

Моделирование функционирования производственно-хозяйственной цепи

Любященко София Николаевна,

кандидат экономических наук, доцент,

доцент кафедры экономической теории

Новосибирского государственного университета

экономики и управления – «НИИХ»,

Россия, 630099, г. Новосибирск, ул. Каменская, 56

ORCID: 0000-0002-8484-5232

lubsofia@yandex.ru

Аннотация

Восстановление и проектирование эффективно функционирующих производственно-технологических цепей сложной структуры, состоящих из совокупности фирм с вертикальными и горизонтальными взаимосвязями, является важной задачей современной экономики в России. Реализация программы «Новая индустриализация» возможна на основе крупных интегрированных структур, способных осуществлять инновации и модернизацию производства. Динамика бизнес-процессов, обусловленная кризисными тенденциями, ведет к необходимости поиска наиболее эффективных форм взаимодействия участников внутри иерархических структур, позволяющих повысить степень их конкурентоспособности на рынках. В этой связи методология анализа подобных производственных систем для принятия оптимальных управленческих решений нуждается в дальнейшем совершенствовании. Классические микро- и макроэкономические модели не в полной мере способны описать реальные бизнес-процессы на отраслевых рынках в условиях растущей концентрации. Необходим комплексный подход к исследованию современных крупных фирм и цепей поставок. В качестве методологической базы в работе используется синтез теории организации промышленности и неоклассической экономической теории.

Система с горизонтальным и вертикальным взаимодействием фирм, функционирующая на рынке, экономически заинтересована в достижении более высоких результатов деятельности, прежде всего за счет более эффективного использования ресурсов. Актуальность этой проблемы требует моделирования параметров деятельности компаний при различных стратегиях поведения. В статье для описания функционирования таких систем предложен подход, основанный на матричном моделировании, основным инструментом в котором является технологическая матрица, разработанная с учетом требований к матрицам межотраслевого баланса. Показано, что использование этой методологии позволяет адекватно описывать вза-

имодель взаимодействия фирм, отображать материальные потоки, определять важные показатели системы и фирм (конечный и валовый продукты, объемы ресурсов, затраты) и проводить анализ на качественном уровне. Предложена экономико-математическая модель, которая используется как для расчета экономических характеристик работы системы и фирм, так и для проектирования структуры технологической цепи.

Ключевые слова: новая экономическая политика, планирование, рынок производственно-технологической цепи, вертикальная и горизонтальная интеграция, методология межотраслевого баланса, экономико-математическая модель.

Modeling the Functioning of the Production and Economic Chain

Sofia Lyubyashchenko,

Cand. Sc. (Economics), Associate Professor,

Associate Professor of the Department of Economic Theory,

Novosibirsk State University of Economics and Management,

56 Kamenskaya Street, Novosibirsk, 630099, Russian Federation

ORCID: 0000-0002-8484-5232

lubsofia@yandex.ru

Abstract

Restoration and design of efficiently functioning production and technological chains of complex structure, consisting of a set of firms with vertical and horizontal interconnections, is an important task of the modern economy in Russia. The implementation of the 'new industrialization' program is possible on the basis of large integrated structures capable of implementing innovations and modernization of production. The dynamics of business processes caused by crisis trends leads to the need to find the most effective forms of interaction between participants within hierarchical structures, allowing them to increase their competitiveness in the markets. In this regard, the methodology of analyzing such production systems for making optimal management decisions needs further improvement. Classical micro and macroeconomic models are not fully capable of describing real business processes in industry markets in conditions of increasing concentration. A comprehensive approach to the study of modern large firms and supply chains is needed. The synthesis of the theory of industrial organization and neoclassical economic theory is used as a methodological basis in the work.

A system with horizontal and vertical interaction of firms operating in the market is economically interested in achieving higher performance results and, above all, through more efficient use of resources. The relevance of this problem requires modeling the parameters of companies' activities under various behavioral strategies. In the article, an approach based on matrix modeling is proposed to describe the functioning of such systems, in which the main tool is a technological matrix developed taking into account the requirements for an in-

put-output matrix. It is shown that the use of the methodology makes it possible to adequately describe the interaction of firms, display material flows, determine important indicators of the system and firms (final and gross products, volumes of resources, costs) and analyze at a qualitative level. An economic and mathematical model is proposed, which is used both to calculate the economic characteristics of the system and firms, and to design the structure of the technological chain.

Keywords: new economic policy, planning, market, production and technological chain, vertical and horizontal integration, methodology of intersectoral balance, economic and mathematical model.

Библиографическое описание для цитирования:

Любашченко С.Н. Моделирование функционирования производственно-хозяйственной цепи // Идеи и идеалы. – 2024. – Т. 16, № 1, ч. 2. – С. 333–350. – DOI: 10.17212/2075-0862-2024-16.1.2-333-350.

Lyubyashchenko S. Modeling the Functioning of the Production and Economic Chain. *Ideji i idealy = Ideas and Ideals*, 2024, vol. 16, iss. 1, pt. 2, pp. 333–350. DOI: 10.17212/2075-0862-2024-16.1.2-333-350.

Введение

В условиях новой геополитической реальности и внешнеэкономических вызовов, с которыми столкнулась Россия, необходимо решить масштабные задачи: восстановить промышленность, обеспечить инновационный рывок, решить проблему импортозамещения, диверсифицировать структуру национальной экономики. Для этого необходимо применение новых механизмов государственного и корпоративного планирования в сфере промышленности.

