

# МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ «ЗАТРАТЫ - ВЫПУСК»: ОПЫТ ПРИКЛАДНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Пархименко В. А., Быков А. А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Белорусский государственный экономический университет

Минск, Республика Беларусь

E-mail: parkhimenko@bsuir.by, aliaksei.bykau@yandex.ru

*В публикации рассматривается проблема моделирования экономических процессов, в первую очередь на макроэкономическом уровне. Дается краткое описание трех основных классов макроэкономических моделей. Делается вывод о перспективности использования моделей «затраты - выпуск» для макроэкономического анализа и прогнозирования в условиях структурных изменений глобальной экономики. Предлагается авторская классификация иерархии моделей «затраты - выпуск» и концепция их интеграции в единую синтетическую модель. Также рассматриваются конкретные примеры прикладного использования методологии «затраты - выпуск» для разных уровней экономической системы.*

## I. ВВЕДЕНИЕ

Для любой науки математическое моделирование является естественным и неотъемлемым инструментом, позволяющим количественно описать и проанализировать изучаемый объект реального мира, а также спрогнозировать его «поведение» под воздействием некоторых факторов в различных обстоятельствах. Экономическая наука - не исключение и является уже достаточно зрелой, чтобы также активно использовать инструментарий математического моделирования для решения большого круга прикладных задач, правда, с разной степенью успешности.

В литературе можно встретить анализ ряда объективных причин, ставящих под сомнение возможности экономической науки в полной мере полагаться на математические модели, как для объяснения, так и для прогнозирования.

В первую очередь речь идет о **природе самих экономических явлений**. Являются ли экономические связи и отношения в принципе однозначно определенными («жесткими») и устойчивыми во времени? Как правило, исследователи дают отрицательный ответ на оба эти вопроса.

Классическим примером может быть кривая Филлипа, показывающая связь уровня безработицы, с одной стороны, и уровня заработной платы (или – в другой формулировке – уровня инфляции), с другой. Филлипс использовал данные по Великобритании за 1861-1957 годы и получил достаточно устойчивую статистически значимую функциональную зависимость. Результат вполне согласовывался с положениями экономической теории и здравым смыслом. Однако в дальнейшем оказалось, что связь между безработицей и инфляцией не столь однозначна и уж точно не остается неизменной во времени. Исследователи стали говорить о семействе кривых Филлипа, о краткосрочной и долгосрочной

ее версиях, о ее сдвигах и изменении «наклона», об опосредовании связи «безработица - инфляция» ожиданиями экономических субъектов и даже вообще о ее принципиальном отсутствии. Кроме того, стали предполагать, что сама связь, описываемая кривой Филлипа, подвержена влиянию экономической политики государства, учитывающей, в том числе и предсказания... кривой Филлипа! Тем самым это приводит к некоторой самоподдерживающейся динамике, трудно поддающейся анализу и прогнозированию.

Еще одной проблемой выступает **проблема исходных данных**. Казалось бы, фиксация фактов повседневной хозяйственно-финансовой деятельности – задача тривиальная и давно решенная. Однако это не так. Огромный ассортимент продукции и масштабов экономической деятельности, постоянное и далеко не всегда предсказуемое изменение цен, в которых измеряются потоки товаров, платежей и ресурсов, появление инноваций, не имеющих аналогов в прошлом, разные методики учета, разные подходы к определению и расчету экономических показателей – все это и многое другое существенно усложняет получение точных, актуальных и сравнимых данных уже на уровне отдельного предприятия, отрасли или рынка.

Что касается уровня экономики в целом, т.е. макроуровня, национальное счетоводство (система учета экономических явлений в стране) само по себе – относительно недавний феномен: первый общепризнанный стандарт системы национальных счетов (СНС) появился лишь в 1953 году.

На уровне глобальной экономики до сих пор наблюдаются серьезные проблемы, связанные с гармонизацией статистических данных, получаемых в разных странах и регионах, так как используются различные национальные статистические классификации, национальные валюты

для измерения, национальные системы бухгалтерского учета и налогообложения и т. п.

