
НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Моделирование ценового баланса отраслей с учетом роли промежуточного производителя в условиях закрытой экономики

© 2023 г. Н.А. Моисеев, И.А. Внуков, Е.Е. Ребека

Н.А. Моисеев,

РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва; e-mail: moiseev.na@rea.ru

И.А. Внуков,

НИУ ВШЭ, Москва; e-mail: jvnukov@yandex.ru

Е.Е. Ребека,

РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва; e-mail: rebeka.ee@yandex.ru

Поступила в редакцию 11.04.2023

Работа выполнена в рамках проекта Российского научного фонда (проект 22-78-10150 «Разработка системы оценки и оптимального планирования реализации государственных экономических проектов в условиях геополитических рисков»).

Аннотация. Несмотря на высокую степень разработанности математического аппарата микро-экономической теории, недостаточное внимание в литературе уделено моделированию поведения экономических секторов под воздействием внешних шоков с учетом их межсекторальных связей. В частности, речь идет об исследовании ценовой политики отраслей, которая оказывает непосредственное влияние на величину спроса, выпуск и маржинальность. В связи с этим целью данной работы является анализ изменения величин добавленной стоимости отраслей в условиях экономических шоков. Для достижения поставленной цели авторами разработана методика моделирования поведения экономических агентов в части их ценовой политики. Эта методика основана на введении функций спроса на конечное потребление в методологию межотраслевого баланса. С помощью предложенной методики исследуется динамика цен на продукцию с учетом межсекторальной зависимости, а также ее влияние на объем производства, добавленную стоимость, маржинальность и объем выпуска каждого сектора. В модель ценообразования также были включены отрасли, не производящие продукции для конечного потребителя. Предлагаемая методика апробировалась на примере трех секторов и дала следующие ключевые результаты. Маржинальность отраслей, не производящих продукцию для конечного потребителя, не зависит от параметров функций спроса на конечную продукцию. На маржинальность таких отраслей влияет только структура промежуточного потребления. Слишком высокий уровень технологической зависимости отраслей от промежуточной отрасли так же невыгоден для нее, как и слишком низкий. Результаты данной работы могут быть полезны для планирования государственных инвестиций и оценки их влияния на ключевые отрасли экономики.

Ключевые слова: межотраслевой баланс, промежуточный сектор, оптимизация, ценовая политика, экономическая теория, моделирование.

Классификация JEL: A12, C31, C54.

Для цитирования: Моисеев Н.А., Внуков И.А., Ребека Е.Е. (2023). Моделирование ценового баланса отраслей с учетом роли промежуточного производителя в условиях закрытой экономики // Экономика и математические методы. Т. 59. № 4. С. 32–44. DOI: 10.31857/S042473880028236-8

ВВЕДЕНИЕ

На основе межотраслевого баланса (МОБ) изучаются механизмы взаимодействия множества отраслей между собой (Шамшин, 2022, с. 51). Отрасль определяется как группа предприятий, производящая однотипную продукцию. Суть методологии МОБ заключается в создании таблиц «затраты–выпуск» (Timmer et al., 2015, p. 577), в которых строки отображают объем производства каждой отрасли для собственных нужд и потребностей других отраслей, а столбцы — использование каждой отраслью собственной продукции и продукции других отраслей. Эти таблицы состоят из четырех разделов и отражают не только взаимодействие между отраслями, но и конечное потребление продукции каждой отрасли домашними хозяйствами, государством и другими

экономическими агентами. В таблицах также представлена информация о налоговых сборах, валовой добавленной стоимости и других параметрах.

Данные для таблиц «затрат–выпуска» собираются множеством организаций по всему миру (Калинин и др., 2021, с. 84). Таким образом, имеется возможность изучить производственную структуру страны или групп стран (Руднев, 2018, с. 249) путем вычисления производственной матрицы, отражающей производственные потребности отраслей в производимой в экономике продукции. Методология МОБ получила большое распространение в макроэкономических исследованиях по всему миру (Алмон, 2018, с. 8). Она предполагает вычисление с помощью систем линейных уравнений (Яковенко, 2018, с. 271; Meyer, 2000, р. 96) производственных взаимоотношений, которые сложно моделировать средствами агрегированных функций (Theil, 1957, р. 121).

Отправной точкой в исследованиях межотраслевого баланса являлась модель Леонтьева (Леонтьев, 1990, с. 378). Она получила развитие в таких работах, как (Яременко, 1981; Ершов, 2008; Узиков, 2000), где были введены производственные функции, объемы выпуска по каждой отрасли и коэффициенты производственного спроса (Boer, Donkers, 1985, р. 335). Производственный спрос в модели межотраслевого баланса отражает матрица прямых затрат (Tilanus, 1967, р. 141). Так, в работе (Magengo, 1992, р. 51) показано, что коэффициенты прямых затрат производственной матрицы являются независимыми от относительных цен и от структуры конечного спроса, поэтому отражают только структурные характеристики производственной системы.

Большая часть работ в данной области посвящена оценке эффектов межотраслевого сотрудничества (Kratena, Temursho, 2017, р. 3; Timmer et al., 2015, р. 575). В задаче оценки влияния ценовых шоков на производство предлагаемые модели (Kratena, 2005, р. 50), учитывая производственный спрос и цены на продукцию, исследуют макроэкономические эффекты по агрегированным данным. Например, с помощью таблиц «затраты–выпуск» было оценено влияние социального дистанцирования на динамику выпуска (Bodenstein, Corsetti, Guerrieri, 2020, р. 720).

В межотраслевом балансе внимание уделяется нахождению цен отраслей с помощью модели равновесных цен Леонтьева (Леонтьев, 1990, с. 231). В ней равновесные цены выводятся из производственной матрицы и вектора добавленной стоимости, которые должны быть известны исследователю, но на практике добавленную стоимость можно получить только имея данные о выпусках отраслей. В статье (Sharify, Sancho, 2011, р. 188) предпринимается попытка усовершенствовать модели Леонтьева путем моделирования эффектов от ценовых шоков с помощью итерационного изменения таблиц «затраты–выпуск». Однако имеющиеся в литературе модели не акцентируют внимания на индивидуальных особенностях отраслей, а установление цен рассматривается экзогенно.

Как правило, большую долю всего производства занимает промежуточное потребление. Отрасли, производящие промежуточную продукцию, существенно влияют на производство в целом по стране, поскольку производят товары и услуги для отраслей, которые реализуют продукцию конечным потребителям. В зарубежной литературе такие отрасли называют промежуточными производителями (секторами), а производящие продукцию для конечного потребления отрасли — конечными производителями (секторами) (Pirzada, 2017, р. 686).

