

Адаптация модели Леонтьева для прогнозирования последствий шоковых воздействий на сектор малого и среднего предпринимательства региона

К.В. Марача, П.И. Колыхалов, В.Г. Марача

Аннотация — В современных условиях, когда регионы регулярно сталкиваются с экономическими, эпидемиологическими, геополитическими и климатическими шоками, повышение адаптивности региональных социально-экономических систем приобретает ключевое значение. Особенно это актуально для сектора МСП, который, несмотря на свою уязвимость, играет ключевую роль в устойчивом развитии регионов. Повышение шокоустойчивости регионов требует использования математического моделирования, позволяющего не только оперативно оценивать риски, но и прогнозировать последствия кризисов, а также поддерживать принятие обоснованных управленческих решений. Цель настоящей работы – адаптировать модель Леонтьева для прогнозирования последствий шоковых воздействий на МСП региона. Ее практическая значимость выражается в возможности применения полученной новой прогнозной модели в функции системы поддержки принятия решений органами власти при планировании и реализации политик и конкретных мер поддержки сектора МСП в условиях неопределенности. Авторы обосновывают выбор модели Леонтьева и оригинального подхода, предусматривающего использование в качестве «отраслей» секторов крупного бизнеса и МСП. На реальных данных о динамике социально-экономических показателей Липецкой области проведены расчеты количественных значений элементов Леонтьевских матриц и краткосрочного урона, вызванного последствиями шоков 2019 и 2020 гг., предложена интерпретация полученных данных.

Ключевые слова — модель Леонтьева, шоковые воздействия, шокоустойчивость, малое и среднее предпринимательство (МСП), регион, Липецкая область

I. ВВЕДЕНИЕ

Современные регионы все чаще сталкиваются с непредсказуемыми и серьезными вызовами, порождаемыми шоками экономического

Статья получена 10 августа 2025 г.

Марача Константин Вячеславович – выпускник магистратуры Высшей инженеринговой школы НИЯУ МИФИ 2025 года (e-mail: maracha2018@mail.ru).

Колыхалов Павел Иванович – доцент кафедры региональной и инновационной экономики НИЯУ МИФИ (e-mail: pikolykhalov@mephi.ru).

Марача Вячеслав Геннадиевич – доцент Высшей инженеринговой школы НИЯУ МИФИ и кафедры моделирования и системного анализа Финансового университета при Правительстве Российской Федерации (e-mail: vgmaraacha@mephi.ru).

геополитического, климатического и даже эпидемиологического характера. Такие условия требуют от региональных социально-экономических систем не просто стабильности, а способности быстро адаптироваться к новым реалиям. Особенно это важно для сектора малого и среднего предпринимательства (далее МСП) – значимого сектора региональной экономики, весьма чувствительного к шокам.

В нестабильные периоды устойчивость региона к внешним потрясениям становится не просто желательной, а критически необходимой. Возникает потребность в инструментах, которые помогут управленцам не только анализировать ситуацию, но и заранее просчитывать последствия возможных кризисов. Здесь на помощь приходят цифровые технологии: с их помощью можно быстрее и точнее оценивать риски, моделировать развитие событий и принимать обоснованные решения.

Настоящее исследование посвящено поиску методов повышения устойчивости сектора МСП к внешним и внутренним шокам. Источником данных послужила Липецкая область, которая характеризуется развитым предпринимательским потенциалом и отраслевой спецификой.

Целью работы является моделирование шокоустойчивости сектора МСП региона на примере Липецкой области.

На фоне роста числа внешних потрясений, имеющих характер шоков, в экономике получило широкое распространение понятие шокоустойчивости (resilience). Под этим термином понимается способность социально-экономических систем – в частности, регионов – противостоять воздействию шоков, включая природные, техногенные, экономические, социальные и финансовые.

В работе Б.С. Жихаревича, В.В. Климанова и В.Г. Марачи [1] дано следующее определение понятия «шокоустойчивость»:

• шокоустойчивость – это способность системы предвидеть, предотвращать, сопротивляться, адаптироваться, абсорбировать последствия и восстанавливаться после краткосрочных, но интенсивных внешних воздействий.

Авторы данной статьи также показали, что следует различать шокоустойчивость и такие более широкие

понятия, таких как устойчивость или жизнеспособность. Также они привели аргументы в пользу того, что русскоязычный термин «шокоустойчивость» предпочтительнее термина «резильентность», который до этого употреблялся рядом российских ученых в качестве «кальки» англоязычного термина resilience.

В научных публикациях последних лет существенное внимание уделяется взаимосвязи между экономическими шоками и шокоустойчивостью [2–4]. Хорошо изучены факторы, влияющие на шокоустойчивость социально-экономической системы региона [5; 6, с. 70–72], в число которых входит и развитость сектора МСП, предложен ряд моделей и рейтингов по оценке изменений в состоянии регионов под воздействием шоков [7, с. 1420–1422; 1, с. 9–15; 8; 6, с. 182]:

- рейтинг российских агломераций по степени устойчивости ВРП к кризисным явлениям (разработчик – консалтинговая компания MACON) [9];
- интегральный индекс региональной шокоустойчивости (основан на Индексе потенциала шокоустойчивости, разработанном К. Фостер [10], адаптирован к российским реалиям В.В. Климановым, С.М. Казаковой и А.А. Михайловой [11] с использованием шести ключевых показателей, характеризующих уровень социально-экономического благополучия региона);
- рейтинг регионов России по менеджменту экологических, социальных и управленческих рисков (разработчик – консалтинговое агентство «RAEX») [12] и другие рейтинги, использующие ESG-подход и его российскую версию ЭКГ [13];
- индекс В.М. Рябцева, основанный на экспресс-оценке степени отклонения отраслевой структуры экономики от состояния, зафиксированного в докризисный период [14; 15].