Проблема **подходящего математического аппарата**, а также проблема **вычислительных мощностей**, упоминаемые еще несколько десятилетий назад как крайне важные, вероятно, отошли на задний план, существенно уменьшившись, если не полностью исчезнув, по крайней мере для тех классов задач, которые активно используются исследователями в рамках моделирования. Далеко в прошлом те времена, когда, например, получение обратной матрицы для решения системы из нескольких десятков линейных уравнений или применение симплекс-метода в задачах линейного программирования представляло собой отнюдь не тривиальную и крайне ресурсоемкую проблему.

Уже стало общепризнанным, что в настоящее время мировая экономика находится в стадии серьезной структурной перестройки. Несколько лет назад стали появляться первые признаки замедления процессов глобализации и усиления экономической интеграции на региональном уровне, потом «грянула» пандемия COVID-19, существенно нарушившая логистические и хозяйственные цепочки, наконец, стала накаляться геополитическая обстановка.

Происходящее требует как анализа и прогнозирования новых экономических феноменов, так и, по всей видимости, пересмотра арсенала используемых до сих пор моделей. Заложенная в такие модели «логика» поведения субъектов, вероятно, будет все больше и больше расходиться с их реальным поведением, именно поэтому модели, более простые с концептуальной и математической точек зрения и более близкие к наблюдаемым фактам, будут более востребованы и уж точно более понятны для лиц, принимающих решения.

Ниже авторы излагают свою точку зрения на то, каково сейчас состояние моделирования экономических процессов (в первую очередь на макроуровне) и каковы его перспективы, делая основной упор на модели класса «затраты - выпуск» как наиболее действенный инструментальный моделирования в настоящее время.

Эта методология имеет как серьезную обеспеченность данными со стороны статистических органов большинства стран мира в форме официально публикуемых на регулярной основе таблиц «затраты - выпуск», а также хорошо развитый математический аппарат и инструментальные средства для решения формулируемых в рамках этой методологии задач.

Не стоит ожидать, что в этом «нежесткость» и «текучесть» экономических законов может раз и навсегда перестать быть проблемой, однако представляется, что с решением прикладных задач модели «затраты - выпуск» в руках

грамотного экономиста-аналитика справляются вполне неплохо.

## II. ТРИ ОСНОВНЫХ КЛАССА МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Отталкиваясь от классификации, встречаемой в литературе, дадим краткую характеристику существующим в настоящий момент основным подходам к моделированию национальной экономики.

**Макроэконометрические модели.** Эти модели представляют собой совокупность (систему) нескольких сотен математических уравнений, связывающих между собой макроэкономические параметры национальной экономики. Такие уравнения строятся на основе исторических данных и формализуют сложившиеся за определенный временной период устойчивые связи между различными макроэкономическими процессами. Например, объем потребления товаров и услуг домашними хозяйствами может выражаться функциональной зависимостью от размера располагаемого национального дохода на душу населения, уровня инфляции, ставки подоходного налога и т.п.

Часть переменных в таких моделях будет эндогенными (внутренними, т.е. определяемыми через уравнения на основе других переменных), а другая часть – экзогенными (внешними, т.е. берущимися как заданные). Подставляя в систему уравнений прогнозные (сценарные) значения экзогенных переменных (например, цену импортируемой нефти, курс национальной валюты и т.п.), можно получить прогнозные значения эндогенных переменных.

Слабой стороной любых эконометрических моделей традиционно называют их высокую степень агрегированности, ориентированность на прошлое и на выявление формальных статистически значимых зависимостей в данных без обязательного подкрепления положениями экономической теории. Кроме того, построение макроэконометрических моделей требует большого объема данных (временных рядов) в сопоставимой форме. С учетом того, что модели описывают поведение сотен переменных (например, в модели российской экономики QUMMIR содержится около 460 переменных и порядка 200 регрессионных уравнений, а сценарии развития формируются на основе порядка 200 экзогенных параметров), наличие подходящих исходных данных является существенной проблемой.

