

**Е.Л. Торопцев**

Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь

**А.С. Мараховский**

Филиал ФГБОУВО «Российский экономический университет  
им. Г.В. Плеханова», Пятигорск

## **Анализ макроструктурной динамики в рамках методологии «затраты–выпуск»<sup>1</sup>**

**Аннотация.** В статье представлен метод формализованного анализа структурной динамики экономики на основе динамической модели межотраслевого баланса в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Модель оцифрована на основе данных Росстата по формированию выпуска товаров и услуг и элементов собственной статистической базы исследований. Методологическими компонентами являются положения системного, межотраслевого и структурного динамического анализа. Представляемые теоретико-методологические положения, доведенные до последовательности верифицируемых вычислений, эксплуатируют основную динамическую модель межотраслевого баланса, впервые опубликованную В.В. Леонтьевым в 1952 г. Многие десятилетия эта модель пребывала в семействе так называемых «чисто теоретических конструкций», поскольку никогда не была оцифрована. Она отсутствовала во множестве вычислимых моделей по двум причинам: 1) непререкаемая, как считалось, вырожденность матрицы приростных фондоемкостей (капитальных коэффициентов, как у В.В. Леонтьева), 2) появление отрицательных элементов у той же матрицы при попытках оцифровки модели. Разработанный нами метод позволил создать методику оцифровки модели, дать численную оценку инерционностей и провести анализ структурной динамики в макроэкономике. В оцифрованном виде модель готова для решения задачи структурной устойчивости, оценки влияния структурных реформ на экономический рост, анализа внутренних/собственных динамических свойств экономических систем. Это позволяет использовать данную модель как самостоятельно в соответствии с областью применения, так и интегрировать ее в состав ведущих модельных комплексов типа Russian Interindustry Model (RIM) ИНИ РАН.

**Ключевые слова:** динамическая модель, межотраслевой баланс, устойчивость, экономический рост, инерционность.

Классификация JEL: B41, C02, C61, C68.

Цитирование: **Торопцев Е.Л., Мараховский А.С.** (2022). Анализ макроструктурной динамики в рамках методологии «затраты–выпуск» // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 1 (53). С. 12–30. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-53-1-1

### **1. Введение**

Разработка экономической политики развития России должна быть тесно связана с принятием решений, направленных на устранение структурных дефектов, деформаций и прочих ограничений экономического роста. Под структурными дефектами мы понимаем неготовность экономики к расширенному воспроизводству и/или наличие склонности к низкочастотному околотрендовому самораскачиванию уровней выпусков отдельных отраслей (видов экономической деятельности – ВЭД). Структурные деформации проявляются в слабости межотраслевых связей, что материализуется доминированием в ВВП продуктов первого передела, производимых сырьевыми секторами и сектором услуг, и создает проблемы управления экономическим ростом. Выявление указанных дефектов и деформаций успешно выполняется на основе динамических межотраслевых

<sup>1</sup> Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 20-010-00084А: «Математическое моделирование структурной устойчивости и макроэкономической динамики»). Авторы готовы предоставить желающим английскую версию статьи при обращении на электронную почту eltoroptsev@yandex.ru.

моделей методами теории дифференциальных уравнений и линейной алгебры (Торопцев, Таточенко, 2011). Сказанное предполагает организацию и проведение широкого круга макроструктурных и прогнозных исследований, интегрированных в систему управления страной. При этом наступившая эпоха цифровизации глобального пространства может и должна послужить решительному росту скорости и качества сбора и обработки данных для формирования актуальных моделей экономической динамики, экономического роста и управления обеспечивающими успех страны факторами жизни.

Фундаментальные и прикладные вопросы влияния структурной динамики на экономическое развитие и рост одинаково остро стоят перед всеми странами и регионами мира во все времена. Мы имеем в виду и периоды успехов, и кризисные явления в экономической жизни и социальной сфере. Динамичный процесс цифровизации глобального пространства усиливает влияние, инициирует значительные сдвиги в структуре производства, доходов и цен, быстро меняет технологии и механизмы взаимодействия агентов экономики во всех сферах, включая торговлю и иную деятельность. К этому остается добавить тезис о предпочтении рядом экономистов, а также представителями контура управления экономикой общественной стабильности, которая связана с умеренным и устойчивым экономическим ростом в 2–3% в год. Наверное, такой темп роста удовлетворителен для стран G7, где может быть и меньшим. Для России же в условиях глубокого экономического спада/застоя актуальны более высокие темпы роста в условиях реализации системы идей, шаблонов, методов и технологий экономического опережающе-догоняющего развития (Глазьев, 2016а, 2016б) при учете возможных альтернатив экономической политики (Глазьев, 1999).

На пути исследования обозначенных проблем формализованными методами математической экономики важно определить и обосновать набор моделей, на базе которых следует искать ответы на следующие два вопроса анализа и синтеза. Как можно формально анализировать связь структурных сдвигов с экономическим ростом? Как реализовать управление экономическим ростом за счет структурных сдвигов/реформ и какие механизмы для этого существуют?

Мы отдаем себе отчет в том, что дать полный ответ на оба объемных вопроса в рамках одной научной статьи невозможно — эти вопросы образуют научную школу в рамках общей теории устойчивости экономических систем, а вот двигаться в направлении ответов на поставленные вопросы мы будем. Такое движение осуществляется с целью решения задач из «Перечня национальных показателей устойчивого развития России», опубликованного Росстатом в 2021 г.<sup>2</sup> При этом сформировать достаточно полное представление о самих понятиях «структурные реформы» и «структурно-инвестиционная политика» можно достаточно быстро на основе изучения таких научных монографий ИМП РАН, как (Ивантер, 2017) и (Широв, 2018). Занимаясь моделированием структурного экономического роста, можно одновременно также рассматривать его качество, а можно и пропустить этот вопрос, если модель не предназначена для его анализа. Указанное качество характеризуют целевые показатели экономической динамики на различных этапах развития, в том числе степень соответствия структуры экономики растущим общественным потребностям.

<sup>2</sup> <https://rosstat.gov.ru/sdg/national>

Числовая оценка экономического роста или спада, его материальная основа на макроуровне и на конкретном временном интервале фиксируется показателем степени роста  $\alpha_0$ . Данный показатель определяется на основе актуального периода исследования динамического межотраслевого баланса (МОБ). Степень экономического роста  $\alpha_0$  (или падения валового производства, что зависит от знака перед этим показателем) представляет собой значение правого вещественного корня характеристического уравнения модели динамического МОБ

$$BpX(t) + AX(t) + Y(t) = X(t), \quad X(0) = X_0, \quad (1)$$

где  $p = d/dt$  – оператор дифференцирования по времени;  $B$  – невырожденная матрица межотраслевых инерционностей, элементы которой имеют размерность времени;  $A$  – технологическая матрица коэффициентов текущих (прямых) затрат;  $X(t)$  – вектор-функция валовых выпусков по видам экономической деятельности (ВЭД);  $Y(t)$  – вектор-функция конечного спроса.