Однако подходы к оценке шокоустойчивости территории, перечисленные выше, характеризуют территориальную социально-экономическую систему в целом, а не какой-то отдельный сектор экономики. Поэтому они не позволяют выделить последствия шоковых воздействий именно на сектор МСП.

В то же время существующие подходы к анализу динамики сектора МСП (например, представленные в работах [16; 17]), не позволяют сделать выводы о его шокоустойчивости в качественном отношении, то есть о воздействии шоков на такие показатели, как доли МСП в валовом региональном продукте (далее – ВРП), в общем объеме выпуска, в общем объеме налоговых поступлений и в общей численности занятых. В частности, в статье С.П. Земцова приводится динамика оценки деловой активности МСП, измеряемой такими показателями, как число субъектов МСП, индекс деловой активности субъектов МСП RSBI, число вновь созданных субъектов МСП и прирост числа субъектов МСП [16, с. 293]. А в статье Э.А. Аванесян и Е.В. Радковской, где развитие МСП рассматривается как фактор экономической и информационной безопасности региона, используется модель, где в качестве результирующей, зависимой, переменной используется

общее число малых и средних предприятий [17, с. 46].

Чтобы восполнить выявленный недостаток существующих моделей, в настоящем исследовании используется модель Леонтьева, или input-output analysis [18], созданная ее автором для анализа взаимосвязей между отраслями экономики на макроуровне (поэтому ее также называют моделью межотраслевого баланса). Однако ее элементы с некоторыми ограничениями могут быть адаптированы для анализа взаимодействия сектора МСП с другими секторами экономики: модель помогает оценить, как сектор МСП интегрирован в экономику – например, как производство в секторе МСП зависит от поставок крупных предприятий или как продукция первого используется вторыми;

Второй областью применения модели Леонтьева является оценка мультипликативного эффекта: можно рассчитать, как рост сектора МСП влияет на крупный бизнес (например, через создание рабочих мест или спрос на сырье);

Также модель Леонтьева может применяться в области государственного управления: если модель поможет рассчитать показатели долей МСП в ВРП, в общем объеме выпуска и т.д. (см. выше), она сможет выполнять функцию системы поддержки принятия решений о распределении субсидий, налоговых льгот или инфраструктурных инвестиций.

II. АДАПТАЦИЯ МОДЕЛИ ЛЕОНТЬЕВА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ШОКОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Балансовые модели считаются одним из часто используемых методов математического моделирования в экономике. Основной принцип этих моделей — установление соответствия между имеющимися ресурсами (финансовыми, трудовыми, материальными) и экономическими потребностями, что позволяет достичь согласованности между объемами производства и уровнями потребления.

Одним из наиболее известных примеров такого рода моделей является модель межотраслевого баланса (МОБ) [18], которая получила широкое признание и активно используется в международной практике. Суть этой модели заключается в том, что каждая экономическая отрасль выполняет двойную роль: с одной стороны, она производит продукцию и поставляет ее другим секторам, а с другой — сама нуждается в ресурсах, получаемых от них, для обеспечения своей работы.

Идея построения межотраслевого баланса берет своё начало в СССР, где в 1920-х годах разрабатывались балансы народного хозяйства. Тем не менее, теоретическое и математическое обоснование для анализа взаимосвязей между отраслями было создано В. В. Леонтьевым. Он первым применил инструменты линейной алгебры для исследования экономики США, что привело к созданию модели «затраты – выпуск». Эта модель позволяет проследить, как изменение спроса в одной отрасли отражается на функционировании всей экономики. За свои заслуги в развитии данного подхода

В. В. Леонтьев в 1973 году стал лауреатом Нобелевской премии по экономике.

Основная идея модели состоит в том, чтобы организовать производство в различных отраслях таким образом, чтобы они могли не только удовлетворять собственные потребности, но и обеспечивать ресурсами другие сектора экономики — включая экспорт, накопление, конечное потребление и другие элементы. С помощью межотраслевого баланса можно определить количественные параметры ресурсов, необходимых для достижения запланированных объемов выпуска, а также проанализировать влияние структурных изменений в экономике на её стабильность.

В рамках данного исследования модель Леонтьева рассматривается как средство анализа последствий внешних шоков, а также оценки результативности мер, направленных на повышение устойчивости региональной экономики к таким воздействиям, при особом акценте на малый и средний бизнес.

Модель представлена системой уравнений вида:

$$\begin{cases} x_1 = x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} + y_1, \\ x_2 = x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2n} + y_2, \\ \dots \\ x_n = x_{n1} + x_{n2} + \dots + x_{nn} + y_n, \end{cases} \quad (1)$$

Модель межотраслевого баланса описывается системой уравнений, отражающих взаимосвязь между объемом выпуска продукции каждой отрасли и ее потреблением в производстве и в других секторах экономики. Эти уравнения называются балансовыми соотношениями, и записываются в общем виде следующим образом:

$$x_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + y_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

Где:

- x_i – валовой выпуск продукции i -й отрасли;
- x_{ij} – объем продукции i -й отрасли, который потребляется j -й отраслью для собственного производства (так называемые межотраслевые поставки);
- y_i – объем продукции i -й отрасли, направляемый на непроизводственное потребление (то есть в конечный спрос — населению, на экспорт, в накопления и др.);
- n – общее количество отраслей в экономике.

