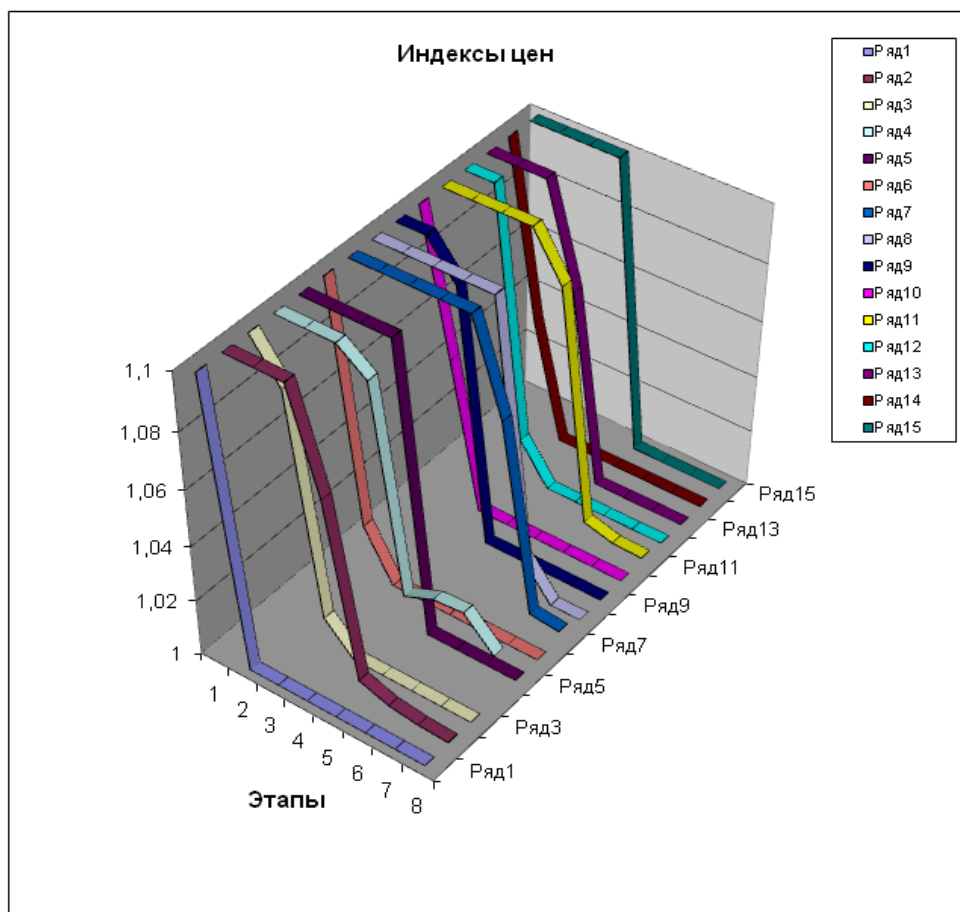


Рис. 2. Динамика индексов цен с диапазоном изменения [1, 1.1]

1. Текстиль и изделия текстильные, одежда, кожа и изделия из кожи
2. Древесина и изделия из дерева и пробки, кроме мебели; изделия из соломки и материалов для плетения
3. Услуги печатные и услуги по копированию звуко- и видеозаписей, а также программных средств
4. Средства лекарственные и материалы, применяемые в медицинских целях
5. Продукты минеральные неметаллические прочие
6. Оборудование электрическое
7. Средства транспортные и оборудование, прочие
8. Мебель, изделия готовые прочие
9. Услуги по водоотведению; шлам сточных вод; услуги по сбору, обработке и удалению отходов; услуги по утилизации отходов; услуги по рекультивации и прочие услуги по утилизации отходов
10. Услуги водного транспорта
11. Услуги воздушного и космического транспорта
12. Услуги издательские
13. Услуги по производству кинофильмов, видеофильмов и телевизионных программ, звукозаписей и изданию музыкальных записей; услуги в области теле- и радиовещания
14. Услуги телекоммуникационные
15. Услуги туристических агентств, туроператоров и прочие услуги по бронированию и сопутствующие им услуги

Из приведенных рисунков видно, что цены росли в тех отраслях, где план выпуска не увеличивался. То есть, принимая во внимание допустимую инфляцию, принцип рыночного механизма цен соблюдался.

На рис. 3 показан график изменения показателя коэффициента продуктивности при решении задачи поэтапного планирования для данных по Российской экономике, где продуктивность измерялась в процентах.

График дает представление о том, как далеко исходное состояние экономики (решение на начальном шаге составляло 95%) от оптимального состояния (асимптота для многократно повторенного решения близко к 120%).