Несмотря на указанные недостатки и сложности, макроэконометрический подход остается весьма востребованным. Среди известных макроэконометрических моделей, разработанных и описанных в литературе в последние десятилетия, – LINK (мировая эконометрическая модель ООН, построенная на основе множества национальных эконометрических моделей),

MULTIMOD MARK III (многорегиональная эконометрическая модель МВФ мировой экономики), FKSEC (макрэконометрическая квартальная модель Нидерландов), MESANGE (квартальная макромодел французской экономики), MFMod (структурная эконометрическая модель Всемирного банка мировой экономики) [4], INTERLINK (модель ОЭСР экономик стран-участниц и всего остального мира), ECB-MC (модель Европейского центрального банка) [1], QUMMIR (уже упомянутая выше квартальная макроэкономическая эконометрическая модель, описывающая взаимодействия основных макропеременных экономики России), KazSTEM (экономика Казахстана) [2]. Часто для нивелирования указанных выше слабых сторон макроэконометрических моделей используют различные усовершенствования. Один из подходов – это использование вместо агрегированной модели на уровне национальной экономики системы дезагрегированных, но связанных моделей. Например, в [10, 11] разработана дезагрегированная макроэконометрическая модель российской экономики, содержащая следующие сектора: реальный сектор (включающий экспортно ориентированный сектор, внутренне ориентированный сектор, сектор естественных монополий), финансовый сектор и сектор домохозяйств.

Таким образом, макроэконометрические модели остаются мощным инструментом моделирования макроэкономических процессов на уровне национальной и мировой экономики. Их прогностическая способность особенно сильно проявляется в условиях относительно стабильной экономической ситуации. Модели строятся на основе исторических данных и учитывают исключительно сложившиеся тенденции в прошлом, поэтому в случае сохранения этих тенденций макроэконометрические модели позволяют получать достаточно обоснованные прогнозы. Однако при наличии существенных структурных изменений, в том числе экономических связей и отношений, использование макроэконометрических моделей без должной осторожности становится спорным, а их прогностическая способность падает неопределенным образом.

**Вычислимые модели общего равновесия (CGE-модели).** Модели этого класса базируются на предпосылке о том, что экономика автоматически приходит в состояние равновесия посредством системы цен.

В отличие от эконометрических моделей вычислимые модели общего равновесия реализуют многие фундаментальные принципы экономической теории: экономические субъекты ведут себя рационально и максимизируют свои доходы; транзакции осуществляются в условиях свободного рынка; система цен позволяет привести все рынки в состояние равновесия, т.е. равенства спроса и предложения; факторы произ-

водства взаимозаменяемы. Слабыми сторонами CGE-моделей обычно называют следующие: их построение – достаточно трудоемкая и дорогостоящая задача; они ориентированы на долгосрочное прогнозирование (так как процесс установления общего равновесия на всех рынках – процесс длительный) и плохо справляются с кратко- и среднесрочным прогнозированием; они подходят только для стран с рыночной экономикой, где распределение ресурсов, товаров и услуг осуществляется на конкурентных рынках со свободным ценообразованием.

CGE-модели довольно широко используются в мировой практике. В частности, среди известных моделей можно назвать FRB/US (используется Федеральной резервной системой США), ECB-BASE (применяется Европейским центральным банком), GEM (разработана и используется в МВФ).

Близкими, если не математически, то по общей концепции, к CGE-моделям выступают такие виды моделей, как динамические стохастические модели общего равновесия (DSGE-модели) [13], прикладные модели общего равновесия (AGE) [3] и мультиагентские модели (ACE).

Не сбрасывая со счетов наличие теоретического фундамента, следует помнить о недостатках рассматриваемого класса моделей. Важной проблемой их применимости выступает и то, что этот теоретический фундамент является неоклассическим. В краткосрочном периоде, а также в условиях значительных структурных сдвигов, верность неоклассических положений выглядит спорно.

**Модели «затраты - выпуск».** Подобные модели в своей основе содержат официально публикуемые статистические таблицы «затраты - выпуск», которые показывают потоки промежуточных товаров и услуг между всеми отраслями национальной экономики, а также потоки конечных товаров и услуг, потребляемых субъектами национальной экономики и поставляемых на экспорт.

Модель в своей классической формулировке представляет собой описание экономики набором технологий («рецептур») производства продукции и услуг по каждой из отраслей экономики: сколько для производства единицы (как правило, одного рубля) конкретной продукции требуется продукции и услуг других отечественных отраслей и импортируемых извне, а также сколько потребляется основного капитала (амортизационные отчисления), выплачивается заработной платы, прибыли и других доходов, налогов на единицу (один рубль) продукции.