С целью упрощения анализа принимается гипотеза линейной зависимости, согласно которой объем межотраслевого потребления прямо пропорционален величине валового выпуска. При таком подходе применяются коэффициенты прямых затрат a_{ij} , отражающие объем ресурсов из i -й отрасли, необходимый для производства одной единицы продукции в j -й отрасли:

$$a_{ij} = x_{ij} / x_j \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (3)$$

Тогда балансовые уравнения можно переписать в виде:

$$x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + y_i \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (4)$$

или в матричной форме:

$$X = AX + Y, \quad (5)$$

где:

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix} \text{ — вектор валового выпуска по отраслям,}$$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \text{ — матрица коэффициентов}$$

прямых затрат,

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix} \text{ — вектор конечного спроса.}$$

Из этого уравнения можно выразить решение модели в виде:

$$X = (I - A)^{-1} Y, \quad (6)$$

где $(I - A)^{-1} Y$ – матричный мультипликатор Леонтьева, позволяющий определить, как изменение конечного спроса влияет на общий объем производства по всем отраслям.

С помощью модели межотраслевого баланса можно количественно оценивать, как внешние шоки влияют на структуру экономики, а также определять меры, необходимые для восстановления экономического равновесия. В данной работе модель модифицирована с учетом региональной специфики и применяется для изучения устойчивости малого и среднего предпринимательства (МСП) к внешним воздействиям.

Для определения структуры конечного спроса Y по заданному вектору валового выпуска X и известной матрице прямых затрат A , необходимо решить матричное уравнение межотраслевого баланса:

$$X = AX + Y, \quad (5)$$

Преобразуя его, получаем:

$$X = AX + Y \Rightarrow X - AX = Y \Rightarrow Y = (I - A) X, \quad (7)$$

Таким образом, обладая данными о реальных объемах выпуска по отраслям и матрицей межотраслевых взаимодействий, можно рассчитать величину конечного продукта, соответствующую существующей экономической структуре. Это предоставляет возможность не только оценивать влияние внешних шоков, но и формировать прогноз по необходимому уровню спроса для восстановления производственной активности в регионе, включая сектор малого и среднего бизнеса (МСП) [18].

В последние годы наблюдается возрастание интереса к межотраслевым исследованиям. На международном и национальном уровнях публикуется значительное число работ, посвящённых экономическим, социальным и экологическим аспектам с использованием межотраслевых моделей. По мере развития региональной науки усиливается внимание к вопросам

регионального межотраслевого анализа. В научной литературе активно обсуждаются подходы к «регионализации» национальных межотраслевых таблиц, а также методы построения таблиц, отражающих специфику региональных экономик. На базе таких таблиц разрабатываются различные типы моделей. В частности, региональные динамические межотраслевые модели позволяют прогнозировать развитие отраслей в регионах как с учётом их взаимодействия с другими регионами и национальной экономикой, так и в рамках их функционирования как самостоятельных хозяйственных систем [19; 20].

Методика оценки региона как самостоятельной экономической системы включает несколько подходов [21]:

- Оценка технологических коэффициентов, при которой не проводится разделение между внутренними и внешними потоками затрат. К данному направлению относятся методы оценки нескорректированных коэффициентов, ценовых модификаций, производственных эффектов и другие.

- Оценка внутренних коэффициентов затрат, предполагающая использование факторов местоположения, региональных коэффициентов закупок, метода товарного баланса и иных инструментов, позволяющих учесть специфику регионального воспроизводственного процесса.

- Упрощённые методы (short-cut methods), ориентированные на оценку региональных мультипликаторов без прямого расчёта коэффициентов

затрат. Примером такого подхода служит модель RIMS (Regional Industrial Multiplier System – Система региональных промышленных мультипликаторов), разработанная Бюро экономического анализа США.

- Использование готовых моделей (ready-made models), представляющих собой программные комплексы, включающие в себя региональные базы данных, алгоритмы «регионализации» межотраслевых таблиц и уже сформированные региональные межотраслевые таблицы. Наиболее известными примерами таких решений являются системы IMPLAN, REMI, RIMS II и другие, все из которых базируются на классическом подходе В. Леонтьева к построению межотраслевых моделей.

III. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ЛЕОНТЬЕВА С СЕКТОРАМИ КРУПНОГО БИЗНЕСА И МСП В КАЧЕСТВЕ «ОТРАСЛЕЙ»

Модель Леонтьева для региона, адаптированная к МСП, представлена на рис. 1. Суть адаптации модели состоит в том, что в качестве «отраслей» здесь рассматриваются сектора крупного бизнеса и МСП, и «межотраслевой баланс» выражает их взаимодействие между собой, а также с предприятиями, находящимися за пределами Липецкой области (строчка «импорт» и столбец «экспорт»). Локальное конечное потребление включает потребление домохозяйств (С), инвестиции (I) и государственные расходы (G).

	Крупные предприятия	МСП	Локальное конечное потребление	«Экспорт»	Всего
Крупные предприятия	I квадрант x_{11}	x_{12}	II квадрант y_{11}	y_{12}	x_1
МСП	x_{21}	x_{22}	y_{21}	y_{22}	x_2
«Импорт»	III квадрант v_{11}	v_{12}	IV квадрант w_{11}	w_{12}	M
Добавленная стоимость	v_{21}	v_{22}	w_{21}	w_{22}	Y
Всего	x_1	x_2	C+I+G	E	

Рис. 1. Модель Леонтьева для региона, адаптированная к МСП, с секторами крупного бизнеса и МСП в качестве «отраслей»

Модель Леонтьева представляет собой матрицу межотраслевого баланса, и классические балансовые уравнения Леонтьева, рассмотренные нами в части I, получаются в результате суммирования данных по строчкам матрицы, представленной на рис. 1. Если бы речь шла о закрытой экономике, то локальное конечное потребление в описанном выше понимании (C+I+G) можно было бы приравнять к валовому региональному продукту. Но в нашем случае речь идет об открытой региональной экономике, и получение данных о межрегиональных потоках товаров и услуг представляют собой чрезвычайно трудоемкую задачу. В

российской статистике подобные данные отсутствуют.