Технологическое развитие экономики требует управления ключевыми параметрами промышленного сектора – скоростью кругооборота капитала, инвестициями – в целях ускоренного обновления основных фондов и повышения уровня технологичности производств с учетом современных достижений НТП.

Санкционное давление на российскую экономику привело к разрыву технологических цепей и проблемам с поставкой комплектующих, что не могло не сказаться на объемах производства высокотехнологичных товаров с высокой добавленной стоимостью, который и до начала гибридной войны был весьма ограничен на мировых рынках, а их качество уступало иностранным аналогам.

Сегодня первостепенной задачей государства становится обеспечение производственного суверенитета страны за счет трансформации цепей поставок на базе собственных технологий и выстраивания новых способов взаимодействия с дружественными странами. В ключевых отраслях народ-

ного хозяйства процессы перевооружения на основе инноваций должны протекать ускоренными темпами. Реализация этих процессов возможна за счет построения горизонтально и вертикально интегрированных цепей.

Преимущества вертикальной интеграции были описаны нами ранее [8]. Полная или частичная интеграция фирм в цепи поставок позволяет получить более высокую прибыль за счет увеличения объема производства и оптимизации структуры затрат. При этом потребитель не страдает от завышения цены или ограничения выпуска в результате роста концентрации. Конкурентоспособность и рентабельность таких структур повышается за счет улавливания синергетического эффекта, бесперебойных поставок комплектующих и оборудования, гибкого ценообразования. Прирост прибыли от интеграции способствует наращиванию инвестиционного потенциала компаний и повышению их конкурентоспособности.

Таким образом, восстановление производственных цепочек в обрабатывающей промышленности на основе любой формы интеграции позволит сконцентрировать ресурсы для решения проблемы модернизации производства и будет способствовать реализации стратегической задачи обеспечения технологического суверенитета и устойчивого роста экономики. Для решения этих задач немаловажным является анализ структуры производственных цепей и понимание наиболее эффективных вариантов консолидации участников рынка. Актуальность работы обусловлена недостаточной изученностью горизонтально и вертикально интегрированных фирм в цепях поставок в современной научной литературе.

Следует выделить достижения российских и зарубежных авторов, изучающих такие структуры с позиции оценки их эффективности и влияния крупных фирм на результаты функционирования рынков. Назовем такие имена, как Н.М. Розанова, С.Б. Авдашева, В.И. Мамонов, Ф. Шерер и Д. Росс, Ж. Тироль [2, 11, 13, 14]. В работах этих ученых исследуется интеграция как фактор усиления рыночной власти и ее последствия для общественного благосостояния, а также сделан акцент на конкурентных преимуществах интегрированных фирм и создании барьеров входа на рынок. Теория Р. Коуза рассматривает стратегию роста фирм на основе анализа транзакционных издержек [6]. В целом сходство работ в рамках экономики фирмы и теории отраслевых рынков заключается в рассмотрении вертикальной интеграции как необходимого факта работы в цепи поставок и выживания в условиях конкуренции на рынке. Однако практически отсутствуют исследования длинных и разветвленных по горизонтали и вертикали производственных цепей на основе модельных конструкций.

В работе В.А. Ильина на основе методологии межотраслевого баланса были предприняты попытки построения вертикально интегрированных фирм, оценки вклада каждой компании в ее общий финансовый результат. Более высокую эффективность вертикально интегрированной структуры В.А. Ильин и соавторы объясняют «более высоким значением коэффициента добавленной стоимости вновь образованной структуры по сравнению с суммой значений данного показателя для входящих в ее состав фирм» [3].

Таким образом, целью исследования является разработка методологического подхода для изучения эффективных промышленных объектов сложной структуры.

Объект исследования – производственно-хозяйственные цепи с горизонтальными и вертикальными взаимосвязями.

Методологию исследования формируют способы анализа современных производственно-хозяйственных цепей, находящиеся на стыке теории фирмы, отраслевых рынков, экономической теории, математического анализа. Методологической базой эконометрических моделей является матричное моделирование и способы оптимизации на основе линейного программирования.

Научная новизна исследования заключается в попытке применения методологии межотраслевого баланса для изучения производственных цепей поставок с горизонтальными и вертикальными взаимосвязями.

Обзор публикаций по данной проблематике свидетельствует о том, что в последнее время растет интерес к методологии межотраслевого баланса в контексте обсуждения новой промышленной политики государства и кризиса либерализма.

В работах Б.Т. Рябушкина представлен обзор методологических проблем, связанных с построением межотраслевых балансов [12]. А.О. Баранов, З.Б.-Д. Дондоков, Ю.М. Слепенкова предлагают использовать региональные межотраслевые модели для прогнозирования развития экономики регионов, рассматривают проблемы построения региональных межотраслевых таблиц, структурируют информацию о существующих методах «регионализации» национальных межотраслевых таблиц [4].

Е.В. Лукин предлагает использовать методику МОБ для прогнозирования последствий государственной политики по созданию особых экономических зон и реализации федеральных целевых программ [7].

В работе П.В. Шеметова, В.И. Мамонова, А.Ю. Руди сделан акцент на возможности использования инструментария матричных балансовых моделей для определения рационального использования крупных и эффективных ресурсов региона [15]. Таким образом, методология МОБ в основном используется для анализа систем на макроуровне.

Теоретические аспекты построения межотраслевого баланса

Создание интегрированных предприятий в промышленности требует совершенствования методологических подходов к оценке их деятельности. Для обоснования эффективности горизонтально-вертикальных отношений предлагается использовать идею межотраслевого баланса.