Для решения так называемой полной проблемы собственных значений, равных корней характеристического уравнения, модель должна быть замкнута по конечному спросу и приведена к нормальной форме Коши. Прием такого замыкания приведен в нашей работе (Торощев, Мараховский, Дужински, 2020). Там же впервые в экономической науке решена проблема оцифровки модели (1). Справедливости ради следует заметить, что проблему отсутствия данных для модели В.В. Леонтьев отметил еще в 1952 г. (см. (Леонтьев, 1990, с. 69)), когда его динамическая теория «затраты–выпуск» стала проходить первую экспериментальную проверку. Вместе с тем, методика оцифровки с тех пор никогда и нигде не была опубликована, не существует источников, содержащих матрицу реальной экономики ( $B$ ). Поэтому в работе (Торощев, Мараховский, Дужински, 2020) мы использовали термин «впервые». Матрицу  $B$  Леонтьев назвал матрицей капитальных коэффициентов, позже она стала называться еще и матрицей коэффициентов приростных фондоемкостей. Данные коэффициенты «играют роль как бы массы, характеризующей инерцию экономической системы», как это определено в (Лопатников, 2003, с. 158). Простое сопоставление модели (1) с уравнением инерционного звена (для этого вместо системы (1) удобно сначала записать одно уравнение  $b \dot{x}(t) + ax(t) + y(t) = x(t)$ ,  $x(0) = x_0$ ) свидетельствует о том, что элементы  $b_{ij}$  матрицы  $B$  имеют размерность времени, поэтому их можно назвать постоянными времени (для стационарных моделей) или межотраслевыми инерционностями. Указанное уравнение известно из механики, электротехники, теории автоматического управления и иных дисциплин.

Итак, обсуждаемую матрицу никогда не разрабатывали в СССР и России, а в (Леонтьев, 1990) читаем: «Определение величины элементов...  $b_{ij}$  включает серию эмпирических исследований, еще более трудоемких, чем в случае определения коэффициентов потока  $a_{ik}$ . Матрица  $B$  для американской экономики размерности (100×100) в настоящее время уже существует». Приведенная цитата вызывает большие сомнения – фактического подтверждения ей нам обнаружить не удалось, несмотря на энергичные поиски, предпринимаемые с 1998 г. Наши сомнения также касаются того, что указанная размерность задачи велика для вычислительных возможностей 1952 г. – это, во-первых. А, во-вторых, без введения в модель (1) численной идентификации матрицы, названной нами

в (Торопцев, Мараховский, Дужински, 2020) базовой, среди элементов  $b_{ij}$  будет много отрицательных, причем всегда. Без участия базовой матрицы, отличной от единичной, не удастся получить верное равенство в (1) с положительными инерционностями  $b_{ij}$ . Отрицательные приростные фондоемкости (инерционности) можно пояснить и принять только во время нахождения экономической системы на траектории самоликвидации. Как здесь не вспомнить Россию образца 1990-х годов? Проблему отрицательных фондоемкостей мы обсуждали и показывали в (Дужински, Торопцев, Мараховский, 2018). В работе, доступной по ссылке, математически видна возможность бессмысленной ситуации  $b_{ij} < 0$  только тогда, когда объем принудительной ликвидации производственных мощностей отраслей превышает норму амортизации их основного капитала. Безусловно, принудительная ликвидация производственных мощностей целых отраслей, проведенная в России в первые постсоветские годы, не имела и теперь не имеет экономического смысла. А вот «неистребимая» отрицательность  $b_{ij}$  привела к тому, что для прикладного анализа модель (1) не применялась, переключаясь в семейство «чисто теоретических конструкций» (Суворов, Трещина, Белецкий, 2017).

Феномен отрицательных инерционностей не был разгадан, но были определены обходные пути для учета «динамизма» в межотраслевых исследованиях, чему ярким примером может служить работа (Позамантир, 2014). Между тем, только модель (1) естественным образом делает доступными для анализа показатели собственных (внутренних, структурных) динамических свойств (СДС) экономических систем. Эти свойства мы описывали во многих наших статьях в журналах издательского дома «Финансы и кредит» (Дужински, Торопцев, Мараховский, 2016, 2018; Торопцев, Мараховский, Дужински, 2020). К их числу относится в принципе известный из теории управления комплекс фундаментальных характеристик экономики как динамической системы, представленной непрерывной моделью. В комплекс фундаментальных характеристик входят: степень роста/спада валового производства, частоты и затухания отдельных структурных составляющих, их наблюдаемость, управляемость, возбуждаемость, чувствительность к параметрам модели со всеми количественными характеристиками. Кроме того, модель (1) удобна для визуализации переходных процессов на основе решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Сказанное порождает два новых названия матрицы  $B$  с приданием ей нового смысла: матрица межотраслевых инерционностей, или матрица собственных ( $b_{ii}$ ) и взаимных ( $b_{ij}$ ) постоянных времени структурных переходных процессов.

Межотраслевым анализом традиционно активно занимаются ведущие научные организации России и мира. В России здесь приоритет неизменно принадлежит ИНП РАН, ЦЭМИ РАН, ИЭОПП СО РАН, международной группе ИНФОРУМ, ведущим университетам. Использовать динамический МОБ (с оценками формирования и влияния человеческого капитала) предлагается в работе (Баранов, Елсакова, Корнева, 2015). Но как в (Позамантир, 2014), так и в (Баранов, Елсакова, Корнева, 2015) модели приобретают свойства динамических на основе их построения для ряда лет для  $t = 1, \dots, n$ . Это позволяет визуализировать переходные процессы, а вот вычислять показатели СДС нет. Статические уравнения, записанные для соседних периодов времени и использованные в известных моделях RIM (Широв, Янтовский, 2017) и QUMMIR

(Брусенцева и др., 2020), используют тот же принцип формирования. Да, указанные модели, а также класс вычислимых моделей общего экономического равновесия с аббревиатурой CGE (Макаров, Бахтизин, Сулакшин, 2007) позволяют определять большое число показателей. Замена же в них статического уравнения МОБ на динамическое вида (1) существенно расширит возможности макроэкономического моделирования в направлении решения задач устойчивости экономического развития.

## 2. Описание последовательности верифицируемых вычислений

В своих теоретических построениях и расчетах мы опирались на данные Росстата, а также элементы собственной статистической базы исследований. Разработка последней необходима для оцифровки моделей и представляет собой характерную проблему для тех, кто посвящает труды моделированию социально-экономических систем (Узяков, 2018). С необходимостью преодоления указанной проблемы сталкиваются не только россияне, но и зарубежные ученые (Алмон, 2012; Almon, Grassini, 2000). Это – во-первых. А во-вторых, частым условием объективности анализа является достаточная длина статистических выборок и рядов данных, отображающих экономическую динамику. В последнем случае нам не повезло, так как период действия классификатора ОКВЭД-1 ограничивается интервалом 2002–2013 гг., что нельзя назвать длинным рядом. ОКВЭД-2 применяется Росстатом только с 2014 г., таким образом, видим, что условие «во-вторых» не выполняется.