Поэтому в настоящем исследовании мы опираемся на балансовые уравнения, которые получаются в результате суммирования данных не по строчкам, а по столбцам матрицы, представленной на рис. 1. Эти уравнения выражают не баланс потребления (когда выпуск распределяется между промежуточным и конечным потреблением, а также экспортом), а баланс производства (распределение того, что обеспечивает выпуск: вклад различных производственных секторов и «импорта» из-за пределов региона). Разница между выпуском и указанным вкладом производственных

секторов и «импорта» называется «условно-чистой продукцией», которая равна ВРП с поправкой на амортизацию оборудования.

Из статистических данных нам известны:

- выпуск крупных предприятий (без МСП) и МСП, т.е. компоненты вектора X ;
- добавленная стоимость крупного бизнеса и МСП (добавленная стоимость крупного бизнеса рассчитывается как ВРП за вычетом добавленной стоимости, созданной МСП).

Нам неизвестны:

- значения четырех коэффициентов матрицы затрат $A = a_{ij}$, т.е. относительный вклад каждого из производственных секторов в выпуск;
- относительный вклад «импорта» в выпуск продукции по каждому из производственных секторов a_{31} и a_{32} .

Считая значения четырех коэффициентов матрицы затрат $A = a_{ij}$ и коэффициентов вклада «импорта» a_{31} и a_{32} слабо меняющимися во времени, напишем балансовые уравнения за три года (2018, 2019, 2020), по которым имеется надежная статистика для Липецкой области. Получаем систему из шести линейных уравнений (за три года, по два уравнения за каждый год) с шестью неизвестными (четыре коэффициента матрицы затрат A и доли «импорта» в выпуске каждого из производственных секторов).

Решение данной системы уравнений позволит найти неизвестные величины, что даст возможность, зная последствия шоков для экономики региона или муниципального образования) в целом, рассчитывать такие последствия для сектора МСП и изменения его долей в ВРП и валовом выпуске территории.

Спецификой балансовых уравнений производства является то, что компоненты вектора X можно вынести за скобки, и уравнения приобретают вид:

$$\begin{aligned} a_{11} + a_{12} + a_{13} &= (x_1 - v_1) / x_1 \\ a_{21} + a_{22} + a_{23} &= (x_2 - v_2) / x_2, \end{aligned} \quad (8)$$

где v_1 и v_2 – добавленная стоимость, создаваемая секторами крупного бизнеса и МСП соответственно. Каждое из уравнений содержит три переменных, которые не пересекаются по переменным с тремя переменными из другого уравнения. И когда мы записываем шесть уравнений за три года, их можно решать, как две независимые системы, содержащих по три уравнения.

Математическая проблема состоит в том, что в таком виде эти две системы уравнений неразрешимы, т.к. в каждом из трех уравнений, входящих в систему, левые части будут совпадать, а правые – не совпадать. Но по законам логики значения выражений не могут совпадать и не совпадать одновременно.

Данное противоречие формально разрешается за счет принятия во внимание того факта, что три уравнения описывают разные моменты времени. Но тогда приходится корректировать предположение, заложенное в модель Леонтьева о том, что коэффициенты матрицы затрат постоянны, поскольку выражают «технологические» связи между отраслями

(леонтьевскую матрицу затрат A часто также называют «технологической»).

Впрочем, строго говоря, «технологические» соотношения постоянны лишь в натуральном выражении, но не в денежном, поскольку конъюнктура цен постоянно меняется.

Для учета данного обстоятельства мы вводим поправочные коэффициенты k_{ij} , выражающие зависимость коэффициенты матрицы затрат от времени, в результате чего балансовые уравнения производства приобретают следующий вид:

$$\begin{aligned} k_{11}a_{11} + k_{12}a_{12} + k_{13}a_{13} &= (x_1 - v_1) / x_1 \\ k_{21}a_{21} + k_{22}a_{22} + k_{23}a_{23} &= (x_2 - v_2) / x_2, \end{aligned} \quad (9)$$

В большинстве случаев (когда мы не имеем дела с сильными шоками или глубокими кризисами) значения коэффициентов k_{ij} близки к единице. Они подбираются вручную исходя из следующих требований:

- 1) разрешимость системы балансовых уравнений производства;
- 2) неотрицательность значений коэффициентов a_{ij} ;
- 3) значения коэффициентов a_{ij} должны находиться в диапазоне, соответствующем соотношению вкладов секторов крупного бизнеса и МСП в совокупный выпуск.

IV. АПРОБАЦИЯ МОДЕЛИ НА ДАННЫХ ПО ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ И ОЦЕНКА КРАТКОСРОЧНОГО УРОНА ОТ ШОКОВ 2019 И 2020 ГГ.

Исходные данные по Липецкой области за 2018, 2019 и 2020 годы приведены в таблице 1, вид Леонтьевских матриц межотраслевого баланса с поправочными коэффициентами – в таблице 2, найденные в результате решения системы уравнений производственного баланса значения элементов Леонтьевской матрицы затрат – в таблице 3, результаты расчетов количественных значений элементов Леонтьевских матриц межотраслевого баланса – в таблице 4.