Достижением В. Леонтьева является развитие методологии межотраслевого баланса, которая становится базовой в системе государственного планирования народного хозяйства в СССР в период 1929–1955 годов. В 1930-х годах он успешно реализовал этот метод при построении первых таблиц «затраты – выпуск» для США за 1919 и 1929 годы по 44 отраслям экономики [7]. В России последние публикации таблиц «затраты – выпуск» относятся к 2003 году. Данные в них были агрегированы в 24 вида продуктов (промышленность представлена 13 видами) [7].

Использование методологии межотраслевого баланса позволяет отражать экономические процессы на уровне макроэкономики, ее отраслевой и институциональной структуры, осуществлять сценарные расчеты последствий принимаемых решений. Между тем возможности использования этого подхода при анализе и моделировании экономики существенно ограничиваются слабым развитием статистики. В частности, в настоящее время органы государственной статистики не разрабатывают полной системы счетов, отсутствуют региональные межотраслевые балансы, крайне проблематично выделение «чистых» отраслей. Базы данных ведущих стран по объему и качеству статистики (США, Япония и Нидерланды) превосходят российскую статистику и отражают важнейшие статистические показатели в разрезе отраслей, рынков и регионов по всем материальным затратам, занятости, инвестициям, прибыли, субсидиям и налогам, процентным доходам и расходам, ценам, доходам, логистике и т. д.

Использование данного подхода на микроуровне для анализа функционирования сложных горизонтально и вертикально интегрированных производственных структур открывает новые возможности для оптимизации их деятельности, а следовательно, развития промышленности и требует меньшего объема статистических данных.

Таким образом, применение этой методологии позволяет повысить скоординированность использования важнейших крупных ресурсов структуры, рассчитать экономический эффект при различных вариантах развития ситуации. То есть при успешном встраивании методологии МОБ в систему планирования деятельности цепей поставок возможности для анализа и прогнозирования возрастают.

Основой аналитической системы В. Леонтьева является таблица «затраты – выпуск». В этой таблице показано, как продукция каждой отрасли

распределяется между другими отраслями и секторами экономики. В то же время она показывает вклад в каждую отрасль со стороны других отраслей и секторов. На практике таблица «затраты – выпуск» может включать от 50 до 200 отраслей в зависимости от желаемой степени агрегирования. В США в 1947 году она содержала 500 отраслей [16].

При составлении межотраслевого баланса часто возникает потребность применения таких методов, как агрегирование и дезагрегирование (масштабирование). В первом случае применяется подробная разбивка по отраслям и секторам, чтобы выявить узкие места при расширении производства. Однако бывают и обратные случаи, когда полезно объединить секторы экономики в более компактную форму. Чаще всего аналитики стремятся к максимальной степени дезагрегирования при построении базовой таблицы транзакций, поскольку в модели В. Леонтьева используется понятие «чистая отрасль».

Таблица «затраты – выпуск» – это гибкий аналитический инструмент. Он может быть составлен настолько подробно или сжато, насколько это необходимо для любой конкретной цели. Единственное ограничение заключается в построении квадратной матрицы. Так, базовая модель может изменяться в зависимости от аналитического применения, для которого она предназначена.

Серьезная проблема при составлении межотраслевого баланса на макроуровне заключается в выделении «чистых отраслей». Фирмы, которые производят однородный товар или услугу, используя при этом однотипные технологии и ресурсы, образуют отрасль. Концепция отрасли является нечеткой из-за проблемы взаимозаменяемости товаров. Современные крупные фирмы, как правило, представляют собой многопродуктовые структуры, поскольку являются диверсифицированными и производят широкий спектр товаров. В современной российской статистике учет ведется по видам деятельности. Для решения этой проблемы предлагается рассматривать фирму как структуру со множеством подразделений, соответствующих количеству выпускаемых продуктов. Это позволит нам приблизиться к понятию «чистая отрасль».

После построения таблицы «затраты – выпуск» за предшествующий период может быть составлена матрица технологических коэффициентов. Технологические коэффициенты могут быть представлены как в денежном, так и в натуральном выражении. Если входные коэффициенты относительно стабильны или их можно скорректировать на основе новой информации, то использование подобных таблиц позволяет типичной фирме в отрасли планировать объем закупок непосредственно у каждого поставщика в случае увеличения общего объема собственного производства.

Таблица прямых коэффициентов сама по себе имеет ограниченную полезность, поскольку она показывает лишь изменение объема производства одной отрасли в зависимости от отраслей, у которых она закупает ресурсы. Однако эта таблица формирует основу для решения проблемы определения прироста ресурсов в результате приращения производства в отдельных отраслях (фирмах), которая будет обсуждаться в следующем разделе статьи.