Далее отметим, что основным источником данных, запускающим процесс оцифровки модели (1), служат статистические сборники Росстата под названием «Национальные счета России в ... гг.», выходящие в свет с лагом в два года, где на месте многоточия указывается соответствующий пятилетний интервал времени. Характерной особенностью представления данных за определенный год, несколько раз подаваемых в последующих за этим годом изданиях сборника, является частая корректировка значений. Такая корректировка требует использовать для расчетов устойчивые к ошибкам исходной информации вычислительные алгоритмы. В науке такие процедуры и результаты называются робастными, т.е. помехоустойчивыми. Сборники «Национальные счета...» содержат «Таблицы формирования выпуска товаров и услуг в разрезе ВЭД», которые представляют нам своего рода анатомию валового производства, так как суммы элементов столбцов этой таблицы равны соответствующим элементам вектора валовых выпусков. Обозначим обсуждаемые таблицы, а в уравнениях – матрицы, через  $PM$  (production matrix).

Одновременно тот же  $X$  представляет собой сумму

$$X = ICV + VAV, \quad (2)$$

где  $ICV$  – вектор промежуточного потребления;  $VAV$  – вектор добавленных стоимостей. Эти два вектора предоставляет официальная статистика.

Итак, если производство представлено матрицей  $PM$  и, соответственно, вектором валовых выпусков  $X$ , то промежуточное потребление и добавленная стоимость в настоящее время Росстатом представляется только векторами  $ICV$  и  $VAV$  соответственно. Матрицы формирования двух последних векторов, подобные матрице  $PM$  для вектора  $X$ , в настоящее время не разрабатываются.

Если бы эти массивы данных были доступны исследователям, то, по аналогии с уравнением (2), можно было бы записать равенство

$$PM^T = MIC + MVA, \quad (3)$$

где  $MIC$  – отсутствующая сегодня матрица формирования промежуточного потребления;  $MVA$  – также несуществующая в официальной статистике матрица формирования добавленной стоимости;  $T$  – символ транспонирования. Уравнение (3) реализует сложение матриц I и III квадрантов статического МОБ.

Две матрицы, входящие в правую часть уравнения (3), можно синтезировать, если прибегнуть к следующему варианту разложения:

$$PM^T = \text{diag}((PM^T)^{-1}ICV)PM^T + \text{diag}((PM^T)^{-1}VAV)PM^T. \quad (4)$$

В формуле (4) два слагаемых в левой части равенства представляют собой отсутствующие до публикации наших исследований матрицы формирования промежуточного потребления и добавленной стоимости  $MIC$  и  $MVA$  соответственно. Во-первых, очевидно, что разложение матрицы  $PM$  на две ( $MIC$  и  $MVA$ ) выполнено с учетом пропорций, задаваемых векторами  $ICV$  и  $VAV$ , которые имеются в наличии. Во-вторых, само равенство (4) все-таки может представляться неочевидным для читателей, поэтому сделаем отступление и установим его верность.

Так, умножение выражения (4) справа на матрицу  $(PM^T)^{-1}$  дает следующий очевидный результат:

$$\Lambda = (PM^T)^{-1} \times ICV + (PM^T)^{-1} \times VAV = (PM^T)^{-1} \times (ICV + VAV), \quad (5)$$

где  $\Lambda$  – вектор с единичными элементами, что эквивалентно уравнению

$$\Lambda = (PM^T)^{-1} \times (ICV + VAV) = (PM^T)^{-1} \times X, \quad (6)$$

а это значит, что

$$PM^T \times \Lambda = X. \quad (7)$$

Формула (7) реализует сложение элементов столбцов матрицы  $PM$ , что и дает вектор валового производства  $X$ . Это доказывает верность выражения (4).

Итак, матрицы  $MIC$  и  $MVA$  вполне вычислимы и таким образом доступны для анализа. Для дальнейшего углубления в проблему исследования структурных свойств экономических систем перепишем уравнение (2) с учетом (3) следующим очевидным образом:

$$PM^T \text{diag}(1/X)X = MIC \text{diag}(1/X)X + MVA \text{diag}(1/X)X. \quad (8)$$

Здесь и далее  $\text{diag}(1/X) = \text{diag}\{1/x_i\}$ ,  $i = 1, \dots, n$  является диагональной матрицей, где  $X = \{x_i\}$ .

Можно убедиться, что выражение (8) представляет собой уравнение статического МОБ и поэтому реализует переход от собственных и взаимных финансовых потоков к коэффициентам затрат. Очевидно также, что слева от равенства записана та часть (8), которая дает вектор  $X$ . Дело в том, что мы в (Горопцев, Мараховский, Дужински, 2020) уже вводили в научный оборот понятие базовой матрицы ( $BM$ ), собственным вектором которой является вектор валового выпуска  $X$  ( $PM^T \text{diag}(1/X) = BM$ ). При этом собственное значение, соответствующее  $X$ , равно единице, т.е.  $BM \times X = X$ . Последняя формула вскрывает причину, по которой базовая матрица ранее не была замечена и идентифицирована исследователями, а ведь она характеризует межотраслевые взаимодействия в эконо-

мике, позволяет вычислить собственные и взаимные финансовые потоки в координатах ВЭД. Более того, когда базовая матрица в модели (1) отождествляется с единичной, тогда нет шансов получить матрицу межотраслевых инерционностей  $B$  с неотрицательными элементами (Торопцев, Мараховский, Дужински, 2020), которая давала бы верное равенство в (1). Уравнение (8) – как статический МОБ – может быть записано уже в совсем узнаваемом виде. Сделаем это последовательно в три этапа:

$$\begin{aligned} BMX &= A^T X + MVA' X, \quad MVA' = MVA \operatorname{diag}(1 / X); \\ X &= BM^{-1} A^T X + BM^{-1} MV A' X; \\ X &= A^T X + VAV - \end{aligned} \quad (9)$$

с несложным установлением соответствия всех компонент.

Базовая матрица российской экономики за 2015 г. впервые приведена в (Торопцев, Мараховский, Дужински, 2020), она же использована в настоящей работе. В работе содержатся доводы в отношении ее содержательности для экономического анализа, а также изложена технология получения недостающей в модели матрицы межотраслевых инерционностей  $B$ , которая остается на сегодняшний день уникальной.

Базовая матрица имеет мощное диагональное преобладание. В среднем ее диагональные элементы раз в сто больше внедиагональных, что имеет вполне экономическое толкование: слабость и даже примитивность межотраслевых финансовых потоков (межотраслевых связей). Простота структуры экономики неудовлетворительна с точки зрения ее эффективности, в развитой экономике ВЭД интенсивно взаимодействуют. Именно на путях интенсификации этих взаимодействий возможна реализация длинных технологических цепочек, организация производств высоких переделов, что создаст предпосылки роста добавленной стоимости в экономике.