В таблице 5b приведены результаты расчетов краткосрочного урона от шоков 2019 и 2020 гг. по отношению к «докризисному» 2018 году (таблица 5a).

Причина шока 2019 года заключалась в негативном изменении ценовой конъюнктуры на рынке металлов, что через результаты работы ключевого предприятия Липецкой области – Новолипецкого металлургического комбината (НЛМК) – повлекло за собой падение рынка Липецкой области в целом, включая и сектор МСП.

Причиной шока 2020 года стала пандемия ковид-19, с которой экономика Липецкой области благодаря мерам господдержки справилась достаточно успешно (в отличие от Российской Федерации в целом, где имело место падение ВВП на 2,2%, ВРП Липецкой области продемонстрировал рост как физических объемов, так и в текущих ценах). Однако сектор МСП, более чувствительный к подобным шокам, продемонстрировал падение всех показателей: ВРП, созданный МСП; оборот МСП, включая микропредприятия; доля МСП в ВРП; доля МСП в отгрузке.

Результаты расчетов краткосрочного урона, приведенные в таблице 5b, демонстрируют, что

адаптированная модель Леонтьева позволяет увидеть «тонкую структуру» взаимодействия секторов крупного бизнеса и МСП даже в условиях экономического шока.

В 2019 году падение коснулось всех сегментов промежуточного производства, кроме «импорта» (поскольку рынок Российской Федерации в целом рос и чувствовал себя хорошо).

А в 2020 году даже в падающем секторе МСП сокращение промежуточного производства затронуло лишь «импорт». При этом предприятия сектора МСП Липецкой области нарастили не только объем заказов сектору крупного бизнеса (который рос), но и другим предприятиям сектора МСП Липецкой области, проявляя своего рода солидарность и тем самым смягчая эффект падения рынка.

Использование данных о «тонкой структуре» взаимодействия секторов крупного бизнеса и МСП в условиях шоковых воздействий обеспечит эффективность поиска управленческих решений, которые помогут повысить шокоустойчивость как сектора МСП, так и сектора крупного бизнеса, а также при необходимости оказать поддержку взаимодействию предприятий, которое за счет описанного выше «эффекта солидарности» позволило бы смягчить негативный эффект для экономики Липецкой области в целом.

Таблица 1. Исходные данные по Липецкой области за 2018, 2019 и 2020 годы

Индикатор	Единица измерения	2018	2019	2020
Валовой региональный продукт (ВРП)	млрд руб.	604,4	570,0	618,3
Индекс физического объема ВРП Липецкой области	в % к предыдущему году	102,1	98,2	102,8
Индекс-дефлятор объема ВРП Липецкой области	в % к предыдущему году	112,4	101,4	101,1
Выпуск в основных ценах	млрд руб.	1426,1	1387,7	1522,0
ВРП, созданный МСП	млрд руб.	140,0	135,0	125,2
Индекс физического объема ВРП Российской Федерации	в % к предыдущему году	102,8	101,6	97,8
Оборот МСП, включая микропредприятия	млрд руб.	330,31	327,70	317,90
Доля МСП в ВРП	%	н.д.	23,7%	20,3%
Доля МСП в отгрузке	%	23,2%	23,6%	20,9%
Изменение доли МСП в отгрузке к 2018 г.	раз	1,0	1,020	0,902
Величина, обратная изменению доли Липецкой области в ВВП РФ	раз	н.д.	1,035	0,984
Источник данных: Прогноз социально-экономического развития Липецкой области на 2021 г. и плановый период 2022–2023 годов.				

Таблица 2. Вид Леонтьевских матриц межотраслевого баланса с поправочными коэффициентами

Индикатор	2018		2019		2020	
	К	МСП	К	МСП	К	МСП
К	$a_{11} * x_1$	$a_{12} * x_2$	$1.01 * a_{11} * x_1$	$a_{12} * x_2$	$a_{11} * x_1$	$1.07 * a_{12} * x_2$
МСП	$a_{21} * x_1$	$a_{22} * x_2$	$a_{21} * x_1$	$a_{22} * x_2$	$1.015 * a_{21} * x_1$	$1.05 * a_{22} * x_2$
"Импорт"	$a_{31} * x_1$	$a_{32} * x_2$	$1.04 * a_{31} * x_1$	$1.12 * a_{32} * x_2$	$a_{31} * x_1$	$a_{32} * x_2$
УЧП	464,4	140,0	435,1	135,0	493,1	125,2
Выпуск (X)	1426,1	330,3	1387,7	327,7	1522,0	317,9
X – УЧП	961,7	190,3	952,7	192,7	1029,0	192,7
(X – УЧП)/X	0,674	0,576	0,686	0,588	0,676	0,606
Источник данных: расчеты авторов на основе таблицы 1 и данных Росстата.						

Таблица 3. Найденные в результате решения системы уравнений производственного баланса значения элементов Леонтьевской матрицы прямых затрат.

a₁₁	0,320889
a₂₁	0,133333
a₃₁	0,219778

a₁₂	0,31
a₂₂	0,166
a₃₂	0,1

Источник данных: расчеты авторов

Таблица 4. Результаты расчетов количественных значений элементов Леонтьевских матриц межотраслевого баланса, млрд руб.

Индикатор	2018		2019		2020	
	К	МСП	К	МСП	К	МСП
К	457,6	102,4	449,8	101,6	488,4	105,4
МСП	190,2	54,8	185,0	54,4	206,0	55,4
"Импорт"	313,4	33,0	317,2	36,7	334,5	31,8
УЧП	464,4	140,0	435,1	135,0	493,1	125,2
Выпуск (X)	1426,1	330,3	1387,7	327,7	1522,0	317,9
X – УЧП	961,7	190,3	952,7	192,7	1029,0	192,7
(X – УЧП)/X	0,674	0,576	0,686	0,588	0,676	0,606

Источник данных: расчеты авторов на основе таблиц 2 и 3.