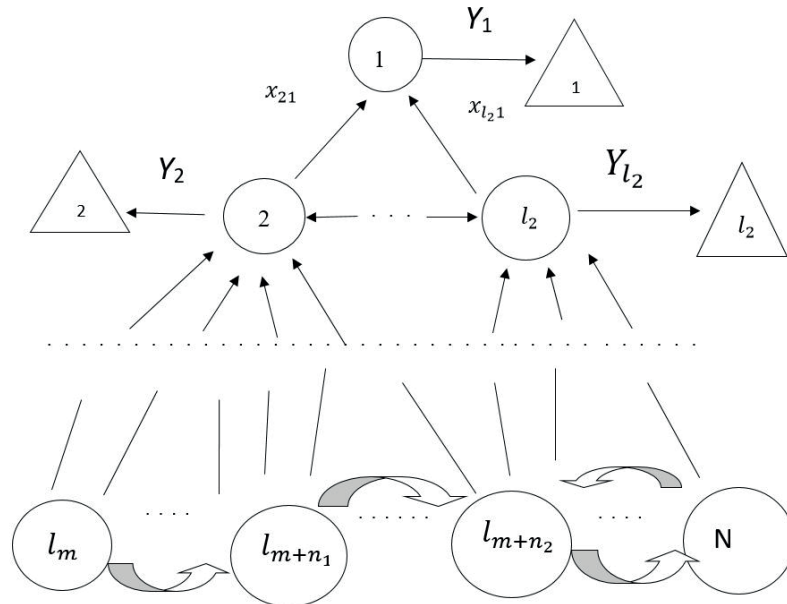
Восстановление производственных цепочек в российской экономике на основе горизонтальных и вертикальных связей позволит сконцентрировать ресурсы для решения проблемы восстановления и модернизации промышленности и будет способствовать реализации стратегической задачи обеспечения роста экономики.

Описание системы в терминах межотраслевого баланса

Производство сложных высокотехнологичных товаров осуществляется структурами, состоящими из совокупности фирм, связанных между собой вертикальными и горизонтальными связями. Такие связи отражают материально-вещественные потоки как результаты производственных процессов, выполняемых участниками системы, которые образуют сложную производственно-технологическую цепь. Изучению таких сложных систем, состоящих из большого количества взаимосвязанных организационных единиц, имеющих общую конечную цель, уделяется всё большее внимание. Между тем публикаций, посвященных разработке инструментария по проектированию таких систем, математическому моделированию их деятельности и оптимизации, для научного обсуждения проблемы совершенно недостаточно. В публикациях превалирует дескриптивный формат и описательное моделирование, несмотря на имеющиеся научные разработки и прикладные результаты по проблеме, полученные многими авторами.

Рассматривая успешные зарубежные практики по производству сложных высокотехнологичных товаров (автомобилестроение, станкостроение, приборостроение т. д.), можно установить, что структура системы представляет собой пирамидальную сеть фирм с горизонтальным и вертикальным взаимодействием. Каждая фирма в такой структуре выполняет частный производственный процесс, изготавливая определенное изделие (комплектующие изделия), предназначенное для выпуска конечного изделия (изделий) головной (фокусной) фирмой, выполняющей, как правило, сборочный процесс.

В работе автор для моделирования функционирования системы и экономико-математического анализа результатов деятельности использует один из инструментариев анализа сложных систем в экономике, основанный на методологии межотраслевого баланса [10].



Общая структура производственно-технологической цепи [10]

General Structure of the production and technological chain [10]

На рисунке обозначено:

○ – фирма (предприятие), которая производит изделия конечного продукта, комплектующие изделия либо изделия конечного продукта и комплектующие одновременно;

△ – оптовые потребители изделий для их продажи на рынке;

→ – потоки комплектующих изделий и изделий конечного продукта, $j = 1, \dots, n$;

Y_j – объем изделий конечного продукта j -го вида;

x_{ij} – объемы поставок одной фирмой комплектующих i -го вида для производства другой фирмой комплектующих изделий (или изделия конечного продукта) j -го вида в системе, $i, j = 1, \dots, n$;

N – число фирм технологической цепи;

$(N - l_m) + 1$ – число фирм на уровне m .

Такая структура фактически является отражением схемы сборочного состава конечного изделия (изделий) и представляет собой объединение производственных процессов во времени и пространстве в единую производственно-технологическую цепь. Графически система иллюстрируется так, как представлено на рисунке.

Поскольку целью системы является изготовление изделий, а в основе структуры лежит схема сборочного состава изделия, то логичным

будет рассматривать материально-вещественные потоки в производственно-технологической цепи (дереве) в физических и натуральных единицах.

Рассмотрим фирмы в системе. В зависимости от назначения все изделия, производимые в технологической цепи, можно разделить на три группы: изделия, предназначенные только для комплектации; изделия, которые одновременно являются комплектующими и конечным продуктом для потребителя на рынке, и, наконец, изделия, которые фирма изготавливает на рынок. Соответственно этому в технологической цепи фирмы могут производить изделия в любом наборе их наименований. Допускаем, что в структуре могут быть фирмы, производящие только комплектующую продукцию, а также внутренний аутсорсинг. При такой наблюдаемой в действительности практике методология создания технологической матрицы потребует рассмотрения фирмы в количестве подразделений, соответствующем количеству наименований производимых изделий. Таким образом, число фирм в системе меньше количества наименований изделий в технологической цепи, которое определяет размерность квадратной технологической матрицы. Индексом j обозначим вид изделия в системе, $j = 1, \dots, n$, где n – количество наименований изделий в системе. Через N обозначим число фирм в системе, $u = 1, \dots, N$. Для упрощения последующих записей применена сплошная нумерация изделий в системе: $j = n_{u-1}, \dots, n_u, n_0 = 1$. Поскольку изделия, предназначенные для продажи на рынке, являются конечным продуктом всей структуры, то выделим для каждой фирмы множество индексов продукции конечного выпуска: $J_u, j \in J_u, u = 1, \dots, N$. Для некоторых фирм это множество может быть пустым.