«Простая» структура российской экономики сложилась в последние десятилетия, когда основное внимание уделялось наращиванию добычи и экспорта сырья при его минимальной переработке. Это естественным образом исключило современную Россию из числа экономически развитых стран с высоким уровнем жизни и привело к выводам о неэффективности российской экономики в целом.

Матрица  $B$  восстанавливается на основе данных экономической динамики за актуальный и адекватный решению данной некорректной задачи период времени – от одного года до нескольких лет. Поясним утверждение о некорректности для задачи, формализуемой моделью (1).

Корректной по Адамару (решение существует, является единственным и устойчивым) является прямая задача (1), когда на основе заданных матриц и вектора конечного спроса, возможно переменного, решением задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений вычисляется вектор валовых выпусков  $X(t)$ . Если же по известному ответу в виде  $X(t)$  требуется решить обратную задачу, состоящую в восстановлении условий, при которых такой ответ был получен, то часто эта обратная задача оказывается некорректной. Во-первых, восстановить надо будет гораздо больший объем информации, чем содержит  $X(t)$ , который является сверткой всех затрат и технологий. Во-вторых, непременно возникает проблема влияния принимаемых допущений, введения в задачу

некоторой априорной информации, а также совокупных ошибок в исходных данных на качество и меру доверия к решению обратной задачи.

Получение матрицы межотраслевых инерционностей начнем с записи модели (1) в виде

$$BM \times X = A \times X + B \times pX + L \times X, \quad (10)$$

где  $L$  – матрица, характеризующая конечный спрос в секторе правительства, экспортно-импортное сальдо и затраты на трудовые ресурсы, технология получения которой также представлена в (Торощев, Мараховский, Дужински, 2020), единственно возможной не является. Предположение  $Y = L X$  в формуле (10) вводит линейную связь между валовым выпуском и конечным спросом, а  $L$  – матрица, элементы которой задают доли валового выпуска, идущие на конечное потребление (на покрытие спроса). В формуле (10) опущена переменная  $t$ , а замкнутая таким образом по потреблению модель в нормальной форме Коши имеет вид

$$\frac{dX}{dt} = B^{-1}(BM - A - L)X, \quad X(0) = X_{2011}. \quad (11)$$

Принятие в расчетах в качестве нулевого/стартового 2011 г. неслучайно, так как именно в этом году сошло на нет влияние кризиса 2008–2009 гг.

Решение уравнения (11) можно записать через матричную экспоненту в виде

$$X(t) = \exp(Gt)X(0), \quad X(0) = X_{2011}, \quad G = B^{-1}(BM - A - L), \quad (12)$$

что при экспоненциальной (в номинальном денежном исчислении) фактической динамике валового производства на интервале 2011–2015 гг. позволяет сформировать матрицы состояния  $G$  следующим образом:

$$G = \text{diag}(\lambda_j), \quad \lambda_j = \ln(x_{j,2015} / x_{j,2011}) / (2015 - 2011). \quad (13)$$

И это – только нулевое приближение данной матрицы, которое позволяет описать переходный процесс на рассматриваемом временном интервале. Очевидно, что формулы (12) и (13) позволяют вычислить некоторое приближение матрицы межотраслевых инерционностей  $B$ . При этом если удастся корректно определить линейную связь между конечным спросом и валовой добавленной стоимостью, то матрицу  $L$  можно выразить через  $MVA$  с учетом того, что сама  $MVA$  вычислима на основании формулы (4), а потом уже она входит в первую формулу из трех равенств (9). В работе (Торощев, Мараховский, Дужински, 2020) представлены иные возможности замыкания модели (1) по потреблению. Обсуждаемая матрица  $B$  характеризует межотраслевые инерционности формирования основного капитала – инвестиционную деятельность. Вместе с тем, аналогично проделанному можно поставить и успешно решить задачу вычисления инерционностей создания добавленной стоимости, записав модель по столбцам, как это делается в ценовой модели МОБ. Но публикация этих результатов останется за рамками данной статьи.

Более содержательные варианты генерации матрицы  $G$  лежат на путях учета структурных бизнес-циклов. Это связано с появлением в спектре  $G$  комплексно-сопряженных пар собственных значений  $\lambda_{j,j+1} = \alpha_j \pm i\omega_j$ ,  $i = \sqrt{-1}$ . Для



того чтобы избежать операций с комплексными числами, матрица  $G$  представляется блочно-диагональной с клетками первого и второго порядков (размерности  $2 \times 2$ ), когда комплексно-сопряженная пара порождает диагональную клетку  $G_i$  вида

$$G_i = \begin{pmatrix} \alpha_i - \omega_i & \\ \omega_i & \alpha_i \end{pmatrix}. \quad (14)$$

При необходимости учитывать кратные собственные числа матрица  $G$  также строится блочно-диагональной, состоящей из канонических Жордановых клеток произвольного размера.

### 3. Расчеты и анализ расчетов

Изложенные теоретические основы оцифровки модели (1) и данные статистического сборника (в данном случае «Национальные счета России в 2011–2016») позволяют получить и представить результаты расчетов матриц межотраслевых (собственных и взаимных) инерционностей образца 2011 и 2015 г. (табл. 1, 2).

Какой же была структурная динамика российской экономики в рассматриваемое пятилетие? Как базовые матрицы (за 2015 г. приведена ниже), так и матрицы инерционностей своим сильным диагональным преобладанием свидетельствуют о слабости межотраслевых связей. Нулевые элементы приведенных матриц означают отсутствие межотраслевых взаимодействий. При этом значимые, но уменьшающиеся во времени, инерционности указывают на растущую чувствительность экономики к сигналам управления, например, в виде инвестиционных воздействий. Это позволяет скорее достигать плановых целей экономического развития, равновесной точки или траектории, так

Таблица 1

Матрица  $B$  образца 2011 г. (ОКВЭД-1)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
A	4,128	0,005	0	0,034	0,003	0,01	0,006	0,015	0,004	0,001	0,006	0	0	0	0,005
B	0,001	2,149	0	0,007	0	0	0,001	0,001	0,002	0	0,001	0	0	0	0
C	0,001	0	6,309	0,049	0,01	0,07	0,014	0,017	0,017	0	0,037	0	0,001	0,005	0,009
D	0,037	0,044	0,716	2,795	0,069	0,078	0,258	0,082	0,041	0,002	0,098	0	0,006	0,01	0,036
E	0	0	0,001	0,003	5,461	0,042	0,008	0,006	0,003	0,001	0,024	0	0,002	0,001	0,363
F	0,001	0,001	0,011	0,009	0,009	7,86	0,03	0,013	0,023	0,001	0,038	0	0,001	0,001	0,033
G	0,003	0,002	0,028	0,049	0,005	0,019	6,427	0,198	0,129	0,005	0,387	0	0,001	0,003	0,028
H	0	0	0	0	0	0,001	0,007	4,873	0,001	0	0,01	0	0,001	0,001	0,018
I	0,002	0,01	0,005	0,004	0,016	0,033	0,031	0,045	5,053	0,018	0,057	0	0,004	0,009	0,021
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,89	0,004	0	0	0	0
K	0,001	0,006	0,004	0,034	0,027	0,064	0,04	0,059	0,025	0,011	7,044	0	0,142	0,011	0,05
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	6,809	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0	0	0,001	0	11,814	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0,001	0,014	0	0	0,001	0	0	5,729	0,004
O	0,001	0	0,001	0	0,02	0,004	0,002	0,043	0,002	0	0,01	0	0,005	0,002	5,545

Источник: рассчитано авторами.