Подобное описание экономики позволяет оценивать, какой объем производства отечественных товаров и услуг требуется для удовлетворения конечного спроса, задаваемого эндо-

генно (в рамках различных сценарных прогнозов), а также оценивать требуемый объем импорта, уровень занятости по отраслям и другие макроэкономические показатели.

С математической стороны классическая модель «затраты - выпуск» для одной отдельно взятой страны представляет собой предельно простейшую систему линейных уравнений, описывающих межотраслевые связи и конечное потребление на внутреннем и внешнем рынках.

В частности, для Республики Беларусь, по которой с 2010-х годов доступны отдельные данные по отечественным и импортным расходам по каждой из отраслей (видам экономической деятельности), авторы используют следующую модификацию модели в матричной форме:

$$X = (E - A_{domestic})^{-1} \cdot Y_{domestic}, \quad (1)$$

$$I = A_{import} \cdot X + Y_{import}, \quad (2)$$

$$GVA = \hat{V} \cdot X, \quad (3)$$

$$P_{domestic} = (E - A_{domestic}^T)^{-1} \cdot (Im + V + N), \quad (4)$$

где  $X$  – вектор-столбец выпуска отечественных товаров и услуг в основных ценах, в случае белорусской статистики его размерность  $83 \times 1$ ;

$E$  – единичная матрица размерности  $83 \times 83$ ;

$A_{domestic}$  – матрица прямых затрат, построенная по данным промежуточного потребления отечественных товаров и услуг размерностью  $83 \times 83$ ;

$A_{import}$  – матрица прямых затрат, построенная по данным промежуточного потребления импортных товаров и услуг размерностью  $83 \times 83$ ;

$Y_{domestic}$  – вектор-столбец конечного спроса (конечного использования) отечественных товаров и услуг размерностью  $83 \times 1$ ;

$Y_{import}$  – вектор-столбец конечного спроса (конечного использования) импортных товаров и услуг размерностью  $83 \times 1$ ;

$GVA$  – вектор-столбец прямой валовой добавленной стоимости по каждой из отраслей экономики (размерностью  $83 \times 1$ );

$\hat{V}$  – диагональная матрица коэффициентов валовой добавленной стоимости, приходящейся на 1 рубль валового выпуска отечественных товаров и услуг в основных ценах размерностью  $83 \times 83$ ;

$P_{domestic}$  – вектор-столбец индекса основных цен на отечественные товары и услуги размерностью  $83 \times 1$ ;

$T$  – знак транспонирования матрицы;

$Im, V, N$  – векторы-столбцы размерностью  $83 \times 1$ , описывающие соответственно долю промежуточного импорта, валовой добавленной стоимости и налогов, приходящихся на единицу валового выпуска по каждой из отраслей.

Динамическая модель «затраты - выпуск» подразумевает дополнительное описание экономических процессов, а именно введение матрицы приростной капиталоемкости, которая показывает, сколько капитальных благ (по каждой из производящих эти блага отраслей) нужно для производства дополнительной единицы (одного рубля) продукции каждой из отечественных отраслей экономики. Изменяя значение конечного спроса со стороны домохозяйств, государства и заграницы (экспорт), становится возможным оценить необходимые объемы отраслевых выпусков и размер инвестиций для обеспечения возрастающего выпуска в будущих периодах времени.

Модели класса INFORUM [19] и подобные [21] являются интегрированными моделями, так как в качестве своего ядра используется модель «затраты - выпуск», однако многие дополнительные зависимости получают эконометрическими методами, а кроме того, в подобные модели могут встраиваться некоторые правила, характеризующие максимизирующее поведение потребителей.

Модели этого класса, как правило, реализуют следующую логику. На основе эконометрических моделей и задаваемых экзогенных переменных (например, цены на импортные товары и услуги, численность населения и трудовых ресурсов) делаются прогнозы конечного спроса со стороны домашних хозяйств, государства, заграницы и с точки зрения инвестиций в основной и оборотный капитал в разрезе всех представленных в модели продуктов. Далее на основе классической модели «затраты - выпуск» определяется необходимый размер выпуска каждого из продуктов, а также объем импорта. При этом речь идет о реальных, а не номинальных величинах. Затем осуществляется прогноз (эконометрическим методом) компонентов валовой добавленной стоимости, прежде всего, заработной платы. Исходя из прогноза на основе так называемой ценовой модели «затраты - выпуск», получают оценки цен и, следовательно, номинальные величины выпуска, валовой добавленной стоимости и иных макроэкономических агрегатов. Далее полученные результаты используются как входные данные для следующего цикла расчетов (на следующий прогнозный период).