Проблема промежуточных секторов заключается в том, что они напрямую не зависят от спроса конечных потребителей, имея больше рыночной власти. Это позволяет предположить, что они имеют возможность устанавливать максимально возможные цены на промежуточную продукцию. Однако завышенные цены могут приводить к такому росту издержек, что конечным производителям будет невыгодно продолжать бизнес. Поэтому промежуточные отрасли должны действовать рационально, просчитывая последствия своих действий и учитывая мультипликативные эффекты¹. Как показано в работе (Дементьев, Евсюков, Устюжанина, 2020, с. 16), доля добавленной стоимости таких отраслей может варьировать в зависимости от таких факторов, как страновые различия в уровне оплаты труда, отраслевая дифференциация уровней рентабельности производства и оплаты труда, а также уникальность продукции.

Статья (Jones, 2011, р. 1) посвящена выявлению роли промежуточных отраслей, выпускающих большую часть продукции. С помощью промежуточных отраслей объясняются различия между странами. В работе (Pirzada, 2017, р. 39) описывается макроэкономическая модель на примере двух секторов — конечного и промежуточного. Показывается, что предельные издержки отраслей

¹ Мультипликативные эффекты выражаются в увеличении масштабов воздействия решений каждой отрасли на общий объем производства.

напрямую зависят от цен на промежуточную продукцию. В статье (Loupias, Sevestre, 2010, p. 326) показано, что изменения цен на промежуточные ресурсы являются основным драйвером изменения цен производителей. Приведенные работы имеют описательный характер и подчеркивают значимость промежуточных отраслей, используя агрегированные показатели по отраслям. Таким образом, в области межотраслевого баланса остается открытым вопрос моделирования поведения экономических агентов на микроуровне с учетом оптимизатора для промежуточных секторов.

При моделировании поведения отраслей были введены частные функции спроса отраслей, учитывались индивидуальные стремления отраслей максимизировать прибыль (добавленную стоимость). Была разработана математическая модель, находящая оптимальные цены для отраслей с конечным потреблением.

Задача данного исследования заключается в создании модели на основе теории МОБ для оптимизации цен промежуточного производителя. Действия экономических агентов и изменения производственных связей рассматриваются как экономические шоки. К ним относятся: изменение конечного спроса на продукцию отраслей; изменение технологических связей (например, когда отрасль внедряет новые технологии, она изменяет уровни потребления продукции из других отраслей); изменение цен отраслями (отрасль реагирует не только на само экономическое потрясение, но и на его последствия). Целью исследования является изучение влияния экономических шоков на производственные показатели промежуточных отраслей.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В предложенной методике используются обозначения из теории межотраслевого баланса. В частности, вводится матрица «затраты—выпуск» M , размера $n \times m$ с элементами x_{ij} , которая отражает выпуск отрасли i в объеме x_{ij} , потребленный отраслью j , а также потребление отрасли j в объеме x_{ij} продукции отрасли i для собственного производства. Для описания производственных процессов используется производственная матрица (Моисеев, Ахмадеев, 2021, с. 119), в которой факторами прямых затрат являются коэффициенты пропорциональности $a_{ij} = x_{ij} / x_j$, где a_{ij} — каждый элемент производственной матрицы A ; x_{ij} — каждый элемент таблицы «затраты—выпуск» прямых затрат (по строкам); x_j — общий выпуск каждой отрасли (Miller, Blair, 2009, p. 12).

Предполагается, что каждый продукт может быть произведен только в одной отрасли, а производственное потребление прямо пропорционально производству в потребляющих отраслях. Получаем производственную $(n \times m)$ -матрицу с элементами a_{ij} .

Стандартное обозначение конечного потребления реализованной отраслями продукции (домохозяйствами, государством и т.д.) — Y ; вектора конечного выпуска — X . Конечный выпуск представляет собой сумму производственных затрат и конечного потребления $X = AX + Y$.

Вектор конечного выпуска также выражается как $X = (I - A)^{-1}Y$, где I — единичная матрица размерности матрицы A (Aroche Reyes, Marquez Mendoza, 2013, p. 5).

В данной модели в качестве одной из основных детерминант, влияющей на решения отраслей относительно ценовой и производственной политики, выделяются конечный и производственный спрос. Спрос конечных потребителей на продукцию задан в виде линейной функции от цены: $Q(P) = B P + \theta$, где B — матрица размера $n \times m$; θ — n -мерный вектор-столбец; P — вектор цен. Диагональные элементы матрицы B отражают зависимость величины спроса на продукцию отрасли в зависимости от изменения ее цены, а недиагональные элементы отражают эффекты изменения цен других отраслей на каждую отрасль. Таким образом, имеется возможность моделировать эффекты комплементарности и замещения (субституции).

В работе используется линейная модель спроса, поскольку предполагается, что в окрестности текущего ценового баланса любую зависимость спроса от цены можно с достаточной точностью аппроксимировать линейной функцией (для нормальных экономических благ рост цены отрицательно влияет на спрос) (Горбунов, 2009, с. 70). Модель предусматривает изменение параметров спроса θ и B для каждой отрасли в экспериментальных целях. Из теории фирм известно, что параметр θ обозначает пороговый уровень потребления физического объема продукции при минимальной цене, в то время как параметр B косвенно характеризует эластичность спроса по цене (т.е. изменение спроса на продукцию при росте цены).

В данной статье рассматривается ситуация, когда спрос на продукцию каждой отрасли независим от остальных, т.е. продукция отраслей не является заместителем (субститут) или компонентом по отношению друг к другу для конечных потребителей. Одно из предположений модели заключается в том, что нам известны параметры спроса на продукцию отраслей, которые можно определить эмпирически на основе статистических данных или с помощью опросного метода.

Вектор цен отраслей P задан n -мерным вектором-столбцом, где p_i — уровень цен в отрасли i .

Конечное потребление можно представить в виде $Y = P \circ Q(P)$, где « $\circ$ » — произведение Адамара (поэлементное умножение матриц). Тогда конечный выпуск выражается формулой $X = (I - A)^{-1} \times P \circ Q(P)$.

Физический объем (QT) реализованной продукции рассчитывается как отношение выпуска и уровня цен: $QT = X \circ P^{-1}$.

Производственная матрица может изменяться под воздействием цен отраслей и технологических изменений. Воздействие цен связано с пропорциональным увеличением затрат при росте цен на комплектующие товары. Это означает, что производственная матрица для отраслей может быть представлена в виде $A_p = PN \circ A$, где

$$PN = \begin{pmatrix} 1 & p_1/p_2 & \dots & p_1/p_n \\ p_2/p_1 & 1 & \dots & p_2/p_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_n/p_1 & p_n/p_2 & \dots & 1 \end{pmatrix},$$

поскольку затраты отрасли меняются прямо пропорционально изменению цен на продукцию связанных отраслей.