как числовые значения инерционностей есть времена, за которые свободные составляющие переходных процессов в межотраслевых связях затухают в  $e$  раз, где  $e$  – число Эйлера (основание натурального логарифма, второй замечательный предел).

**Таблица 2**  
Матрица  $B$  образца 2015 г. (ОКВЭД-1)

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	4,293	0,001	0	0,042	0,001	0,007	0,003	0,009
B	0	2,35	0	0,01	0	0	0,001	0
C	0	0	6,16	0,063	0,009	0,068	0,013	0,014
D	0,024	0,037	0,56	2,883	0,086	0,057	0,17	0,045
E	0	0	0	0,003	5,61	0,037	0,011	0,003
F	0,001	0	0,007	0,006	0,003	7,461	0,02	0,006
G	0,002	0,001	0,009	0,071	0,001	0,019	5,891	0,095
H	0	0	0	0	0	0	0,002	4,613
I	0	0	0,006	0,005	0,016	0,039	0,021	0,031
J	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0,001	0,002	0,015	0,025	0,026	0,044	0,026	0,04
L	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0,004
N	0	0	0	0	0	0	0	0,007
O	0,001	0	0	0	0,01	0,002	0,001	0,025

	I	J	K	L	M	N	O
A	0,002	0	0,004	0	0	0	0,004
B	0,003	0	0,001	0	0	0	0
C	0,016	0	0,025	0	0,001	0,005	0,003
D	0,047	0,001	0,115	0	0,003	0,008	0,022
E	0,003	0	0,021	0	0,002	0,001	0,335
F	0,018	0,001	0,023	0	0	0,001	0,012
G	0,154	0,013	0,463	0	0	0,002	0,017
H	0,001	0	0,006	0	0	0,001	0,012
I	5,187	0,014	0,044	0	0,002	0,006	0,052
J	0	6,974	0,003	0	0	0	0
K	0,016	0,004	6,86	0	0,048	0,01	0,031
L	0	0	0,017	7,661	0	0	0
M	0	0	0,001	0	12,743	0	0,001
N	0	0	0,001	0	0	5,864	0,002
O	0,001	0	0,011	0	0,007	0	5,768

Источник: рассчитано авторами.

В табл. 3 представлены приращения межотраслевых инерционностей 2015 и 2011 г.:  $\Delta = B_{2015} - B_{2011}$ .

Таблица 3

Динамика межотраслевых инерционностей  $\Delta = B_{2015} - B_{2011}$

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	0,165	-0,004	0	0,008	-0,002	-0,003	-0,003	-0,006
B	-0,001	0,201	0	0,003	0	0	0	-0,001
C	-0,001	0	-0,149	0,014	-0,001	-0,002	-0,001	-0,003
D	-0,013	-0,007	-0,156	0,088	0,017	-0,021	-0,088	-0,037
E	0	0	-0,001	0	0,149	-0,005	0,003	-0,003
F	0	-0,001	-0,004	-0,003	-0,006	-0,399	-0,01	-0,007
G	-0,001	-0,001	-0,019	0,022	-0,004	0	-0,536	-0,103
H	0	0	0	0	0	-0,001	-0,005	-0,26
I	-0,002	-0,01	0,001	0,001	0	0,006	-0,01	-0,014
J	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	-0,004	0,011	-0,009	-0,001	-0,02	-0,014	-0,019
L	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	-0,001
N	0	0	0	0	0	0	-0,001	-0,007
O	0	0	-0,001	0	-0,01	-0,002	-0,001	-0,018

	I	J	K	L	M	N	O
A	-0,002	-0,001	-0,002	0	0	0	-0,001
B	0,001	0	0	0	0	0	0
C	-0,001	0	-0,012	0	0	0	-0,006
D	0,006	-0,001	0,017	0	-0,003	-0,002	-0,014
E	0	-0,001	-0,003	0	0	0	-0,028
F	-0,005	0	-0,015	0	-0,001	0	-0,021
G	0,025	0,008	0,076	0	-0,001	-0,001	-0,011
H	0	0	-0,004	0	-0,001	0	-0,006
I	0,134	-0,004	-0,013	0	-0,002	-0,003	0,031
J	0	0,084	-0,001	0	0	0	0
K	-0,009	-0,007	-0,184	0	-0,094	-0,001	-0,019
L	0	0	-0,013	0,852	0	0	0
M	0	0	0	0	0,929	0	0,001
N	0	0	0	0	0	0,135	-0,002
O	-0,001	0	0,001	0	0,002	-0,002	0,223

Источник: рассчитано авторами.

Данные со знаком «минус» в табл. 3 свидетельствуют об улучшении динамических характеристик межотраслевых взаимодействий, тогда как плюсы,

напротив, сигнализируют о приростах инерционностей, т.е. об ухудшении структурных характеристик экономики. Например, если рассмотреть раздел М – Образование по ОКВЭД-1, то виден прирост его собственной инерционности в размере 0,929 (диагональный элемент в позиции М-М табл. 3). Что это значит? Инерционности измеряются в единицах времени, в данном случае – в годах. Если месяц – это 1/12 часть года, то 0,929 означает прирост инерционности приблизительно на 11 месяцев за пятилетку. По данным приведенных таблиц раздел М обладает высокой собственной инерционностью. В самом деле, этот раздел объединяет процессы получения общего и специального образования, в том числе университетского, включая обучение в аспирантуре, требующие длительных и возрастающих периодов времени. При этом в 2011 г. продолжительность обучения в аспирантуре увеличилась на 1 год, что, в частности, нашло отражение в изменившемся показателе собственной инерционности ВЭД. Отметим также, что для анализа взаимодействий ВЭД можно рассматривать собственные (внутриотраслевые) и взаимные (межотраслевые) инерционности, имея в виду, что табл. 1–3 предоставляют математико-статистические иллюстрации структурной динамики экономической жизни.

Рассмотрение других интервалов или отдельных годов экономической жизни в рамках ОКВЭД-1 вполне возможны, соответствующие расчеты сделаны нами, но не представлены здесь, чтобы не перегружать текст таблицами. Так, элементы матрицы межотраслевых инерционностей демонстрируют плавную динамику без скачкообразных изменений, что позволяет, в принципе, их прогнозировать.