Известными и упоминаемыми в литературе моделями «затраты - выпуск» в парадигме INFORUM являются: LIFT (экономика США), RIM (экономика России), JIDEA (экономика Японии), INFORGE (экономика Германии) и др.

Слабыми сторонами модели «затраты - выпуск» в том или иной модификации называют: ее линейный характер, отсутствие учета взаимозаменяемости факторов производства, большой срок подготовки статистических таблиц «затраты - выпуск» (в Беларуси это примерно год и 4 месяца), неустойчивость технологических коэффициентов во времени.

В то же время представляется, что именно модели «затраты - выпуск» «... являются моделями, насыщенными данными, реалистичными описаниями экономики, достаточно подробными для общения с представителями бизнеса, а также с государственными управляющими органами. ... Они являются более гибкими и реалистичными, чем модели вычислимого общего равновесия, более подробными и разумными, чем динамические стохастические модели. [Хотя] на их создание и поддержание требуется много времени и усилий, что не очень приветствуется в академическом мире. Кроме того, они не гарантируют результатов опасных событий (например, ипотечный бум) до ... того, как станет слишком поздно» [19].

Подводя краткий итог обзору существующих моделей макроэкономических систем, отметим, что будущее (по крайней мере, среднесрочное), по всей видимости, за интеграцией моделей разных классов в единый комплекс, однако ядром такого комплекса в любом случае будет являться модель «затраты - выпуск», опирающаяся на все более детализированное и оперативно формируемое статистическое описание экономических процессов на разных уровнях экономических систем.

### III. ИЕРАРХИЯ ТАБЛИЦ «ЗАТРАТЫ - ВЫПУСК»

Отталкиваясь от научных публикаций, можно предложить следующую классификацию таблиц (моделей) «затраты - выпуск» с точки зрения уровня описываемой ими экономической системы (табл. 1).

Представленная таблица ни в коем случае не может считаться законченной с точки зрения перечисления описанных в литературе и используемых на практике информационных источников. В настоящее время методология «затраты - выпуск» получила новое рождение, и количество проектов, направленных на «оцифровывание» межотраслевых потоков на разных уровнях экономической системы.

Логично предположить, что развитие методологии «затраты - выпуск» пойдет, помимо прочего, по пути интеграции разноуровневых таблиц и моделей в единую систему, позволяющую рассматривать глобальную экономику в разном масштабе с разной степенью детализации.

Подробные анализ возможностей конкретной реализации в будущем такой интеграции раз-

ноуровневых моделей «затраты - выпуск» выходит за рамки данной публикации, однако следует отметить, что математический аппарат «затраты - выпуск» легко позволяет это сделать.

Еще создатель методологии - В. В. Леонтьев использовал в прикладных расчетах «деагрегацию» общей модели по подотраслям в одной конкретной сфере (в частности, с 5 до 36 подотраслей производства неметаллических материалов).

Таблица 1 – Иерархия таблиц/моделей «затраты - выпуск»

Вид	Объект моделирования	Пример
Мировые, глобальные (MRIO)	Мировая экономика	Eoga (190 стран) [6, 7]
Межстрановые (ICIO)	Несколько стран + «остальной мир»	WIOD (43 страны) [9], OECD-ICIO (45 стран), ЕАЭС МТЗВ 2016 (5 стран)
Национальные (NIOT)	Национальная экономика отдельной страны	Белорусские таблицы «затраты - выпуск»
Региональные, субнациональные (RIOT)	Область, район, провинция, земля и т. п. внутри страны	EMERGING (region) для 31 провинции Китая, EUREGIO (регионы внутри Европейского Союза)
На уровне города (CIOT)	Город	EMERGING (city-level) для Китая, PAPAIOS – муниципалитеты Японии
На уровне предприятия (EIOT)	Предприятие	Некоторые академические исследования

### IV. ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ МОДЕЛЕЙ «ЗАТРАТЫ - ВЫПУСК»

Рассмотрим некоторые примеры прикладного использования авторами данной статьи моделей класса «затраты - выпуск» для анализа и прогнозирования макроэкономических процессов на национальном, региональном, межстрановом и глобальном уровнях.