Под влиянием технологических изменений подразумевается изменение доли потребляемой продукции определенной отрасли в общих затратах на производство единицы продукции другой отрасли. Производственная матрица примет вид:

$$A_1 = \begin{pmatrix} a_{11} + k_{11} & \dots & a_{1n} + k_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} + k_{n1} & \dots & a_{nn} + k_{nn} \end{pmatrix},$$

где k_{ij} — изменение в структуре потребления отрасли i продукции отрасли j .

Предполагается изменение коэффициентов прямых затрат, исходя из потребностей отраслей либо из анализа структуры прямых затрат по соседним годам в исторических данных.

В работе также предполагается, что затраты на оплату труда и налоги пропорциональны добавленной стоимости, поэтому задача максимизации прибыли эквивалентна задаче максимизации добавленной стоимости. Отрасли при максимизации своих прибылей (добавленных стоимостей), таким образом, руководствуются новой модифицированной производственной матрицей и принимают решения с учетом цен других отраслей $A_p = A_1 \circ PN$. Целевая функция, которую максимизирует отрасль при принятии решений, может быть представлена как добавленная стоимость по отрасли

$$PR = X - (E_n^T \times A_p)^T \circ X.$$

Добавленная стоимость задается как разность между выпуском и затратами. Тогда задача максимизации сведется к

$$PR = \left(E_n - (PN \circ A_1)^T \times E_n \right) \circ \left((I_n - PN \circ A_1)^{-1} \times P \circ Q(P) \right) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где PR — вектор добавленной стоимости отраслей; E_n — единичный вектор-столбец размерности n ; I_n — единичная матрица размерности $n \times n$.

После проведения некоторых математических преобразований добавленную стоимость из (1) можно также представить в виде

$$PR = \left((I_n - A_1^T) \times P \right) \circ \left((I_n - A_1)^{-1} \times (B \times P + \theta) \right). \quad (2)$$

Нашей задачей является поиск ценового и производственного равновесия системы по Нэшу, которое можно характеризовать ситуацией, когда ни одной отрасли не выгодно изменять свои

цены при неизменных ценах других отраслей. Такое равновесие достигается в точке, удовлетворяющей следующему условию $\partial PR_i / \partial p_i = 0$. Поскольку функция (2) имеет параболический вид, то приведенное условие представляет собой систему линейных уравнений, для которой доступно аналитическое решение

$$P_{opt} = - \left(B + (I_n - A_1) \left(\text{diag}(I_n - A_1^T) \right)^{-1} \text{diag} \left((I_n - A_1)^{-1} B \right) (I_n - A_1^T) \right)^{-1} \theta,$$

где $\text{diag}(\bullet)$ — диагональная матрица с диагональными элементами, равными диагональным элементам матрицы, являющейся аргументом.

Имеется возможность вычислить маржу $Margin_i$ добавленной стоимости по отраслям, чтобы судить об эффективности производства $Margin_i = PR_i \times X_i^{-1}$.

Добавленную стоимость каждой отрасли с конечным потреблением также можно представить в виде квадратичной функции от цены, выражающейся как произведение добавленной стоимости на единицу продукции и количества продукции для удовлетворения конечного потребления по каждой отрасли:

$$PR_i = \left(p_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} p_j \right) \sum_{j=1}^n s_{ij} q_j(p_j), \quad (3)$$

где $s_{ij} = (I - A)_{ij}^{-1}$.

В выражении (3) множитель в скобках является добавленной стоимостью отрасли i , а коэффициент s_{ij} показывает, сколько нужно произвести продукции отрасли i , чтобы удовлетворить спрос на конечное потребление продукции отрасли j . При наличии конечного потребления по p_i функция добавленной стоимости является параболической. Если $q_i = 0$ при любом p_i (отрасль не работает на конечного потребителя), то функция становится линейной при фиксированных ценах других отраслей.

Функция добавленной стоимости для всех отраслей принимает квадратичный вид при конечном потреблении больше нуля. При равенстве нулю конечного потребления снимаются ограничения на установление цены и функция добавленной стоимости становится линейной. На рис. 1 изображен график зависимости добавленной стоимости от цены для отрасли с ненулевым конечным потреблением при фиксированных ценах остальных отраслей, построенный по тестовым данным.

При низкой цене отрасль несет убытки, однако повышать цену отрасли выгодно только до определенного предела. При чрезмерном завышении цены спрос на продукцию отрасли падает до нуля и зависимость от конечного потребления прекращается, что при отсутствии других ограничений позволит отрасли ставить бесконечно высокую цену. Отрасли, имеющей конечное потребление, в текущей окрестности невыгодно полностью перестраивать производство, избавляясь от зависимости от конечного потребителя, а целесообразно выбрать оптимальную точку цены, которой соответствует максимальная добавленная стоимость при положительном конечном потреблении.

Промежуточные отрасли не имеют видимых ограничений на цену, и поэтому теоретически могут установить максимально возможную цену. Такие отрасли для получения максимальной прибыли должны оценивать реакцию конечных отраслей, быть более дальновидными и просчитывать на шаг вперед

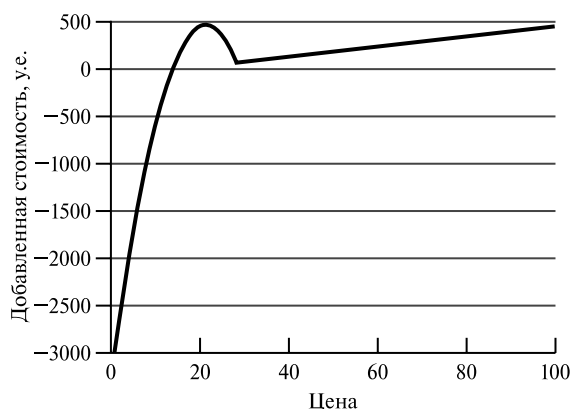


Рис. 1. Пример зависимости добавленной стоимости от цены отрасли с конечным потреблением (по тестовым данным)

результат установления каждого уровня цены, выбирая тот, при котором достигается максимальная добавленная стоимость.