Рассмотрим построение технологической матрицы.

Поскольку все балансовые соотношения основаны на материальных потоках, выражаемых в физических единицах, то при расчете коэффициентов прямых затрат следует принять во внимание коэффициенты входимости. Речь идет о том, что на разных уровнях изготовления изделий на их производство требуется больше, чем одно комплектующее изделие конкретного наименования. Производственно-технологические цепочки в виде структуры, показанной на рисунке, предназначены для изготовления сложных изделий одного наименования или небольшого количества наименований изделий. Для таких профильных изделий существует обязательный документ – схема сборочного состава изделия. Этот документ является источником информации о коэффициентах входимости, которые используются для определения коэффициентов прямых затрат технологической матрицы.

Основное балансовое уравнение системы в матричной форме имеет следующий вид [10]:

$$X - AX = Y \text{ или } (E - A)^{-1} X = Y, \quad (E - A)^{-1} = \{a_{ij}\}, \quad i, j = 1, \dots, n,$$

здесь $X = (X_1, \dots, X_j, \dots, X_n)$ – вектор объемов выпуска продукции в системе; $Y = (Y_1, \dots, Y_j, \dots, Y_n)$ – вектор объемов конечной продукции системы, где $Y_j \neq 0, j \in J_u, u = 1, \dots, N$, технологическая матрица $A = \{a_{ij}\}, i, j = 1, \dots, n$ – матрица коэффициентов прямых затрат i -й продукции на производство единицы j -й продукции;

$(E - A)^{-1} = \{a_{ij}\}, i, j = 1, \dots, n$ – коэффициенты полных затрат комплектующих видов продукции на производство единицы конечного продукта.

В системе с горизонтальной и вертикальной интеграцией фирм существует два разных потока ресурсов. Первый – это поток материально-вещественных компонентов между фирмами в системе (комплектующие, комплекты изделий, изделия), которые по существу являются ресурсами для потребляющих их фирм в целях производства конечного продукта. Особенность этого потока заключается в том, что он формируется и функционирует внутри системы. Второй поток – это поток ресурсов, приобретаемых участниками системы во внешней среде и обеспечивающих организацию производственного процесса по созданию конечной продукции. В системе измерение потребляемых ресурсов производится в натуральных единицах. Матрица ресурсов $RM = \{r_{kj}\}, k = 1, \dots, K; j = 1, \dots, n$ состоит из элементов, каждый из которых характеризует норму расхода конкретного вида ресурса в натуральных единицах либо на единицу конкретного вида продукции, либо на условную единицу в зависимости от масштаба, принятого при расчете коэффициентов затрат матрицы A с учетом коэффициентов входимости.

Обратимся к матричному равенству $(E - A)^{-1} Y = X$. Умножим правую и левую части равенства на матрицу ресурсов RM :

$$RM (E - A)^{-1} Y = RM X.$$

Элемент b_{kj} матрицы $B = RM (E - A)^{-1} = \{b_{kj}\}, k = 1, \dots, K, j = 1, \dots, n$ есть норма расхода k -го вида ресурса (с учетом расхода на внутренний продукт) на единицу конечного продукта j -го вида. Умножая матрицу B на заданный конечный продукт покомпонентно, получаем соответствующий ему вектор ресурсов. Если системе требуется определить количество дополнительных ресурсов при установленных ею приростах продукции конечного выпуска, то из выражения

$$B (Y + \Delta Y) = RM (X + \Delta X) = (R + \Delta R)$$

количество дополнительных ресурсов определим следующим образом:

$$B \Delta Y = RM \Delta X = \Delta R,$$

где $R = (R_1, \dots, R_k, \dots, R_k)$ – вектор ресурсов в системе.

Технологическая матрица коэффициентов прямых затрат $A = \{a_{ij}\}$,
промежуточный, валовой и конечный продукты системы [10]

Technological matrix of direct cost coefficients $A = \{a_{ij}\}$, intermediate,
gross and final products of the system [10]

Производство изделий и комплектующих фирмами в системе	Фирмы	Потребление комплектующих изделий в системе				Промежуточный продукт	Конечный продукт	Валовый продукт	
	Фирма 1	...	$J = n_{u-1} + 1$	...	$J = n_u$	...	...	...
	$J = 1$...	$a_{1,n_{u-1}+1}$...	a_{1,n_u}	...	$\sum_{j=1}^n a_{1j} X_j$	Y_1	X_1
	$J = n_1$...	$a_{n_1,n_{u-1}+1}$...	a_{n_1,n_u}	...	$\sum_{j=1}^n a_{n_1j} X_j$	Y_{n_1}	X_{n_1}
	Фирма u	...	...	...	...	...	...	...
	$J = n_{u-1} + 1$	...	...	...	...	...	...	...
	$J = n_u$	...	...	...	...	...	...	...
	Фирма N	...	...	...	...	...	...	...
	$J = n_{N-1} + 1$...	$a_{n_{N-1}+1,n_{u-1}+1}$...	$a_{n_{N-1}+1,n_u}$...	$\sum_{j=1}^N a_{n_{N-1}+1,j} X_j$	$Y_{n_{N-1}+1}$	$X_{n_{N-1}+1}$
	$J = n$...	$a_{n,n_{u-1}+1}$...	a_{n,n_u}	...	$\sum_{j=1}^n a_{nj} X_j$	Y_n	X_n

Описание производственных связей фирм, образующих структуру горизонтально-вертикальной интеграции, на основе модельной конструкции межотраслевого баланса позволяет давать экономическую оценку значения и роли каждого участника системы в приращении конечного и валового продукта.