Таблица 5. Результаты расчетов краткосрочного урона от шоков 2019 и 2020 гг.

Таблица 5a			Таблица 5b				
2018			2019:		2020:		
Индикатор	К	МСП	рынок ЛО падает, сектор МСП падает		рынок ЛО растет, сектор МСП падает		
Индикатор	К	МСП	К	МСП	К	МСП	
К	457,6	102,4	1,7%	0,8%			
МСП	190,2	54,8	2,7%	0,8%			
«Импорт»	313,4	33,0				13,4%	
УЧП	464,4	140,0	6,3%	3,6%		7,2%	
Выпуск (X)	1426,1	330,3	2,7%	0,8%		3,0%	

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современных условиях, когда регионы регулярно сталкиваются с экономическими, эпидемиологическими, геополитическими и климатическими шоками, повышение адаптивности региональных социально-экономических систем приобретает ключевое значение. Особенно это актуально для сектора МСП, который, несмотря на свою уязвимость, играет ключевую роль в устойчивом развитии регионов.

Проведенное исследование подтвердило, что повышение шокоустойчивости регионов требует применения современных цифровых решений, способных не только оперативно оценивать риски, но и прогнозировать последствия кризисов, а также поддерживать принятие обоснованных управленческих решений. Липецкая область была выбрана в качестве примера применения разработанной модели благодаря развитой предпринимательской среде, наличию продуманных стратегических направлений развития и сильной команды управления цифрового развития.

В ходе проведенного исследования была успешно реализована основная задача — модификация модели Леонтьева для оценки последствий шоковых

воздействий на сектор МСП в региональном контексте. Практическая ценность разработанной прогнозной модели заключается в её потенциале использования в качестве инструмента поддержки принятия решений для органов власти при формировании и внедрении стратегий и мер по поддержке малого и среднего бизнеса в условиях высокой неопределенности.

Таким образом, результаты исследования вносят вклад в развитие теоретических и прикладных подходов к управлению региональной шокоустойчивостью и могут быть использованы как основа для дальнейших разработок в области цифровой трансформации механизмов антикризисного управления.

В качестве перспективы продолжения работы можно обозначить разработку концепции и архитектуры системы поддержки принятия решений о реализации мер повышения шокоустойчивости сектора МСП, а также методических рекомендаций по ее внедрению в системы управления конкретных регионов и муниципальных образований [].

Кроме того, своей актуальной задачей авторы видят доработку модели в направлении расчета 2-го квадранта матрицы Леонтьева, представленной на рис. 1 (в данной работе были рассчитаны только 1-й и 3-й квадранты). Тем самым мы узнаем не только распределение

производства (поставщиков), которое представлено в столбцах матрицы Леонтьева, но и распределение потребления, представленное в ее строчках. Это весьма актуально, поскольку предприятия сектора МСП преимущественно работают в сегменте b2c, а не b2b. Именно конечные потребители, а не крупный бизнес являются определяющими во влиянии на итоговые показатели МСП.

Не зная коэффициенты матрицы прямых затрат, мы не могли этого сделать (было слишком много неизвестных – больше, чем уравнений). Но теперь, когда мы их знаем, можно написать «нормальные» уравнения Леонтьева (по строчкам), и чисто аналитически получить разбивку удовлетворенного спроса конечных потребителей (b2c) между секторами крупного бизнеса и МСП.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность известному специалисту в области стратегического планирования развития регионов, Исполнительному директору ООО «Научные разработки» Татьяне Сергеевне Красниковой за знакомство с рукописью статьи и ценные рекомендации.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Жихаревич Б.С., Климанов В.В., Марача В.Г. Шокоустойчивость территории: концепция, измерение, управление // Региональные исследования. 2020. № 3. С. 4–15.
- [2] Песоцкий А.А. Устойчивость к экономическому шоку на региональном уровне в условиях пандемии COVID-2019 // Проблемы преобразования и регулирования региональных социально-экономических систем: Сб. научн. трудов. Вып. 49 / под научной ред. д.э.н., проф. С.В. Кузнецова. ИПРЭ РАН. – СПб.: ГУАП, 2021. С. 96–114.
- [3] Rose A., Dormady N. (2018). Advances in Analyzing and Measuring Dynamic Economic Resilience. In: Trump B.D., Florin M.V. and Linkov I. (Eds.). IRGC Resource Guide on Resilience (vol. 2): Domains of resilience for complex interconnected systems. Lausanne: EPFL International Risk Governance Center. – Available: <https://ssrn.com/abstract=3271921>.
- [4] Briguglio L., Cordina G., Farrugia N. and Vella S. (2005). Conceptualising and measuring economic resilience. In: Chand S. (ed.) Pacific Islands Regional Integration and Governance. Canberra: Co-published by ANU E Press and Asia Pacific Press, pp. 26–49.
- [5] Иванов П.А. К вопросу о методике экспресс-оценки устойчивости экономики территорий к внешним шокам // Journal of Economy and Business, vol. 6-1 (88), 2022. – Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-metodike-ekspress-otsenki-ustoychivosti-ekonomiki-territoriy-k-vneshnim-shokam>.
- [6] Устойчивость (резилентность) социально-экономических систем дальневосточного макрорегиона в условиях внешних шоков: территориальный аспект: отчет о НИР (промежуточн.) / ФАНУ «Восточный центр государственного планирования»; рук. А.А. Кисленок; исполн. Е.Б. Веприкова, М.В. Бурик, Е.А. Сухарева [и др.]. – Хабаровск, 2023. – 277 с. – Пер. № НИОКТР 123040600010-7.
- [7] Акбердина В.В. Факторы резилентности в российской экономике: сравнительный анализ за период 2000–2020 гг. // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2021. Т. 17. Вып. 8. С. 1412–1432.
- [8] Смольянова И.В. Анализ взаимообусловленности приоритетов региональной социально-экономической политики и устойчивости территориального развития // Экономика, предпринимательство и право. – 2022. – Том 12. – № 10. – С. 2687–2700. – Available: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49851258_52437112.pdf.
- [9] Рейтинг российских агломераций по степени устойчивости к кризисным явлениям в 2020 году // Портал “MACON. Real Estate