Тогда целесообразно разделение вектора цен отраслей на отрасли с ненулевым конечным потреблением и работающих исключительно на промежуточное потребление. Количество конечных отраслей принимается равным n_1 ; число промежуточных отраслей — n_2 ; общее число отраслей — n . Для вычисления вектора цен конечных отраслей были введены вспомогательные матрицы, описывающие производство G и конечное потребление D , зависящее от параметра спроса B :

$$G = I - A^T, D = (I - A^T)^{-1} B,$$

а также вектор-столбец Z размерности $n \times 1$, описывающий конечное потребление, зависящее от

параметра спроса θ : $Z = (I - A)^{-1}\theta$. Тогда вектор цен для конечных отраслей может быть выражен через переменные конечных и промежуточных отраслей:

$$P_1 = -(\text{diag } \tilde{G} \times \tilde{D} + \text{diag } \tilde{D} \times \tilde{G})^{-1} (\text{diag } \tilde{G} \times \hat{D} \times P_2 + \text{diag } \tilde{D} \times \hat{G} \times P_2 + \text{diag } \tilde{G} \times \tilde{Z}), \quad (4)$$

где P_1 — вектор цен на продукцию отраслей с ненулевым конечным потреблением размерности $n_1 \times 1$; P_2 — вектор цен на продукцию промежуточных отраслей размерности $n_2 \times 1$; $\hat{G}, \hat{D}$ — усеченные матрицы размерности $n_1 \times n_1$ (длины P_1), куда входят элементы от 1 до n_1 по строкам и по столбцам; $\tilde{G}, \tilde{D}$ — усеченные матрицы размерности $n_1 \times n_2$ (длины P_2), куда входят элементы от 1 до n_1 по строкам и от 1 до n_2 по столбцам; $\tilde{Z}$ — усеченный вектор-столбец размера $n_1 \times 1$.

Усеченные матрицы G и D представляются как

$$\hat{G} = \begin{vmatrix} g_{11} & \dots & g_{1n_1} \\ \dots & \dots & \dots \\ g_{n_1 1} & \dots & g_{n_1 n_1} \end{vmatrix}, \quad \tilde{G} = \begin{vmatrix} g_{1(n_1+1)} & \dots & g_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ g_{n_1(n_1+1)} & \dots & g_{n_1 n} \end{vmatrix}, \quad \hat{D} = \begin{vmatrix} d_{11} & \dots & d_{1n_1} \\ \dots & \dots & \dots \\ d_{n_1 1} & \dots & d_{n_1 n_1} \end{vmatrix}, \quad \tilde{D} = \begin{vmatrix} d_{1(n_1+1)} & \dots & d_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ d_{n_1(n_1+1)} & \dots & d_{n_1 n} \end{vmatrix}.$$

Усеченный вектор-столбец $\tilde{Z} = [z_1 \dots z_{n_1}]^T$. Таким образом, происходит разделение отраслей на выпускающих продукцию для конечного и промежуточного потреблений.

Функция добавленной стоимости от цены для отрасли, работающей на промежуточного потребителя, также примет параболический вид при учете адаптации остальных отраслей к ее ценам (рис. 2). Следовательно, для таких отраслей существует аналогичная сходимость к ценовому равновесию.

Предлагаемая методика заключается в итеративном нахождении цены промежуточной отрасли по формуле (4), при которой в установленном ценовом равновесии достигается ее максимальная прибыль. При большом числе отраслей подбор оптимальной цены может происходить поочередно по промежуточным отраслям до установления общего равновесия.

Далее в работе представлены эксперименты, в которых при динамически меняющихся параметрах функций спроса и производственной структуры отслеживаются реакции отраслей.

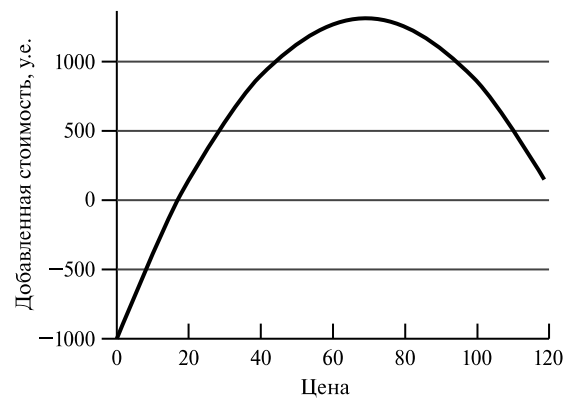


Рис. 2. Пример зависимости добавленной стоимости от цены отрасли без конечного потребления (по тестовым данным)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Введены следующие обозначения для отраслей: «Конечная 1» (K1) и «Конечная 2» (K2) — отрасли, имеющие конечное потребление; «Промежуточная» — отрасль, не имеющая конечного потребления. Число итераций для отслеживания показателей отраслей установлено 25. Базовые значения и величины их изменений были получены эмпирическим путем на основе изученной литературы и наблюдений.

Производственная матрица задана как

$$A = \begin{pmatrix} 0,3 & 0,15 & 0,12 \\ 0,2 & 0,3 & 0,27 \\ 0,11 & 0,3 & 0,21 \end{pmatrix}.$$

Параметры спроса для отрасли без конечного равны нулю. Для трех отраслей параметры спроса приняли вид

$$B = \begin{vmatrix} -4 & 0 & 0 \\ 0 & -3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}, \quad \theta = \begin{vmatrix} 150 \\ 180 \\ 0 \end{vmatrix}.$$

При заданных условиях был достигнут первоначальный баланс цен $P = (32 \ 48 \ 64)^T$. Параметры спроса θ и B менялись только для двух отраслей. Параметр θ менялся для отрасли К2, параметр B — для отрасли К1. Изменение параметров происходило в положительную и отрицательную стороны (увеличение и уменьшение спроса) на 1,7% относительно исходного положения: $\Delta\theta_3 = \pm 3$, $\Delta b_2 = \pm 0,067$, где b — элемент матрицы B .

Для моделирования изменения структуры производства был взят прирост коэффициента прямых затрат для второй отрасли в отношении третьей отрасли. Изменение производилось в обе стороны: $\Delta k_{31} = \pm 0,005$.

Остальные коэффициенты прямых затрат не менялись. Таким образом, моделировалось изменение взаимозависимости двух отраслей, чтобы отследить динамику по всем трем отраслям.

Эксперимент 1. В данном эксперименте моделируются две ситуации: меняется спрос на продукции конечных отраслей в положительную и отрицательную стороны соответственно. На каждом из 25 циклов параметр спроса θ для отрасли К2 растет (падает) на 3 единицы. Для отрасли К1 параметр B растет (падает) на 0,067 единиц ($\Delta\theta_2 = 3$, $\Delta b_1 = 0,067$ и $\Delta\theta_2 = -3$, $\Delta b_1 = -0,067$). На рис. 3 с левой стороны изображены графики, отражающие ситуацию роста спроса, с правой стороны — падения спроса.

На графиках наблюдаются нелинейные тенденции по каждому показателю. Так, при росте спроса конечное потребление отрасли К2 растет по вогнутой функции, а отрасли К1 — по выпуклой. Отрасль К1 по всем показателям в обеих ситуациях показывает выпуклый рост. Примечательно, что даже при падении спроса конечное потребление отрасли К1 увеличивается, а маржа отрасли К2 падает, несмотря на рост спроса.