Система с горизонтальным и вертикальным взаимодействием фирм, функционирующая на рынке, экономически заинтересована в достиже-

нии более высоких результатов деятельности прежде всего за счет более эффективного использования ресурсов. Для рассматриваемой системы результатом можно считать прирост конечного продукта за счет дополнительного использования ресурсов. Вообще, поведение системы реализует один из подходов: либо система задает параметры прироста конечного продукта, а затем определяет количество и виды ресурсов и обеспечивает их эффективное использование, либо при заданных (имеющихся) ресурсах система обеспечивает максимальные показатели прироста конечного продукта. Оба подхода эквивалентны.

Рассматривая систему, которая производит продукцию и возмещает издержки, всегда приходится сталкиваться с решением проблемы соизмерения затрат и результатов. Анализ влияния затрат на результаты системы становится существенно более содержательным и качественным, когда модельная схема функционирования системы включает рассмотрение потребления ресурсов. Анализ проблемы «затраты – результаты» обоснованно ставит вопрос о целесообразности использования оптимизационных моделей [1]. Заметим, что в зависимости от цели и задач исследования оптимизационный подход может быть реализован различными экономико-математическими моделями.

Пусть система считает целесообразным увеличение конечного продукта. Руководствуясь соображениями экономического характера, система будет задавать значения прироста конечного выпуска по наименованиям продукции и одновременно будет определять количество требуемых ресурсов, которые она приобретает на рынке. Поэтому реалистичной является следующая постановка задачи: система располагает определенной суммой средств на приобретение дополнительных ресурсов (если речь идет о приростах конечной продукции) в целях максимизации прироста конечного продукта в стоимостном выражении. Итак, содержательная формулировка задачи системы заключается в следующем: в условиях ограниченности средств системы, которые могут быть затрачены на приобретение дополнительных ресурсов и их использование в производстве, требуется определить значения приростов по видам продукции, обеспечивающим максимизацию прироста конечной продукции системы в стоимостном выражении, а также найти количество ресурсов по видам, которые могут быть приобретены на выделенные средства. Очевидно, что при такой постановке приросты продукции по видам и количество ресурсов по наименованиям являются искомыми величинами. Для формальной записи задачи введем обозначение постоянных и переменных величин.

Векторы цен:

– на виды конечной продукции системы $C = (c_1, c_2, \dots, c_m)$;

– на виды ресурсов, используемых системой $P = (p_1, p_2, \dots, p_k)$;

ΔY_j – величина прироста j -го вида конечной продукции;
 ΔR_k – прирост ресурсов k -го вида для обеспечения прироста конечного (валового) выпуска;
 b_{kj} – элементы матрицы B ;
 S – лимит средств, выделяемых системой на приобретение дополнительных ресурсов.

Сформулируем экономико-математическую постановку задачи:

$$\sum_{j=1}^m c_j \Delta Y_j \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^m b_{kj} \Delta Y_j - \Delta R_k \leq 0, \quad k = 1, \dots, K; \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^K p_k \Delta R_k \leq S; \quad (3)$$

$$g_u(\Delta Y, \Delta R) = 0, \quad u = 1, \dots, U; \quad (4)$$

$$\Delta Y_j, \Delta R_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, m; \quad k = 1, \dots, K. \quad (5)$$

В модели целевая функция (1) отражает стремление максимизировать прирост конечного продукта в стоимостном выражении. Условие (2) ограничивает использование ресурсов каждого вида на прирост конечного продукта свыше определенного значения. В условии (3) сумма ресурсов в стоимостном выражении не может превышать величины средств, выделенных системой для приобретения ресурсов. Как видно из постановки задачи, искомыми переменными являются приросты конечного выпуска по видам продукции и прирост ресурсов, т. е. в результате решения они определяются одновременно.

Ограничение (3) описывает условия выбора приростов. Экономико-математическая модель отражает такую ситуацию, когда в системе устанавливаются объемы выпуска конечной и валовой продукции в виде целевых заданий. При функционировании такие системы не используют функцию спроса. В этом случае система с помощью условий (2)–(4) моделирует ситуацию и определяет одновременно величины прироста продукции и ресурсов.

Условие (3) определяет объемы ресурсов в зависимости от выделенных на эту цель средств (S) с учетом цен их приобретения. Это обязательное требование. Однако на практике оно не единственное: в выражении (2) должны быть учтены ограничения на связанность ресурсов, на ограничение их величины производственными мощностями подразделений фирм, входящих в систему, наличие ресурсов в запасах в системе, разная степень

доступности ресурсов и др. Поэтому выражение (3) должно состоять из набора структурных ограничений ресурсов. Аналогичные соображения могут быть высказаны и относительно структурных соотношений прироста конечного выпуска. Совокупность условий (4) отражает управленческие решения системы относительно прироста тех или иных видов продукции конечного выпуска и ресурсов (например, обнуление прироста отдельных видов продукции, задание соотношений производимых продуктов, исключение по ряду причин отдельных ресурсов). При расширении системы ограничений модели весьма эффективным инструментом экономико-математического анализа получаемых решений и выработки управленческих воздействий в системе является использование выводов теории двойственности задач линейного программирования и аппарата двойственных оценок.