Так, анализу был подвергнут **экономический рост Китая в 2010-2017 годах** [16]. В частности, авторы предлагают методику декомпозиции экономического роста на рост, вызванный внутренним спросом, и рост, вызванный экспортом, как по всей китайской экономике в целом, так и в разрезе отдельных ее отраслей.

Полученные результаты расчетов по данным межотраслевых балансов WIOD и ABD за 2000–2017 годы позволили в первом приближении сделать вывод об определяющем вкладе внутреннего спроса в экономический рост Китая в условиях активного денежно-кредитного стимулирования.

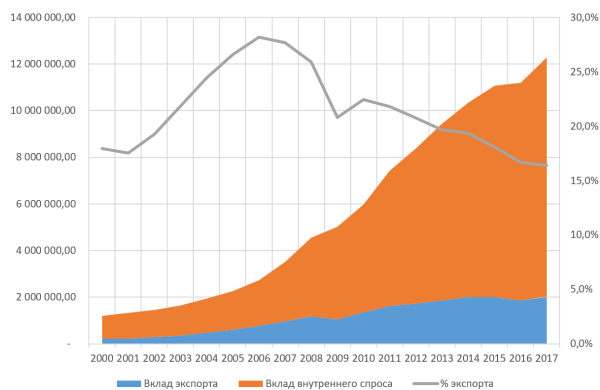


Рис. 1 – Декомпозиция ВВП Китая на внутренний и внешний спрос. Источник: авторские расчеты по данным WIOD и ABD

Для прогнозирования реакции экономики России на «локдаун» в условиях COVID-19 в 2020 году [17] использовались экспертные оценки падения исходя из оценок падения внутреннего конечного спроса по каждой из 98 отраслей, выделенных в системе таблиц «Затраты–выпуск». На основании этих оценок решалась прямая задача Леонтьева для определения валового выпуска, валовой добавленной стоимости и других макроэкономических показателей по экономике в целом и по каждой из отраслей.

Полученная в мае 2020 года прогнозная величина падения ВВП Российской Федерации (-4,3%) оказалась все-таки более пессимистичной по сравнению с фактическим годовым значением (-3,1%), однако, вероятно, свою роль сыграли меры государственной поддержки экономики в условиях пандемии.

Похожая задача решалась и для белорусской экономики, которая, как известно, является сверхоткрытой и подверженной серьезному влиянию такого фактора, как экспорт. В Беларуси режим «локдауна» не вводился, однако подобные режимы были в странах - торговых партнерах Беларуси, кроме того, возникали проблемы логистического характера, - все это осложняло экспортную деятельность. На основе методологии «затраты - выпуск» была осуществлена оценка межотраслевых мультипликативных эффектов, вызываемых экспортными шоками [26].

При этом использовалась концепция мультипликатора внешней торговли Харрода, учитывающая бесконечное число оборота денежных средств в экономике при условии их частичного

«вытекания» из-за расходов на импортные товары и услуги (так называемый import leakage).

Разработанная методика (рис. 2) позволяет учитывать специфику расходов домашних хозяйств, государства и коммерческих организаций, а также производить оценки не только в основных ценах, но и в ценах покупателей, т.е. с учетом чистых налогов на продукты и торговых и транспортных наценок.

Кроме того, разработанная методика позволяет при необходимости оценивать мультипликативные эффекты итерационно, т.е. по каждому шагу в отдельности.

Апробация методики была осуществлена в рамках оценки отраслевых мультипликаторов валового выпуска, валовой добавленной стоимости и ВВП не только для белорусской, но и для китайской и российской экономик.



Рис. 2 – Общая логическая схема методики расчетов межотраслевых мультипликативных эффектов

Моделирование реакции белорусской экономики на изменение обменного курса рубля [27] осуществлялось несколько более сложным способом: использовалась модифицированная ценовая модель Леонтьева для определения изменения цен на конечную продукцию белорусских отраслей экономики, далее прогнозировалось изменение конечного спроса на эту продукцию на внутреннем и внешнем рынках, наконец, оценивалось изменение основных макроэкономических показателей на основе классической модели Леонтьева.