В случае падения спроса отрасли К1 удается стабилизировать добавленную стоимость за счет роста конечного потребления и общего выпуска. Так, маржа добавленной стоимости в условиях падения спроса увеличилась, а отрасли К2 — сохранилась на одном уровне. Маржа отраслей сохраняется, поскольку в первой ситуации рост цены компенсируется ростом выпуска, а во второй — падение цены компенсируется падением выпуска.

Промежуточная отрасль, не выпуская продукцию для конечного потребителя, тем не менее имеет большую добавленную стоимость и меньший уровень выпуска, чем конечные отрасли. При этом маржа промежуточной отрасли как при росте, так и при падении спроса на конечные отрасли остается постоянной и выше примерно в два раза, чем маржинальности других отраслей.

Рост спроса на продукцию конечных отраслей привел к росту цен и выпуска всех отраслей. Все отрасли увеличили добавленную стоимость. Однако увеличение маржи наблюдается только у отрасли К1. У отрасли К2 вследствие общего роста цен выросли издержки, но спрос на ее продукцию увеличился непропорционально меньше, что привело к меньшему росту добавленной стоимости, чем выпуска. У промежуточной отрасли и К2 снижаются добавленная стоимость и выпуск, однако маржа практически не меняется.

В ситуации падения спроса цены всех отраслей снижаются. Следовательно, снижаются издержки. Конечное потребление отрасли К2 падает, а отрасли К1 — растет больше, чем в ситуации роста спроса. Это может происходить из-за все еще высокой эластичности спроса по цене для отрасли К1. Вероятно, в данном случае параметр спроса θ сыграл более значимую роль в формировании спроса, чем параметр B . Это означает, что падение цены отрасли К1 оказалось сильнее падения параметра спроса B . В терминах экономической теории это означает, что незначительное изменение наклона кривой спроса в сторону сокращения потребления было компенсировано существенным падением цены. Снижение цены повысило величину спроса гораздо сильнее, чем незначительное снижение предпочтений потребителей. Здесь параметр спроса B влияет на уровень конкуренции, т.е. его изменение отвечает за смещение спроса потребителей в пользу определенного вида продукции.

В результате данного эксперимента наблюдаются нелинейные мультипликативные эффекты, которые неочевидны при интуитивном анализе. Так, при росте спроса конечных потребителей цена, добавленная стоимость и выпуск промежуточной отрасли (выпускает только промежуточную продукцию) увеличиваются, но маржа незначительно снижается (с 0,543 до 0,539). При падении спроса маржа также не меняется. Хотя интуитивно можно было бы ожидать более сильной зависимости маржи промежуточной отрасли от конечного потребления и роста маржи при росте спроса.

Неочевидным эффектом является также снижение маржи отрасли К2 как при росте (с 0,177 до 0,160), так и при падении спроса (с 0,177 до 0,168). В первой ситуации это происходит, потому что

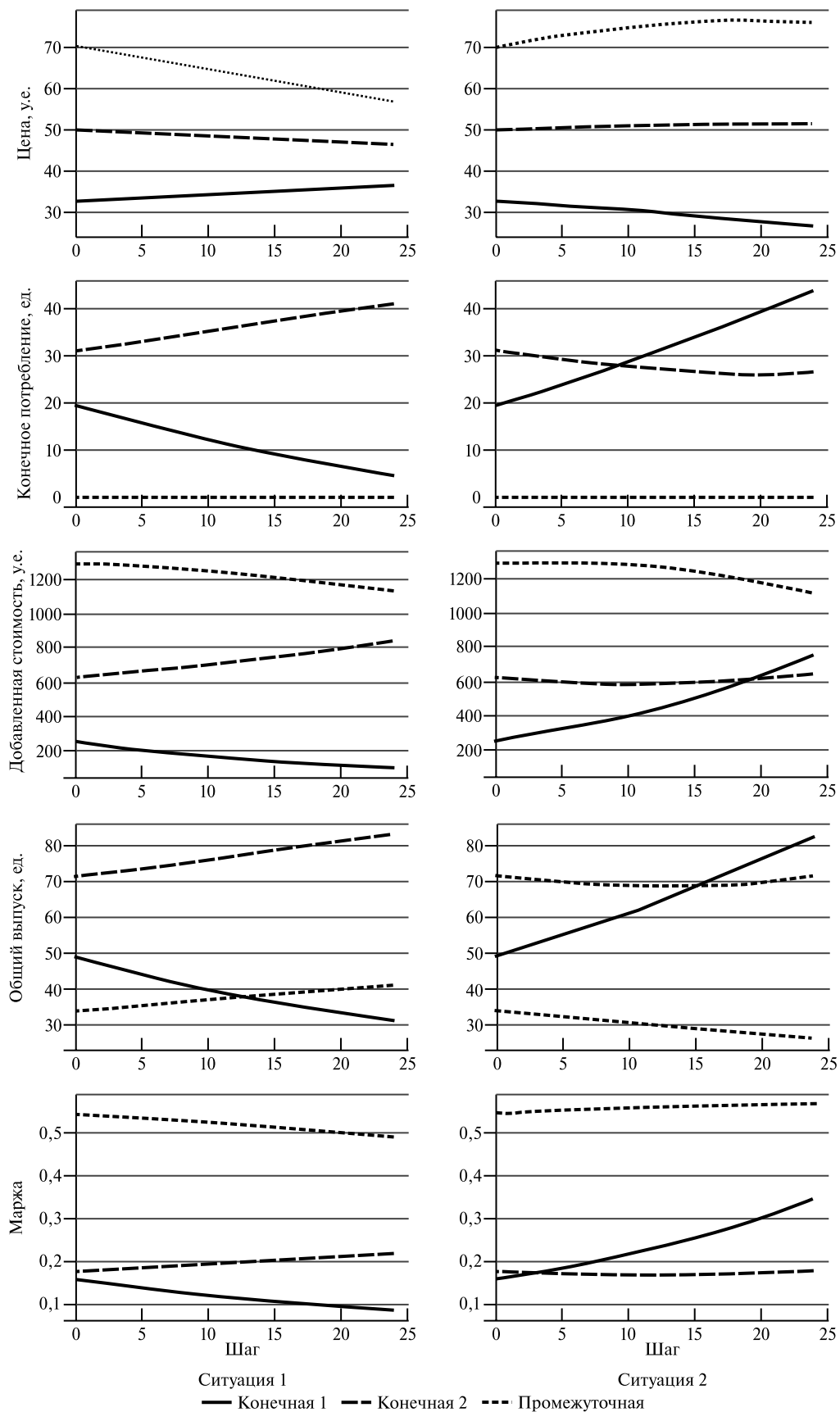


Рис. 3. Динамика показателей производства в условиях роста и падения спроса

добавленная стоимость не успевает за ростом издержек (выпуска). Во второй ситуации снижение добавленной стоимости опережает снижение выпуска. Поэтому в общем случае модель показывает, что отрасли могут терять в марже при росте спроса даже больше, чем при его падении.