Экономико-математическая модель (1)–(5) может быть использована для построения зависимости значений суммарной величины конечного продукта в стоимостном выражении от величины средств, выделяемых системой на приобретение ресурсов. Такую серию сценарных вариантов можно выполнять при различной системе структурных ограничений (4). Эффективным инструментом для проведения сценарных просчетов является программная среда Matlab.

Следует отметить, что в экономике все содержательно формулируемые и имеющие практическую ценность задачи сводятся в конечном итоге к одной – к проблеме измерения затрат и результатов. Вот и здесь необходимо определить, что есть затраты, в чём их измерить и где их осуществлять; с другой стороны, нужно определить результат, измерить его и дать оценку в сопоставлении с осуществленными затратами. В нашем случае затраты – это ресурсы, а результат – это конечный продукт. Решение задачи дает возможность сравнить затраты на ресурсы (S) со стоимостным выражением прироста конечного продукта системы.

Заключение

Рассмотренная в статье производственно-технологическая цепь с горизонтальным и вертикальным взаимодействием фирм является сложной системой, требующей для своего описания адекватного инструментария. Представляется, что такой инструментарий предложен и обоснован. Подход реализует матричное моделирование, основу которого составляет технологическая матрица, построенная по требованиям, которым удовлетворяет матрица межотраслевого баланса [9]. Подход позволяет описывать все возможные взаимосвязи в системе и при необходимости оперативно проектировать структуру цепи (в среде Matlab это сводится к добавлению (уменьшению) столбцов или строк технологической матрицы). Техноло-

гическая матрица содержит информацию, которая позволяет выполнять экономико-математический анализ взаимосвязей в системе, определять экономические характеристики фирм и системы в целом.

Предложенная экономико-математическая модель используется для исследования системы в зависимости от поставленных целей. Она может работать как программное средство определения соотношения между устанавливаемыми в системе приростами конечного продукта и валовым продуктом, объемом и затратами на используемые ресурсы. Другое использование модели состоит в одновременном моделировании двух процессов: проектирования системы через изменение взаимосвязей и количества участников и установления зависимости экономических показателей системы от количества ресурсов при достижении фирмами полного использования ими производственной мощности.

Многие вопросы функционирования таких реальных производственно-технологических цепей в настоящей статье не затронуты. Прежде всего речь в ней шла об учете спроса на продукцию системы, не обсуждались механизмы формирования трансфертных цен в системе. Эти вопросы требуют самостоятельного рассмотрения.

Литература

1. *Аганбегян А.Г., Гранберг А.Г.* Экономико-математический анализ межотраслевого баланса СССР. – М.: Мысль, 1968. – 357 с.
2. *Авдашева С.Б., Дзагурова Н.Б.* Вертикальные ограничивающие контракты и их интерпретация в антимонопольном законодательстве // Вопросы экономики. – 2010. – № 5. – С. 110–122. – DOI: 10.32609/0042-8736-2010-5-110-122.
3. Анализ и моделирование экономики на основе межотраслевого баланса: монография / В.А. Ильин, Т.В. Ускова, Е.В. Лукин, С.А. Кожевников; под науч. рук. В.А. Ильина. – Вологда: ВолНИЦ РАН, 2017. – 158 с.
4. *Баранов А.О., Дондоков З.Б.-Д., Слепенкова Ю.М.* Построение и использование региональных межотраслевых моделей для анализа и прогнозирования развития экономики регионов // Идеи и идеалы. – 2016. – № 4 (30), т. 2. – С. 66–85. – DOI: 10.17212/2075-0862-2016-4.2-66-85.
5. *Галушка А.С., Ниязметов А.К., Окулов М.О.* Кристалл роста к русскому экономическому чуду. – М.: Наше завтра, 2021. – 360 с.
6. *Коуз Р.* Фирма, рынок и право: пер. с англ. – М.: Новое издательство, 2007. – 224 с.
7. *Лукин Е.В.* О роли межотраслевого баланса в государственном регулировании экономики // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 41–58. – DOI: 10.15838/esc.2017.3.51.2.
8. *Любященко С.Н.* Стратегия поведения фокусной фирмы в цепи поставок: взаимодействие с поставщиком и потребителем // Современная конкуренция. – 2023. – Т. 17, № 3 (93). – С. 55–65.

9. Любязенко С.Н. Моделирование производственных структур с горизонтальными и вертикальными взаимосвязями // Институциональная трансформация экономики: правила эффективной политики (Восточная конференция ГЕ-2023): материалы VIII Международной научной конференции. – Новосибирск, 2023. – С. 148–149.
10. Любязенко С.Н. Моделирование работы технологической цепи с вертикальными и горизонтальными взаимосвязями участников и учетом спроса // Современная конкуренция. – 2023. – Т. 17, № 6 (96). – С. 61–76.
11. Розанова Н.М. Экономика отраслевых рынков. – М.: Юрайт, 2013. – 906 с.
12. Рябушкин Б.Т. История создания и развития отечественного межотраслевого баланса и его места в статистике и макроанализе // Вестник Университета. – 2013. – № 17. – С. 187–192.
13. Тифоль Ж. Рынки и рыночная власть: теория организации промышленности. – СПб.: Экономическая школа, 1996. – 745 с.
14. Шерер Ф., Росс Д. Структура отраслевых рынков. – М.: Инфра-М, 1997. – 697 с.
15. Шеметов П.В., Руди А.Ю., Мамонов В.И. Разработка показателей связанности, структурной и количественной устойчивости отраслевой системы на основе матричных балансовых моделей // Вестник НГУЭУ. – 2012. – № 2. – С. 100–104.