По итогам осуществленных расчетов построены соответствующие функции реакции, отражающие изменение указанных макроэкономических показателей при разных уровнях обменного курса белорусского рубля (рис. 3).

Расчеты показывают, что девальвация национальной валюты при прочих равных приводит к росту выпуска и валовой добавленной стоимости за счет роста экспорта и положительному сальдо торгового баланса, однако при этом растет инфляция на внутреннем рынке (импорт-

ные и отечественные товары) и падает конечное использование на внутреннем рынке – конечное потребление и валовое накопление.

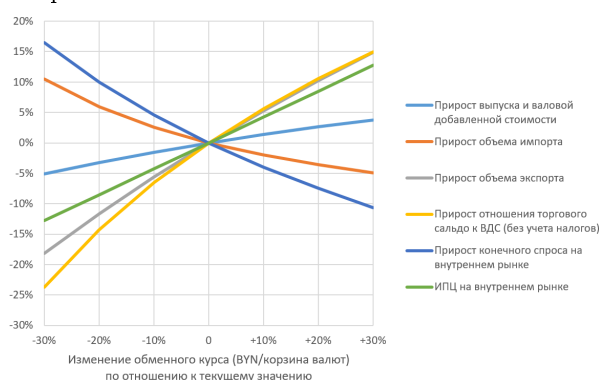


Рис. 3 – Функции реакции, отражающие изменение макроэкономических показателей при разных уровнях обменного курса белорусского рубля. Источник: авторские расчеты по данным таблиц «затраты - выпуск» Республики Беларусь за 2018 год

Использование модели «затраты - выпуск» для столь актуальной сейчас **оценки потенциала импортозамещения в белорусской промышленности** [14] позволило получить оценки импортоемкости отечественной промышленной продукции, потребляемой на внутреннем и внешних рынках, а также оценки потенциальных мультипликативных эффектов в экономике.

Основными результатами осуществленных модельных расчетов является: определение машиностроительной продукции в качестве актуального приоритета импортозамещения; оценка влияния прямых и мультипликативных эффектов на размер ВВП при разном уровне импортозамещения; демонстрация необходимости увязывания мер по импортозамещению с денежно-кредитной политикой, направленной на стимулирование внутреннего спроса в пределах, ограниченных сальдо торгового баланса.

В качестве обобщающего вывода всего исследования и главной рекомендации предлагается стратегия развития обрабатывающей промышленности Беларуси через замещение прямого и косвенного импорта отечественной продукцией по группе ВЭД «Машины, оборудование» в одной из трех возможных форм: 1) в рамках комплексной государственной программы; 2) с подключением партнеров из ЕАЭС промышленной кооперации; 3) с привлечением прямых иностранных инвестиций, в частности, из КНР, для чего необходимо создать благоприятный климат.

Проведенный по данным белорусских таблиц «затраты - выпуск» за 2018 год анализ позволил количественно оценить **влияние различных факторов немонетарного характера на рост цен в белорусской экономике** [28]. В частности, показал, что известные отечественным экономистам факторы инфляционных процессов сохраняют свою значимость и сейчас. Но-

минальный рост заработной платы, увеличение цен на импортные товары и услуги (в том числе ввиду девальвации национальной валюты) – основные драйверы роста цен в белорусской экономике. Изменение доходности основного капитала, возможно, менее исследованный фактор, хотя его значимость вполне заметная. Влияние налогов и различного рода наценок (транспортных, торговых) по отношению к упомянутым уже факторам относительно небольшое.

Использование межстрановых таблиц «затраты - выпуск» позволило провести **анализ структурных характеристик экономики ЕАЭС** [24, 25].

В частности, была осуществлена визуализация матрицы коэффициентов прямых затрат, при этом на разных итерациях выбирались коэффициенты, большие пороговой величины.

Например, на рисунке ниже показаны коэффициенты со значением, большим 1/207 (исходя из предложенного в литературе критерия, равного значению одного доллара выпуска в основных ценах, приходящегося в среднем на один компонент цены, т.е. статью прямых затрат, затрат импортной продукции и валовой добавленной стоимости, в случае МТЗВ ЕАЭС это 207).