Обратный вывод можно сделать по отрасли К1, которая остается в выигрыше как при росте, так и при падении спроса. Маржа отрасли К1 повышается (с 0,159 до 0,215) в первой ситуации вследствие роста спроса, выпуска и еще более значительного роста добавленной стоимости. Во второй ситуации маржа повышается (с 0,159 до 0,183) вследствие падения издержек. При этом снижение цены продукции отрасли К1 происходило медленнее, чем у остальных отраслей, но быстрее, чем падение спроса. Здесь показано, что не всегда падение спроса сопровождается падением выпуска. Модель учитывает соотношение всех переменных, что на практике очень затруднительно с большим числом отраслей и взаимосвязей между ними.

Эксперимент 2. В этом эксперименте моделируются две ситуации: меняется зависимость отрасли К1 от промежуточной отрасли в положительную и отрицательную стороны соответственно ($\Delta k_{31} = 0,005$ и $\Delta k_{31} = -0,005$). На рис. 4 с левой стороны изображены графики, иллюстрирующие ситуацию увеличения зависимости отрасли К1 от промежуточной отрасли, а с правой стороны — уменьшения этой зависимости (коэффициент прямых затрат на каждом шаге меняется на 0,005).

Увеличение производственной зависимости отрасли К1 в первой ситуации по-разному сказалось на динамике цен всех отраслей. С увеличением издержек отрасли К1 цены на ее продукцию возросли, что отрицательно сказалось на спросе, выпуске, добавленной стоимости и марже. Во второй ситуации наблюдается обратный эффект — уменьшение цены вследствие падения издержек, а также рост остальных показателей.

Однако примечательна динамика промежуточной отрасли, у которой с появлением дополнительного производственного спроса цены и объем выпуска начинают расти, а добавленная стоимость и маржа — снижаться. Этот эффект является также неочевидным, поскольку следовало ожидать роста маржи от увеличения объема выпуска. В данном случае дополнительный выпуск промежуточной отрасли не обеспечил ей ожидаемого роста добавленной стоимости, поскольку цена отрасли К1 увеличилась, а отрасли К2 — только незначительно снизилась. В итоге промежуточная отрасль столкнулась с новыми издержками, которые не покрываются дополнительным выпуском.

Еще более примечательно, что при снижении зависимости отрасли К1 от промежуточной отрасли у последней также наблюдается снижение добавленной стоимости, которое, тем не менее, сопровождается ростом маржи. Таким образом, мы приходим к следующему выводу. Несмотря на то что логично было бы предположить, что промежуточной отрасли было бы выгодно наращивать долю своей продукции в потреблении отрасли К1, наш эксперимент показывает, что ее слишком большая доля также приводит к снижению добавленной стоимости, как и слишком малая. При росте производственной зависимости К1 от промежуточной отрасли последней приходится снижать цену, для того чтобы не сильно снизить конечное потребление К1 за счет неминуемого роста ее цен (типичный случай инфляции издержек). Однако при снижении цен промежуточной отрасли падает ее маржинальность, потому что цены на потребляемую ею продукцию растут. При продолжающемся нарастании рассматриваемой производственной зависимости добавленная стоимость промежуточной отрасли также начинает снижаться, поскольку рост выпуска не компенсирует снижения маржинальности производства. Таким образом, существует некий оптимум, который приносит промежуточной отрасли максимум прибыли.

Влияние изменений на отрасль К2 в первом случае положительно, а во втором — неоднозначно. Значительное снижение цены промежуточной отрасли уменьшает издержки отрасли К2, что позволяет ей снизить цену и нарастить выпуск, добавленную стоимость и маржу. В ситуации уменьшения производственной зависимости отрасли К1 маржа отрасли К2 сначала незначительно снижается, а затем возвращается в прежнее значение. Это происходит из-за замедления роста цены промежуточной отрасли, что также отражается на добавленной стоимости. Отрасль К2 была вынуждена при повышающихся издержках также повысить цену, что сказалось на конечном потреблении и выпуске.