- Consultant”. 22.04.2020. – Available: <https://macon-realty.ru/publications/CommentsAndPredictions/rejting-rossijskih-aglomeracij-po-stepeni-ustoychivosti-k-krizisnym-yavleniyam-v-2020-godu>.
- [10] Foster K.A. (2007). A case study approach to understanding regional resilience. Institute of Urban and Regional Development, University of California, Berkeley, Working Paper, No. 2007–08.
 - [11] Климанов В.В., Казакова С.М., Михайлова А.А. Ретроспективный анализ устойчивости регионов России как социально-экономических систем // Вопросы экономики. 2019. №5. С. 46–64.
 - [12] ESG-рэнкинг субъектов РФ – Методика // Сайт Рейтинговой группы RAEX. 09.12.2021. – Available: https://raex-rr.com/ESG/ESG_regions/ESG_rating_regions/2021/methods/
 - [13] ЭКГ-рейтинг регионов России представят на Петербургском международном экономическом форуме. Проект реализуется рейтинговым агентством RAEX совместно с командой ЭКГ-рейтинга // Портал «ДЕМинформ». 15.05.2025. – Available: <https://deminform.ru/news/ekg-rejting-regionov-rossii-predstavjat-na-pmef>.
 - [14] Трифонов Ю.В., Веселова Н.В. Методологические подходы к анализу структуры экономики на региональном уровне // Вопросы статистики. 2015. № 2. С. 37–49.
 - [15] Лякин А.Н. Структурные сдвиги в российской экономике: потенциал деловых циклов исчерпан // ЭКО. 2020. № 7. С. 8–28.
 - [16] Земцов С.П. Источники роста деловой активности в регионах России в условиях внешних шоков // Журнал Новой экономической ассоциации. 2025. №1(66). С. 291–300.
 - [17] Аванесян Э.А., Радковская Е.В. Моделирование развития малого и среднего предпринимательства как фактор экономической и информационной безопасности региона // Безопасность информационного пространства. Сборник трудов XIX Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Екатеринбург, 2021. С. 45–48.
 - [18] Плотникова Е.Г. Исследование операций в экономике. Математическое моделирование экономических процессов. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2022. – 184 с. – Глава 2. Балансовые модели.
 - [19] 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. Т. 2. №4(30). С. 66–85.
 - [20] Hewings, G.J.D. (1985). Regional Input-Output Analysis. Reprint. Edited by Grant Ian Thrall. WVU Research Repository, 2020. – 75 p.
 - [21] Bonfiglio A. (2005). A Sensitivity Analysis of the Impact of CAP Reform. Alternative Methods of Constructing Regional I-O Tables. – Ancona, Italy. – (PhD Studies / Associazione Alessandro Bartola; vol. 1).
 - [22] Марача К.В. и др. Концепция системы поддержки принятия решений по обеспечению шокоустойчивости сектора малого и среднего предпринимательства региона // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2025. № 46. 23 с. – Available: <https://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2025-46>.

Adaptation of Leontief's model for forecasting the consequences of shock impacts on the small and medium business sector of the region

Konstantin Maracha, Pavel Kolykhalov, Viacheslav Maracha

Abstract — In modern conditions, when regions regularly face economic, epidemiological, geopolitical and climatic shocks, increasing the adaptability of regional socio-economic systems is of key importance. This is especially true for the SME sector, which, despite its vulnerability, plays a key role in the sustainable development of regions. Increasing the resilience of regions requires the use of modern digital solutions that can not only promptly assess risks, but also predict the consequences of crises, and support the adoption of informed management decisions. The purpose of this paper is to adapt the Leontief's model to forecast the consequences of shock impacts on regional SMEs. Its practical significance is expressed in the possibility of using the obtained new forecast model as a decision support system for authorities when planning and implementing policies and specific measures to support the SME sector under conditions of uncertainty. The authors substantiate the choice of the Leontief's model and the original approach, which provides for the use of large business and SME sectors as "industries". Based on real data on the dynamics of socio-economic indicators of Lipetsk region, quantitative values of the elements of Leontief's matrices of inter-industry balance and short-term damage from the shocks of 2019 and 2020 were calculated, and an interpretation of the obtained data was proposed.