Диагональное доминирование в представленных матрицах является свидетельством слабости (даже деградации или структурной деформации) межотраслевых связей, что уже отмечалось и подчеркивалось (Торопцев, Мараховский, 2021). Это обстоятельство препятствует успешному решению серьезных экономических задач, каковой является, например, достижение целевых показателей национальных проектов. Именно поэтому для российской экономики структурные реформы всесторонне обсуждаются и часто, как минимум на словах, ставятся во главу угла как правительством, так и экспертным сообществом.

Между тем, новые для межотраслевого анализа массивы данных и изложенные в наших работах математические преобразования создают теоретико-методологические основы для разработки новых формализованных методов оценки влияния национальных (масштабных инвестиционных) проектов на экономическую динамику и экономический рост. Внедиагональные элементы базовой матрицы и матрицы межотраслевых инерционностей показывают уровень, интенсивность и качество взаимодействий между ВЭД, позволяют разрабатывать методологию планирования, прогнозирования и управления этими взаимодействиями, в том числе и на основе методов многокритериальной оптимизации.

Погодовая динамика исследовалась нами и на базе статистики ОКВЭД-2, что стало возможным с 2016 г. При этом традиционное сетование ученых на скачкообразное изменение, на несопоставимость данных, на отсутствие длинных рядов динамики показателей при смене ОКВЭД наших методик касается менее всего. Табл. 4 содержит приращения собственных и взаимных инерционностей  $\Delta = B_{2017} - B_{2016}$ . При этом видно, что уровни взаимодействия домашних хозяйств

с остальными ВЭД ничтожно малы: нули в строке-столбце по разделу Т, а в матрицах  $B_{2016}$  и  $B_{2017}$  – только один элемент на диагонали, соответствующий ВЭД «Домашние хозяйства», за год не получил приращения. Это наблюдение прямо указывает на неприлично низкий уровень спроса со стороны домашних хозяйств. Причины отсутствия взаимодействий в координатах «ВЭД» – «Домашние хозяйства» мы не станем здесь называть, чтобы не спровоцировать конфликта интересов. Отметим только, что практическое отсутствие взаимных финансовых потоков в указанных координатах дает повод разным экспертным сообществам год за годом не относить Россию к числу экономически развитых стран и одновременно образует социально значимое и знаковое препятствие ее экономическому развитию и росту. Без преодоления ограничений по спросу со стороны «Домашних хозяйств» российская экономика лишается одного из важных оснований для перехода к режиму функционирования со степенями роста выше среднемировых.

**Таблица 4**

Динамика межотраслевых инерционностей  $\Delta = B_{2017} - B_{2016}$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	-0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
C	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,00	-0,08	-0,01	-0,01	0,00
D	0,00	0,00	0,00	0,21	-0,03	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00
E	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,04	-0,36	0,01	0,00	0,00	-0,02
G	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,01	-0,16	0,00	0,03	0,00
H	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,04	0,01	-0,01	-0,31
I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,03	0,00
J	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,06	0,01	0,15
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
M	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,04
N	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,09	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
R	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,04
T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
A	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	0,00	0,01	-0,01	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	0,00	0,00	0,04	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,15	0,00

Окончание таблицы 4

	К	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
D	0,00	0,01	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
E	0,00	0,00	0,00	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
F	0,00	0,01	0,02	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G	0,01	0,02	-0,15	-0,07	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,07	0,00
H	0,00	0,03	-0,01	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,00
J	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	-0,24	0,00
K	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L	0,00	-0,18	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
M	0,01	0,00	-0,14	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00
N	0,00	0,00	-0,01	-0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00
Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00
R	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	-0,01	0,00
S	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,21	0,00
T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Источник: рассчитано авторами.

В ОКВЭД-2 разделы ВЭД отличаются от ОКВЭД-1, так что прямые сопоставления некорректны, кроме некоторых исключений. Раздел М, например, в ОКВЭД-2 называется «Деятельность профессиональная, научная и техническая». Эта деятельность связана с «Образованием» в ОКВЭД-1 и предполагает длительные периоды обучения, приобретения и расширения у исполнителей работ специальных знаний и навыков параллельно со специализированной профессиональной, научной и технической деятельностью. По понятным причинам инерционность этого раздела растет от года к году, точно так же, как растет инерционность ВЭД «Образование», перешедшего в ОКВЭД-2 в раздел Р.

Завершая изложение, вспомним, что фундаментальную роль в оцифровке модели динамического МОБ (1) сыграло введение в модель базовой матрицы, а это, в свою очередь, позволило сделать теорию СДС работающей, т.е. имеющей практическое значение и смысл. Анализ этой матрицы позволяет ставить и решать такие задачи, которые ранее не могли быть поставлены либо по причине «вырожденности» матрицы  $B$ , либо в связи с «непреодолимой» отрицательностью ее элементов.

**Пример.** В табл. 5 показана базовая матрица  $BM$  за 2015 г. Мы уже использовали этот объект и ссылались на него.

Теперь поставим модельную задачу удвоения валового производства, т.е. вместо вектора выпуска  $X$  запланируем произвести  $2X$ . Для данного случая можно рассчитать все матрицы нашей модели, характеризующие структуру экономики, ее динамические свойства. Например, матрица  $BM$ , обеспечивающая удвоенный

Таблица 5

Базовая матрица за 2015 г.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
A	0,912	0	0	0,014	0	0,001	0,001	0,002	0	0	0,001	0	0	0	0,001
B	0	0,635	0	0,003	0	0	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0,908	0,021	0,002	0,009	0,002	0,003	0,003	0	0,004	0	0	0,001	0,001
D	0,005	0,01	0,083	0,943	0,015	0,007	0,025	0,009	0,009	0	0,016	0	0	0,001	0,004
E	0	0	0	0,001	0,959	0,005	0,002	0,001	0,001	0	0,003	0	0	0	0,056
F	0	0	0,001	0,002	0	0,975	0,003	0,001	0,003	0	0,003	0	0	0	0,002
G	0	0	0,001	0,023	0	0,002	0,879	0,02	0,029	0,002	0,065	0	0	0	0,003
H	0	0	0	0	0	0	0	0,979	0	0	0,001	0	0	0	0,002
I	0	0	0,001	0,001	0,003	0,005	0,003	0,007	0,971	0,002	0,006	0	0	0,001	0,009
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,998	0	0	0	0	0
K	0	0	0,002	0,008	0,005	0,006	0,004	0,008	0,003	0,001	0,968	0	0,004	0,002	0,005
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,995	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0	0	0	0	0,998	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0,998	0
O	0	0	0	0	0,002	0	0	0,005	0	0	0,002	0	0,001	0	0,972

Источник: рассчитано авторами.