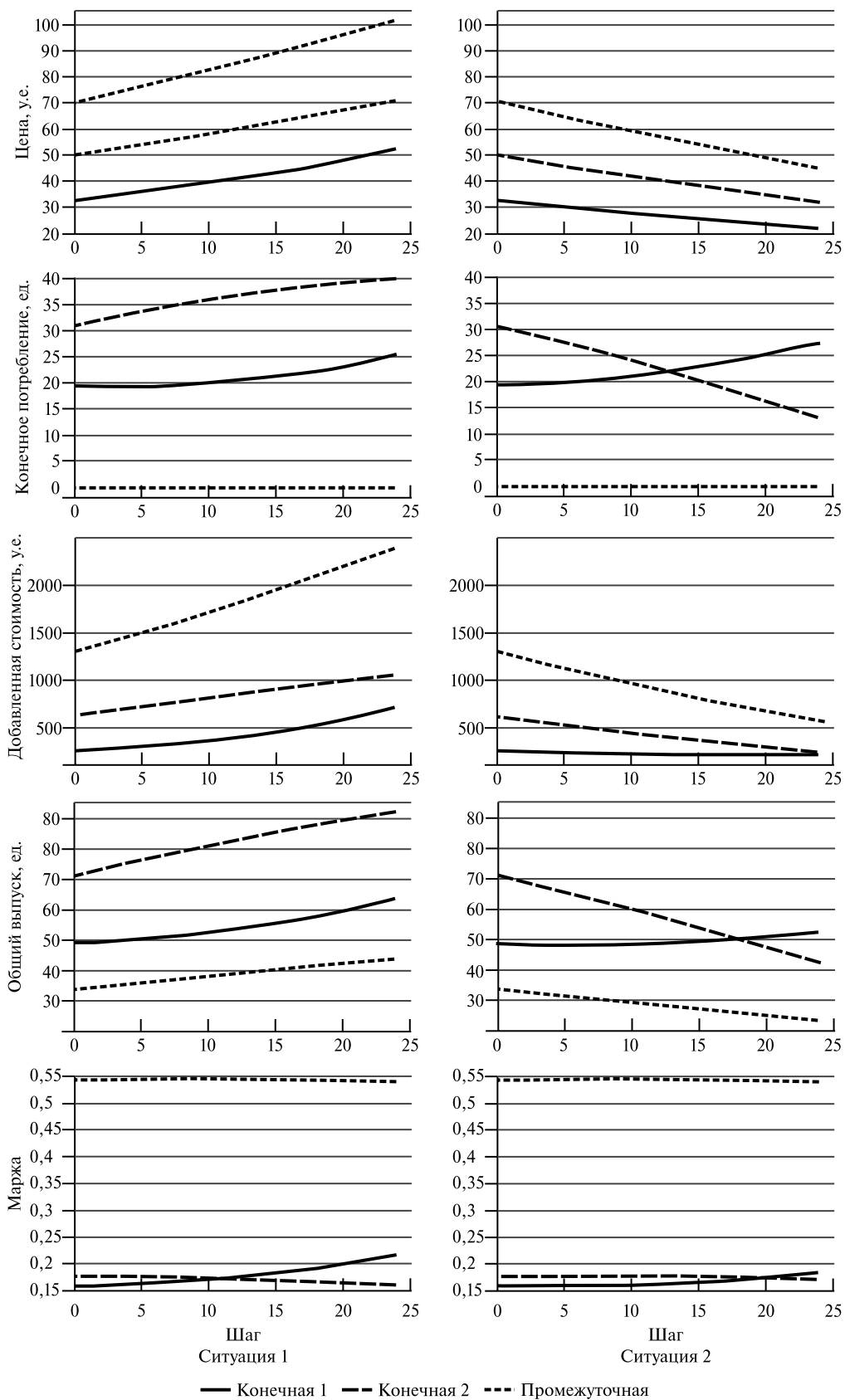


Рис. 4. Динамика показателей производства в условиях роста и падения производственного потребления отрасли 3 продукции отрасли 2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью исследования ценовой политики отраслей в условиях закрытой экономики в работе была разработана методика расчета ценового равновесия при заданной структуре промежуточного потребления и функций спроса на конечное потребление. В случае когда у всех отраслей присутствует ненулевое конечное потребление, ценовое равновесие легко вычисляется аналитически, поскольку существует точка, в которой выполняются условия равновесия Нэша (ни одной из отраслей невыгодно изменять свои цены при неизменных ценах остальных). Однако в случае когда есть отрасли, работающие исключительно на промежуточное потребление, такое равновесие отсутствует. Такие отрасли должны устанавливать цену, учитывая реакцию других отраслей на такие изменения, которые, в свою очередь, отражаются на прибыли промежуточных отраслей. С помощью предложенной методики представляется возможным рассчитать численным способом оптимальные цены и для отраслей без конечного потребления.

Методика имеет ряд ограничений и допущений, например: не учитываются такие факторы, как заработная плата и трудовые ресурсы, налоги, субсидии, процентные ставки и прочее. Предложенная методика требует определения параметров линейных функций спроса, которые могут быть найдены путем опроса населения или анализа исторических данных, скорректированных на уровень инфляции. Оценки изменения коэффициентов прямых затрат можно получить экспертным методом, зная текущие потребности отраслей.

Преимуществом методики является учет таких наиболее значимых параметров выпуска, как конечный и промежуточный спрос, а также индивидуальное стремление отрасли к максимизации прибыли (добавленной стоимости). Это позволяет отслеживать неочевидные эффекты, которые затруднительно оценить экспертным методом.

На экспериментах с тремя отраслями проиллюстрированы эффекты от воздействия экономических шоков. Было показано, что параметры функций спроса на конечное потребление отраслей не влияют на маржинальность отраслей, работающих исключительно на промежуточное потребление. Такие отрасли обладают намного большей рыночной властью в части ведения ценовой политики, обеспечивая себе маржу, на порядок превышающую маржинальность отраслей с ненулевым конечным потреблением. Помимо этого, был сделан вывод о том, что на маржинальность промежуточной отрасли влияет только производственная матрица. Также проведенные эксперименты показали: несмотря на то (а это было бы логично предположить) что промежуточной отрасли было бы выгодно наращивать долю своей продукции в потреблении других отраслей, слишком большая доля так же приводит к снижению добавленной стоимости, как и слишком малая.

Таким образом, были выделены два главных следствия для промежуточных отраслей: независимость маржинальности промежуточной отрасли от спроса на конечное потребление и существование оптимума производственных зависимостей. Все неочевидные следствия связаны с влиянием меняющихся цен, которые прогнозирует предложенная модель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Алмон К. (2018). В чем важность таблиц «затраты–выпуск»? // *Проблемы прогнозирования*. № 6 (171). С. 7–11. [Almon K. (2018). The importance of input-output tables. *Studies on Russian Economic Development*, 6 (171), 7–11 (in Russian).]
- Горбунов В.К. (2009). Модель потребительского спроса, основанная на векторном поле предпочтений // *Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика*. № 1. С. 67–79. [Gorbunov V.K. (2009). Model of consumer demand based on a vector field of preferences. *Moscow University Economics Bulletin. Series 6. Economy*, 1, 67–79 (in Russian).]
- Дементьев В.Е., Евсюков С.Г., Устюжанина Е.В. (2020). Проблемы распределения власти и экономической ренты в сетях создания стоимости // *Экономика и математические методы*. Т. 56. № 1. С. 5–17. [Dementiev V.E., Evsukov S.G., Ustyuzhanina E.V. (2020). Distribution of power and economic rent in value networks. *Economics and the Mathematical Methods*, 56, 1, 5–17 (in Russian).]
- Ершов Э.Б. (2008). Развитие и реализация идей модели межотраслевых взаимодействий для российской экономики // *Экономический журнал ВШЭ*. Т. 12. № 1. С. 3–28. [Ershov E.B. (2008). Development and implementation of the ideas of the input-output model for the Russian economy. *The HSE Economic Journal*, 12 (1), 3–28 (in Russian).]