Keywords — Leontief's model, shock impacts, resilience, small and medium-sized businesses (SMEs), region, Lipetsk region

REFERENCES

- [1] Zhikharevich B.S., Klimanov V.V., Maracha V.G. (2020). Resilience of the Territory: Concept, Measurement, Governance // *Regional Studies*, No. 3, pp. 4–15.
- [2] Pesotsky A.A. (2021). Resilience to Economic Shock at the Regional Level in the Context of the COVID-2019 Pandemic // *Problems of Transformation and Regulation of Regional Socio-Economic Systems: Collection of Scientific Papers. Issue 49 / Edited by Doctor of Economics, Professor S.V. Kuznetsov. IPRE RAS. – St. Petersburg: GUAP, pp. 96–114.*
- [3] Rose A., Dormady N. (2018). Advances in Analyzing and Measuring Dynamic Economic Resilience. In: Trump B.D., Florin M.V. and Linkov I. (Eds.). *IRGC Resource Guide on Resilience* (vol. 2): Domains of resilience for complex interconnected systems. Lausanne: EPFL International Risk Governance Center. – Available: <https://ssrn.com/abstract=3271921>.
- [4] Briguglio L., Cordina G., Farrugia N. and Vella S. (2005). Conceptualising and measuring economic resilience. In: Chand S. (ed.) *Pacific Islands Regional Integration and Governance*. Canberra: Co-published by ANU E Press and Asia Pacific Press, pp. 26–49.
- [5] Ivanov P.A. (2022). To the Question of The Method of the Express Assessment of the Stability of the Economy of the Territories to External Shocks // *Journal of Economy and Business*, vol. 6-1 (88). – Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-metodike-ekspres-otsenki-ustoychivosti-ekonomiki-territoriy-k-vneshnim-shokam>.
- [6] Resilience of Socio-Economic Systems of the Far Eastern Macroregion in the Context of External Shocks: Territorial Aspect: Research Report (interim) / FANU "Eastern Center for State Planning"; head. A.A. Kislenok; performer. E.B. Veprikova, M.V. Burik, E.A. Sukhareva [et al.]. – Khabarovsk, 2023. – 277 p. – Reg. No. NIOKTR 123040600010-7.
- [7] Akberdina V.V. (2021). Resilience Factors in the Russian Economy: a Comparative Analysis for 2000–2020 // *National Interests: Priorities and Security*, Vol. 17, Issue 8, pp. 1412–1432.
- [8] Smolyanova I.V. (2022). Analysis of the Intersection between Regional Socio-Economic Policy Priorities and the Sustainability of Spatial Development // *Economy, Entrepreneurship and Law*, Vol. 12, No. 10, pp. 2687–2700. – Available: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49851258_52437112.pdf.
- [9] Rating of Russian agglomerations by degree of resistance to crisis phenomena in 2020 // Portal "MACON. Real Estate Consultant". 22.04.2020. – Available: <https://macon-realty.ru/publications/CommentsAndPredictions/rejting-rossijskih-aglomeracij-po-stepeni-ustoychivosti-k-krizisnym-yavleniyam-v-2020-godu>.
- [10] Foster K.A. (2007). A case study approach to understanding regional resilience. Institute of Urban and Regional Development, University of California, Berkeley, Working Paper, No. 2007–08.
- [11] Klimanov V.V., Kazakova S.M., Mikhailova A.A. (2019). Retrospective Analysis of the Resilience of Russian regions as socio-economic systems // *Voprosy ekonomiki*, No. 5, pp. 46–64.
- [12] ESG ranking for subjects of the Russian Federation – Methodology // Website of the RAEX Rating Group. 09.12.2021. – Available: https://raex-rr.com/ESG/ESG_regions/ESG_rating_regions/2021/methods/
- [13] ECG-rating of Russian regions will be presented at the St. Petersburg International Economic Forum. The project is being implemented by the RAEX Rating Agency together with the ECG-rating team // *DEMinform Portal*. 15.05.2025. – Available: <https://deminform.ru/news/ekg-rejting-regionov-rossii-predstavlyat-na-pmef>.
- [14] Trifonov Yu.V., Veselova N.V. (2015). Methodological Approaches to Analyzing the Structure of the Economy at the Regional Level // *Questions of Statistics*, No. 2, pp. 37–49.
- [15] Lyakin A.N. (2020). The Structural Shifts in the Russian Economy: Depletion of Business Cycle Opportunities // *ECO*, No. 7, pp. 8–28.
- [16] Zemtsov S.P. (2025). Sources of Business Activity Growth in the Russian Regions During the External Shocks // *Journal of the New Economic Association*, No. 1 (66), pp. 291–300.
- [17] Avanesyan E.A., Radkovskaya E.V. (2021). Modeling the Development of Small and Medium-Sized Entrepreneurship as a Factor of the Economic and Information Security of a Region // *Security of Information Space. Proceedings of the XIX All-Russian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates, and Young Scientists. – Yekaterinburg*, pp. 45–48.
- [18] Plotnikova E.G. (2022). Operations Research in Economics. Mathematical Modeling of Economic Processes. – Perm: Perm State National Research University. – 184 p. – Chapter 2. Balance Models.
- [19] Baranov A.O., Dondokov Z.B.-D., Slepikova Yu.M. (2016). Construction and Using Regional Input-Output Models for Analysis

- and Forecasting of Region's Economy Development // Ideas and Ideals, Vol. 2, No. 4(30), pp. 66–85.
- [20] Hewings, G.J.D. (1985). Regional Input-Output Analysis. Reprint. Edited by Grant Ian Thrall. WVU Research Repository, 2020. – 75 p.
- [21] Bonfiglio A. (2005). A Sensitivity Analysis of the Impact of CAP Reform. Alternative Methods of Constructing Regional I-O Tables. – Ancona, Italy. – (PhD Studies / Associazione Alessandro Bartola; vol. 1).
- [22] Maracha K.V. et al. The Concept of a Decision Support System to Ensure Resilience of the Small and Medium-Sized Business Sector in the Region // Keldysh Institute Preprints. 2025. No. 46. 23 p.– Available:<https://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2025-46>.