выпуск, представлена в табл. 6. Ясно, что для получения такой базовой матрицы нам потребовалось «вручную» синтезировать матрицу формирования выпуска товаров и услуг. Это было сделано с учетом пропорций, задаваемых ее столбцами при выполнении ограничивающего условия: сумма элементов столбцов равна желаемым выпускам по ВЭД. Пропорции устанавливаются на основе анализа имеющихся матриц Росстата. Отметим, что: 1) сообщенный способ построения *VM* не является единственно возможным, алгебра собственных значений также позволяет эффективно решить задачу удвоения валового производства; 2) именно базовая матрица позволила впервые получить межотраслевые инерционности со знаком «плюс». При этом в данной статье речь идет только о структурных инерционностях, связанных с формированием основного капитала отраслей. Иного здесь мы не рассматривали. Например, можно записать модель (1) по столбцам и определить инерционности формированием валовой добавленной стоимости. Это просто увеличит объем статьи при сохранении логики анализа и последовательности вычислений.

За счет чего произошло столь чудесное удвоение производства? Очевидно, что за счет укрепления межотраслевых связей, за счет роста взаимных финансовых потоков. Мы не станем здесь анализировать, какие именно ВЭД приняли больше участия в обеспечении результата – роста производства. Заинтересованный читатель может это сделать самостоятельно. Одновременно отметим, что изложенные методологические основы анализа структурной динамики экономики и последовательность математических вычислений позволяют оцифровать модель, производящую любой заданный вектор валовых выпусков.

Таблица 6

Базовая матрица для удвоения валового производства от выпуска 2015 г.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
A	0,912	0,001	0,03	0,043	0,027	0,052	0,012	0,118	0,039	0,078	0,069	0	0,191	0,163	0,1
B	0	0,635	0,002	0,005	0,002	0,003	0,001	0,007	0,003	0,005	0,004	0	0,012	0,01	0,006
C	0,004	0,002	0,962	0,075	0,05	0,102	0,024	0,215	0,073	0,142	0,129	0	0,349	0,3	0,183
D	0,018	0,016	0,263	1,126	0,178	0,319	0,099	0,719	0,244	0,476	0,435	0	1,166	1	0,612
E	0,003	0,001	0,036	0,037	0,991	0,067	0,016	0,142	0,047	0,095	0,086	0	0,233	0,199	0,178
F	0,004	0,002	0,051	0,052	0,046	1,061	0,023	0,197	0,068	0,131	0,119	0	0,322	0,276	0,17
G	0,008	0,003	0,102	0,125	0,092	0,177	0,92	0,417	0,16	0,268	0,3	0	0,653	0,56	0,343
H	0,001	0	0,007	0,007	0,006	0,012	0,003	1,006	0,009	0,018	0,017	0	0,045	0,038	0,025
I	0,004	0,002	0,061	0,062	0,057	0,108	0,027	0,242	1,049	0,16	0,145	0	0,386	0,332	0,21
J	0,002	0,001	0,021	0,021	0,019	0,036	0,009	0,082	0,027	1,053	0,049	0	0,136	0,116	0,071
K	0,007	0,003	0,092	0,099	0,086	0,161	0,04	0,36	0,12	0,237	1,176	0	0,582	0,497	0,307
L	0,003	0,001	0,042	0,042	0,038	0,073	0,017	0,165	0,055	0,111	0,1	0,995	0,272	0,233	0,142
M	0,001	0	0,012	0,012	0,011	0,021	0,005	0,049	0,016	0,032	0,028	0	1,077	0,067	0,041
N	0,002	0,001	0,022	0,022	0,02	0,037	0,009	0,086	0,028	0,057	0,05	0	0,139	1,118	0,073
O	0,001	0	0,011	0,011	0,011	0,019	0,004	0,047	0,014	0,028	0,026	0	0,069	0,059	1,008

Источник: рассчитано авторами.

Сказанное позволяет как исследовать проблему инерционностей экономических систем саму по себе, так и рассматривать экономическую/структурную динамику с новой стороны, когда на первый план выходят расчеты СДС экономики с одновременным анализом межотраслевых инерционностей.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Алмон К.** (2012). Искусство экономического моделирования. М.: МАКС Пресс. [Almon K. (2012). *The art of economic modeling*. Moscow: MAKS Press (in Russian).]
- Баранов Э.Ф., Елсакова А.В., Корнева Е.С.** (2015). Декомпозиционный анализ на основе таблиц «затраты–выпуск» из базы данных WIOD. М.: Изд. дом Высшей школы экономики. [Baranov E.F., Elsakova A.V., Korneva E.S. (2015). *Decomposition analysis based on input–output tables from the WIOD database*. Moscow: Publishing House “Higher School of Economics” (in Russian).]
- Брусенцева А.Р., Говтвань О.Д., Группа RIM, Гусев М.С., Единак Е.А., Каминова С.В.** (2020). Квартальный прогноз экономики. ИНП РАН. Вып. 47. Режим доступа: <https://ecfor.ru/publication/kvartalnyj-prognoz-vypusk-47/> [Brusentseva A.R., Govtvan' O.D., Group RIM, Gusev M.S., Edinak E.A., Kaminova S.V. (2020). *Quarterly forecast of the economy*, 47. INP RAS. Available at: <https://ecfor.ru/publication/kvartalnyj-prognoz-vypusk-47/> (in Russian).]
- Глазьев С.Ю.** (1999). Проблемы прогнозирования макроэкономической динамики // *Экономика и математические методы*. Т. 35. № 3. С. 122–136. [Glazyev S.Yu. (1999). Problems of forecasting macroeconomic dynamics. *Economics and Mathematical Methods*, 35, 3, 122–136 (in Russian).]