- Калинин А.М., Коротеев С.С., Крупин А.А., Нефедов А.В. (2021). Технологическая импортозависимость российской экономики: оценка с использованием таблиц «затраты–выпуск» // *Проблемы прогнозирования*. № 1 (184). С. 83–93. [Kalinin A.M., Koroteev S.S., Krupin A.A., Nefedov A.V. (2021). Technological import dependence of the Russian economy: Assessment using input-output tables. *Studies on Russian Economic Development*, 1 (184), 83–93 (in Russian).]
- Леонтьев В.В. (1990). Спад и подъем советской экономической науки. В кн.: «*Экономические эссе. Теории, исследования, факты и политика*». М.: Политиздат. 415 с. [Leontief V.V. (1990). The rise and decline of Soviet economic science. In: *Economic essays: Theories, research, facts and policy*. Moscow: Politizdat. 415 p. (in Russian).]
- Моисеев Н.А., Ахмадеев Б.А. (2021). Алгоритм оценки импортозамещения на основе таблиц «затраты–выпуск» // *Вестник РЭА им. Г.В. Плеханова*. № 3 (117). С. 117–129. [Moiseev N.A., Akhmadeev B.A. (2021). Algorithm for assessing import substitution based on input-output tables. *Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*, 3 (117), 117–129 (in Russian).]
- Руднев Ю.А. (2018). Оценка тесноты экономических связей стран с помощью таблиц «затраты–выпуск». Ежегодник: «*Большая Евразия: Развитие, безопасность, сотрудничество*». Вып. 1. Часть 1. С. 249–255. [Rudnev Yu.A. (2018). Estimation of the Intensity of Economic relations between countries using input-output tables. In: *Greater Eurasia: Development, Security, Cooperation*, 1, 1, 249–255 (in Russian).]
- Узяков М.Н. (2000). Проблемы построения межотраслевой модели равновесия российской экономики // *Проблемы прогнозирования*. № 2. С. 1–14. [Uzyakov M.N. (2000). Problems of constructing an intersectoral equilibrium model of the Russian economy. *Studies on Russian Economic Development*, 2, 1–14 (in Russian).]
- Шамшин В.Н. (2022). Таблицы В.В. Леонтьева: «затраты–выпуск» и их применение к рыночной экономике // *Европейский журнал экономических наук и управления*. № 1. С. 44–51. [Shamshin V.N. (2022). Tables V.V. Leontief: “input-output” and their application to a market economy. *The European Journal of Economics and Management Sciences*, 1, 44–51 (in Russian).]
- Яковенко Д.Н. (2018). Применение линейной алгебры при моделировании экономических процессов // *Аллея науки*. Т. 5. № 6 (22). С. 270–273. [Yakovenko D.N. (2018). Application of linear algebra in modeling economic processes. *Alley of Science*, 5 (6), 270–273 (in Russian).]
- Яременко Ю.В. (1981). Структурные изменения в социалистической экономике. М.: Мысль. 304 с. [Yaremenko Yu.V. (1981). *Structural changes in the socialist economy*. Moscow: Mysl' (in Russian).]
- Aroche Reyes F., Marquez Mendoza M.A. (2013). The demand driven and the supply-sided input-output models: Notes for the debate. *Munich Personal RePEc Archive*. MPRA Paper, 1–25.
- Bodenstein M., Corsetti G., Guerrieri L. (2020). Social distancing and supply disruptions in a pandemic. *Quantitative Economics*, 13, 681–721.
- Boer P.M.C. de, Donkers H.W.J. (1985). On the relationship between input–output production coefficients and the CES production function. *Zeitschrift Für Nationalökonomie*, 45 (3), 331–335.
- Jones C.I. (2011). Intermediate goods and weak links in the theory of economic development. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 3 (2), 1–28.
- Kratena K. (2005). Prices and factor demand in an endogenized input–output model. *Economic Systems Research*, 17, 47–56.
- Kratena K., Temursho U. (2017). Dynamic econometric input–output modeling: New perspectives. *Regional Research Frontiers*, 2, 3–21.
- Loupas C., Sevestre P. (2010). Costs, demand, and producer price changes. *Review of Economics and Statistics*, 95, 315–327.
- Marengo L. (1992). The demand for intermediate goods in an input–output framework: A methodological note. *Economic Systems Research*, 4 (1), 49–52.
- Meyer C.D. (2000). Matrix analysis and applied linear algebra. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 12, 718.
- Miller R.E., Blair P.D. (2009). *Input–output analysis: Foundations and extensions*. 2nd ed. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 10–68.
- Pirzada A.J. (2017). Price stickiness and intermediate materials prices. School of Economics, University of Bristol. *Bristol Economics Discussion Papers*, 17 (686), 1–40.
- Sharify N., Sancho F. (2011). A new approach for the input–output price model. *Economic Modelling*, 28 (1–2), 188–195.
- Theil H. (1957). Linear aggregation in input–output analysis. *Econometrica*, 25, 1, 111–122.
- Tilanus C.B. (1967). Marginal versus average input coefficients in input–output forecasting. *The Quarterly Journal of Economics*, 81, 1, 140–145.
- Timmer M.P., Dietzenbacher E., Los B., Stehrer R., Vries G.J. de (2015). An illustrated user guide to the world input–output database: The case of global automotive production. *Review of International Economics*, 23, 575–605.

Modeling the price balance of industries with intermediate producers in the closed economy

© 2023 N.A. Moiseev, I.A. Vnukov, E.E. Rebeka

N.A. Moiseev,

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia; e-mail: moiseev.na@rea.ru

I.A. Vnukov,

HSE University, Moscow, Russia; e-mail: jvnukov@yandex.ru

E.E. Rebeka,

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia; e-mail: rebeka.ee@yandex.ru

Received 11.04.2023

The work was carried out within the framework of the project of the Russian Science Foundation (project 22-78-10150) ("Development of a system for assessing and optimal planning of the implementation of state economic projects in conditions of geo-political risks").

Abstract. Despite the high degree of development of the mathematical apparatus of microeconomic theory, insufficient attention in the literature is paid to modeling the behavior of economic sectors under the influence of external shocks, taking into account their intersectoral relationships. In particular, we are proposing about the study of the pricing policy of industries, which has a direct impact on the magnitude of demand, output and marginality. In this regard, the purpose of this work is to analyze the change in the value added of industries in the context of economic shocks. To achieve this goal, the authors have developed a methodology for modeling the behavior of economic agents in terms of their pricing policy, based on the introduction of demand functions for final consumption in the input-output methodology. Using the proposed methodology, the dynamics of prices for products is studied, taking into account intersectoral dependence, as well as its impact on production volume, value added, marginality and output of each sector. The pricing model also included industries that do not produce products for the final consumer. The proposed methodology was tested on the example of three sectors and gave the following key results. The marginality of industries that do not produce products for the final consumer does not depend on the parameters of the demand functions for the final product. The marginality of such industries is affected only by the structure of intermediate consumption. Too high a level of technological dependence of industries on the intermediate industry is just as unprofitable for it as too low. The results of this work can be useful for planning public investments and assessing their effects on key sectors of the economy.

Keywords: intersectoral balance, intermediate sector, optimization, price policy, economic theory, modeling.

JEL Classification: C21, C54, C67.

For reference: **Moiseev N.A., Vnukov I.A., Rebeka E.E.** (2023). Modeling the price balance of industries with intermediate producers in the closed economy. *Economics and Mathematical Methods*, 59, 4, 32–44. DOI: 10.31857/S042473880028236-8 (in Russian).