References

1. Aganbegyan A.G., Granberg A.G. *Ekonomiko-matematicheskii analiz mezhotraslevogo balansa SSSR* [Economic and mathematical analysis of input-output balance of the USSR]. Moscow, Mysl' Publ., 1968. 357 p.
2. Avdasheva S., Dzagurova N. Vertikal'nye ogranichivayushchie kontrakty i ikh interpretatsiya v antimonopol'nom zakonodatel'stve [Vertical Restrictions: Development of Theory, Antitrust Legislation and Enforcement]. *Voprosy ekonomiki = Issues of Economics*, 2010, no. 5, pp. 110–122. DOI: 10.32609/0042-8736-2010-5-110-122.
3. Il'in V.A., Uskova T.V., Lukin E.V., Kozhevnikov S.A. *Analiz i modelirovanie ekonomiki na osnove mezhotraslevogo balansa* [Analysis and modeling of the economy based on input-output balance]. Vologda, VolNTs RAN Publ., 2017. 158 p.
4. Baranov A.O., Dondokov Z.B.-D., Slepenskova Yu.M. Postroenie i ispol'zovanie regional'nykh mezhotraslevykh modelei dlya analiza i prognozirovaniya razvitiya ekonomiki regionov [Construction and using regional input-output models for analysis and forecasting of regions' economy development]. *Idei i Idealy = Ideas and Ideals*, 2016, no. 4 (30), vol. 2, pp. 66–85. DOI: 10.17212/2075-0862-2016-4.2-66-85.
5. Galushka A.S., Niyazmetov A.K., Okulov M.O. *Kristall rosta k russkomu ekonomicheskomu chudu* [Growth crystal to the Russian economic miracle]. Moscow, Nashe zavtra Publ., 2021. 360 p.
6. Coase R. *The Firms, the Market and the Law*. University of Chicago, 1988 (Russ. ed.: Kouz R. *Firma, rynek i pravo*. Moscow, Novoe izdatel'stvo Publ., 2007. 224 p.).
7. Lukin E.V. O roli mezhotraslevogo balansa v gosudarstvennom regulirovanii ekonomiki [About the role of input-output balance in government regulation of the

economy]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* = *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2017, vol. 10, no. 3, pp. 41–58. DOI: 10.15838/esc.2017.3.51.2.

8. Lyubyashchenko S.N. Strategiya povedeniya fokusnoi firmy v tsepi postavok: vzaimodeistvie s postavshchikom i potrebitелем [The Strategy of Interaction of a Focused Firm with Supplier and Consumer in the Supply Chain]. *Sovremennaya konkurentsia* = *Journal of Modern Competition*, 2023, vol. 17, no. 3 (93), pp. 55–65.

9. Lyubyashchenko S.N. [Modelirovanie proizvodstvennykh struktur s gorizontальnymi i vertikal'nymi vzaimosvyazyami]. *Institutsional'naya transformatsiya ekonomiki: pravila effektivnoi politiki (Vostochnaya konferentsiya ITE-2023)* [Institutional Transformation of the economy: Rules of effective Policy (ITE-2023 Eastern Conference)]. Materials of the VIII International Scientific Conference. Novosibirsk, 2023, pp. 148–149. (In Russian).

10. Lyubyashchenko S.N. Modelirovanie raboty tekhnologicheskoi tsepi s vertikal'nymi i gorizontальnymi vzaimosvyazyami uchastnikov i uchetom sprosa [Modeling the operation of a technological chain with vertical and horizontal relationships of participants and taking into account demand]. *Sovremennaya konkurentsia* = *Journal of Modern Competition*, 2023, vol. 17, no. 6, pp. 61–76.

11. Rozanova N.M. *Ekonomika otraslevykh rynkov* [Economics of industrial markets]. Moscow, Yurait Publ., 2013. 906 p.

12. Ryabushkin B.T. Istoriya sozdaniya i razvitiya otechestvennogo mezhotraslevogo balansa i ego mesta v statistike i makroanalize [The history of the creation and development of the domestic intersectoral balance and its place in statistics and macroanalysis]. *Vestnik universiteta (Gosudarstvennyi universitet upravleniya)* = *Bulletin of the University (State University of Management)*, 2013, no. 17, pp. 187–192.

13. Tirole J. *The theory of industrial organization*. MIT Press, 1988 (Russ. ed.: Tirol' Zh. *Rynki i rynochnaya vlast': teoriya organizatsii promyshlennosti*. St. Petersburg, Ekonomicheskaya shkola Publ., 1996. 745 p.).

14. Scherer F.M., Ross D. *Industrial Market and Economic Performance*. Boston, Houghton Mifflin Co., 1990 (Russ. ed.: Sherer F., Ross D. *Struktura otraslevykh rynkov*. Moscow, Infra-M Publ., 1997. 697 p.).

15. Shemetov P.V., Rudi L.Yu., Mamonov V.I. Razrabotka pokazatelei svyazannosti, strukturnoi i kolichestvennoi ustoychivosti otraslevoi sistemy na osnove matrichnykh balansovykh modelei [Formulation of indicators of coherence of structural and quantitative stability of field system on the basis of matrix balance models]. *Vestnik NGUEU* = *Vestnik NSUEM*, 2012, no. 2, pp. 100–104.

Статья поступила в редакцию 20.09.2023.

Статья прошла рецензирование 12.10.2023.

The article was received on 20.09.2023.

The article was reviewed on 12.10.2023.