- Глазьев С.Ю.** (2016a). Прикладные результаты теории мирохозяйственных укладов // *Экономика и математические методы*. Т. 52. № 3. С. 3–21. [**Glazyev S.Yu.** (2016). Applied results of the theory of world economic structures. *Economics and Mathematical Methods*, 52, 3, 3–21 (in Russian).]
- Глазьев С.Ю.** (2016b). Экономика будущего. Есть ли у России шанс? («Коллекция Изборского клуба»). М.: Книжный мир. [**Glazyev S.Yu.** (2016). *The economy of the future. Does Russia have a chance?* (“Collection of the Izborsky Club”). Moscow: Book World (in Russian).]
- Дужински Р.Р., Торопцев Е.Л., Мараховский А.С.** (2016). Статистическая устойчивость и динамические свойства макроэкономических систем // *Региональная экономика: теория и практика*. № 6. С. 67–80. [**Duginiski R.R., Toroptsev E.L., Marakhovskii A.S.** (2016). Static stability and dynamic properties of macroeconomic systems. *Regional Economics: Theory and Practice*, 6, 67–80 (in Russian).]
- Дужински Р.Р., Торопцев Е.Л., Мараховский А.С.** (2018). Объединение информационно-аналитических возможностей равновесных и динамических межотраслевых моделей // *Экономический анализ: теория и практика*. Т. 17. № 4. С. 736–753. DOI: 10.24891/ea.17.4.736 [**Duginiski R.R., Toroptsev E.L., Marakhovskii A.S.** (2018). Integration of information and analytical opportunities of equilibrium and dynamic input-output models. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 17, 4, 736–753. DOI: 10.24891/ea.17.4.736 (in Russian).]
- Ивантер В.В.** (2017). Структурно-инвестиционная политика в целях обеспечения экономического роста в России: Монография. М.: Научный консультант. [**Ivanter V.V.** (2017). *Structural and investment policy in order to ensure economic growth in Russia: Monograph*. Moscow: Nauchnyi konsul'tant (in Russian).]
- Леонтьев В.В.** (1990). Экономические эссе. Теории, исследования, факты и политика. М.: Политическая литература. [**Leontiev V.V.** (1990). *Economic essays. Theory, research, facts and policies*. Moscow: Politicheskaja literatura (in Russian).]
- Лопатников Л.И.** (2003). Экономико-математический словарь. М.: Дело. 520 с. [**Lopatnikov L.I.** (2003). *Economic and mathematical dictionary*. Moscow: Delo. 520 p. (in Russian).]
- Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сулакшин С.С.** (2007). Применение вычислимых моделей в государственном управлении. М.: Научный эксперт. [**Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Sulakshin S.S.** (2007). *Application of computable models in public administration*. Moscow: Nauchnyi ekspert (in Russian).]
- Позамантир Э.И.** (2014). Вычислимое общее равновесие экономики и транспорта (транспорт в динамическом межотраслевом балансе). М.: ПОЛИ ПРИНТ СЕРВИС. [**Pozamantir E.I.** (2014). *Computable general equilibrium of the economy and transport (transport in the dynamic intersectoral balance)*. Moscow: POLY PRINT SERVICE (in Russian).]
- Суворов Н.В., Трещина С.В., Белецкий Ю.В.** (2017). Балансовые и факторные модели как инструмент анализа и прогнозирования структуры экономики. Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. Т. 15. С. 50–75. М.: МАКС Пресс. [**Suvorov N.V., Treschina S.V., Beletsky Yu.V.** (2017). Balance and factor models as a tool for analyzing and forecasting the structure of the economy. *Scientific works: Institute of National Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences*, 15, 50–75. Moscow: MAKS Press (in Russian).]
- Торопцев Е.Л., Мараховский А.С.** (2021). Структурные дефекты и деформации экономики // *Экономический анализ: теория и практика*. Т. 20. № 2. С. 251–377.

- [**Toroptsev E.L., Marakhovskii A.S.** (2021). Structural defects and deformations of the economy. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 20, 2, 251–377 (in Russian).]
- Торопцев Е.Л., Мараховский А.С., Дужински Р.Р.** (2020). Проблема оцифровки динамической модели межотраслевого баланса // *Экономический анализ: теория и практика*. Т. 19. № 5. С. 946–972. [**Toroptsev E.L., Marakhovskii A.S., Duginski R.R.** (2020). The problem of digitizing the dynamic model of the intersectoral balance. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 19, 5, 946–972 (in Russian).]
- Торопцев Е.Л., Таточенко Т.В.** (2011). Цели и критерии народно-хозяйственной эффективности экономики // *Финансы и кредит*. № 31(463). С. 69–74. [**Toroptsev E.L., Tatochenko T.V.** (2011). Goals and criteria of national economic efficiency of the economy. *Finance & Credit*, 31 (463), 69–74 (in Russian).]
- Узяков Р.М.** (2018). Использование межотраслевого инструментария в анализе динамики российской экономики в 1991–2013 гг. // *Проблемы прогнозирования*. № 3. С. 13–27. [**Uzyakov R.M.** (2018). The use of intersectoral tools in the analysis of the dynamics of the Russian economy in 1991–2013. *Studies on Russian Economic Development*, 3, 13–27 (in Russian).]
- Шилов А.А.** (2018). Трансформация структуры экономики: механизмы и управление: Монография. Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. М.: МАКС Пресс. [**Shirov A.A.** (2018). *Transformation of the structure of the economy: mechanisms and management: Monograph*. Moscow: MAKS Press, Institute of National Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences (in Russian).]
- Шилов А.А., Янтовский А.А.** (2017). Межотраслевая макроэкономическая модель RIM – развитие инструментария в современных российских условиях // *Проблемы прогнозирования*. Т. 162. № 3. С. 3–19. [**Shirov A.A., Yantovsky A.A.** (2017). Inter-industry macroeconomic model of RIM-development of tools in modern Russian conditions. *Studies on Russian Economic Development*, 162, 3, 3–19 (in Russian).]
- Almon Cl., Grassini M.** (2000). The changing structure of employment in Italy 1980-2010: Can *Investment Affect the Outcome?* INFORUM Working Papers.

Поступила в редакцию 06.03.2021

Received 06.03.2021

**E.L. Toroptsev**

North-Caucasus Federal University, Stavropol', Russia

**A.S. Marakhovskii**

Plekhanov Russian University of Economics, Pyatigorsk Branch, Pyatigorsk, Russian Federation

## **Analysis of macrostructural dynamics framed by the “input–output” methodology<sup>3</sup>**

**Abstract.** The purpose of this article is to publish the author’s method of the economy structural dynamics formalized analysis based on a dynamic model of input-output balance represented by a system of ordinary differential equations. The model is digitized based on the Rosstat data on the formation of the output of goods and services and elements of its own statistical research base. The methodological components of our work are the provisions of systemic, cross-sectoral and structural dynamic analysis. The presented theoretical and methodological statements, brought to a sequence of verified calculations, exploit the basic dynamic model of input-output balance, first published by V.V. Leontief in 1952. For many decades this model remained among so-called “purely theoretical constructions”, since it was never digitized. It was out of many computable models for two reasons: 1) degeneracy of the incremental capital capacities matrix (capital coefficients, as by V.V. Leontief) was believed to be indisputable; 2) the appearance of negative elements in the same matrix when attempting to digitize the model. The results of the work are as follows: the method to digitize the model; the method of numerical assessment of inertia and analysis of structural dynamics in macroeconomics. In a digitized form, the model is made up to solve the structural stability problem, to assess the impact of structural reforms on economic growth, and to analyze the internal / intrinsic dynamic properties of economic systems. This gives possibilities to use this model both independently corresponding to the application, and integrate into the advanced model complexes such as RIM – Russian Interindustry Model by IEF RAS (the Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences).

**Keywords:** *dynamic model, intersectoral balance, stability, economic growth, inertia.*

JEL Classification: B41, C02, C61, C68.

For reference: **Toroptsev E.L., Marakhovskii A.S.** (2022). Analysis of macrostructural dynamics framed by the “input–output” methodology. *Journal of the New Economic Association*, 1 (53), 12–30. DOI: 10.31737/2221-2264-2022-53-1-1

---

<sup>3</sup> The article was prepared with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research (project 20-010-00084A “Mathematical modeling of stability and macroeconomic dynamics”). The authors are ready to provide the English version of the article to those who wish when contacting by e-mail: eltoroptsev@yandex.ru.