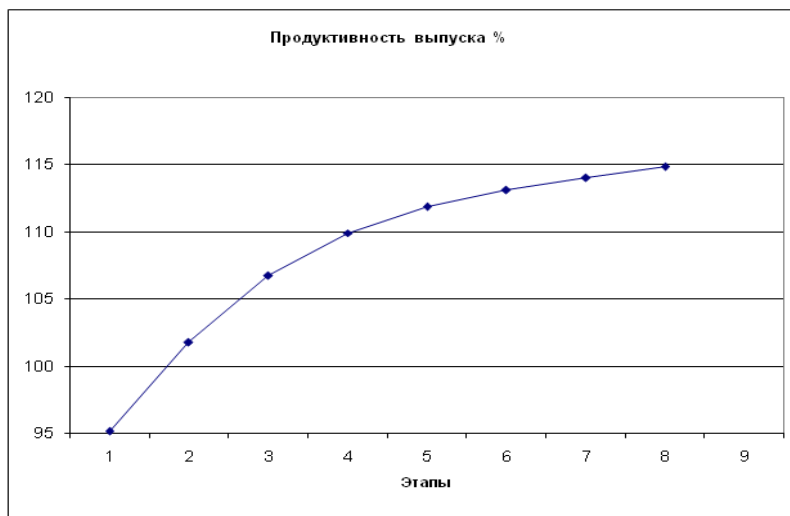


Рис. 3. Изменение коэффициента продуктивности при многоэтапной балансировке индексов выпуска и цен

Из рисунка следует, что наиболее эффективными являются несколько первых этапов индикативного плана.

2.2. Механизм финансирования реструктуризации

В процессе реструктуризации целесообразно применить управляемый механизм налогообложения на потребление отраслей. Для получения сбалансированного с точки зрения реализации плана может быть применен механизм акцизных сборов, позволяющий регулировать цены и формировать инвестиционный фонд для наращивания выпуска соответствующих отраслей. Как было показано на рис. 1, 2, процесс реструктуризации формирует три группы отраслей: инвестирующие (подакцизные), инвестируемые и нейтральные. Перечень отраслей с особым порядком налогообложения на начальных этапах плана (повышенными акцизами и соответственно индексом цен) приведен на рис. 2.

При ставке налога $\leq 7\%$ на этап дополнительный налоговый сбор за все 8 этапов составит 7,6 трлн. руб. При этом, прирост ВВП за счет реструктуризации составит 12%, инфляция $\leq 3,1\%$.

3. Заключение

Оптимизационная модель позволила построить многоэтапный процесс расчета траектории, приближающей экономическую систему к оптимальному состоянию. При расчетах использовались таблицы ресурсов и использования товаров и услуг Российской Федерации. Показано, что с применением управляемого режима продуктивность экономики РФ может существенно возрасти уже на первых этапах реализации плана. При этом всё множество отраслей расщепляется на три непересекающиеся группы: отрасли, требующие изменения объемов выпуска, требующие изменения цен, не требующие никаких изменений. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности развития институтов управления развитием технологической инфраструктуры экономики РФ [7 – 9].

Основной вывод заключается в том, что многоотраслевая экономика, не имеющая институциональной системы координации участников, тяготеет к состоянию локального равновесия с минимальной продуктивностью системы воспроизводства. Консолидированное управление на системном уровне выводит экономику из состояния локального равновесия и увеличивает ее продуктивность. Однако, при отсутствии управления этот процесс обратим. С другой стороны, балансовая модель показала, что процесс воспроизводства зависит от степени нагрузки экономической системы выпуском продукции конечного потребления. Увеличение объема конечного потребления при соответствующей его структуре также может приводить к росту продуктивности. Такой рост может быть необратимым, так как возрастает равновесная продуктивность системы воспроизводства.

Литература

1. *Гусев В.Б.* Экстремальные характеристики модели технологического ядра крупномасштабной экономической системы // Проблемы управления, 2021. – № 6. – С. 30–39.
2. *Гусев В.Б.* Бинарная модель управления реструктуризацией технологического ядра экономики // Проблемы управления, 2022. – № 6. – С. 14–25.
3. *Гусев В.Б.* Равновесные модели многоресурсных саморазвивающихся систем // Проблемы управления, 2007. – № 3. – С. 18–25.
4. *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.
5. Таблицы ресурсов и использования товаров и услуг Российской Федерации за 2020 год (в текущих ценах, млн. руб.) Опубликовано Росстатом 26 января 2022 года. [Электронный ресурс] URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tri-2020.xlsx> (дата обращения 8.07.2023).
6. *Самуэльсон П., Дорфман Р., Солоу Р.* Linear Programming and Economic Analysis, 1958.
7. *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.
8. Индикативное планирование и проведение региональной политики / *В.Б. Гусев* и др. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 368 с.
9. *Антипов В.И.* ГОСПЛАН. Вчера, сегодня, завтра – М.: Концептуал, 2019. – 208 с.