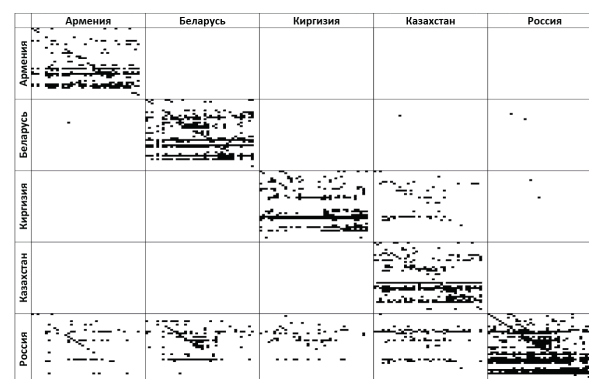


Рис. 4 – Визуализация матрицы коэффициентов прямых затрат ( $a_{ij}$ ) МТЗВ ЕАЭС для порогового значения  $a_{ij} > 1/207$

В качестве основных результатов, полученных в исследовании, следует отметить следующее.

Проведенный анализ свидетельствует, что существует огромный и еще не использованный потенциал развития интеграционных процессов внутри ЕАЭС, что, пожалуй, соответствует мнению всех экспертов, занимающихся евразийской экономической интеграцией.

Следует констатировать, что по состоянию на 2016 г., судя по оценкам размера валовой добавленной стоимости, содержащейся в потоках конечной продукции ЕАЭС, взаимодействие стран – членов ЕАЭС с остальным миром более тесное, чем внутри ЕАЭС. Для Беларуси об этом свидетельствует и тот факт, что белорусский ВВП только на 18,6% формируется за счет экспорта в страны – партнеры по ЕАЭС, а на

24,3% – за счет экспорта в страны остального мира.

Интеграция в ЕАЭС осуществляется при доминирующей и связующей роли России, экономическое взаимодействие иных членов ЕАЭС на этом фоне выглядит незначительным – это видно из абсолютного преобладания в ЕАЭС потоков конечной продукции из России (по добавленной стоимости), идущих на внутрисоссийское потребление, в страны – партнеры ЕАЭС и другие страны мира. Также значительная доля российской добавленной стоимости в общем объеме валовой добавленной стоимости продукции Армении, Беларуси, Казахстана и Кыргызстана. Утверждение о доминировании российской экономики естественным образом ожидаемо и совпадает, например, с выводами, сформулированными в других исследовательских работах.

Вклад белорусской экономики в совокупный условный торговый баланс ЕАЭС с остальным миром положительный, что тем самым свидетельствует и о положительном вкладе Беларуси в конкурентоспособность и устойчивость ЕАЭС на глобальном рынке.

Экономика ЕАЭС в сфере промежуточного потребления (производственной кооперации) интегрирована слабо, национальные экономики больше замкнуты на самих себя. Лишь 15,5% отраслей (в номенклатуре МТЗВ) в большей степени кооперированы (вперед или назад) с отраслями экономик стран-партнеров, чем с отраслями на внутреннем рынке. В той или иной степени, интегрирующими являются потоки сырьевых, энергетических ресурсов, кооперация в машиностроении крайне слабая.

Следует ожидать, что экономические процессы, идущие в глобальной экономике, а также текущая геополитическая ситуация приведут к существенной активизации интегративных процессов в экономике ЕАЭС, росту импортозамещающих производств и проектов. Думается, что именно машиностроительные отрасли окажутся в фокусе промышленной политики ЕАЭС.

**Моделирование работы рыночного механизма** в ответ на изменение объема предложения (возникновение дефицита) за счет адаптации цен и объемов спроса было рассмотрено на примере немецкой экономики в условиях нарушения поставок природного газа. Как показывают расчеты, равновесие достигается при цене газа 1600–2000 долл. США за 1000 м<sup>3</sup>, а прогнозный спад ВВП в этом случае составит 1,6–2,1%. Наибольший вклад в снижение ВВП внесут отрасли, которые прямо и косвенно (через использование продукции других энергоемких отраслей) потребляют наибольшие объемы природного газа: электроэнергетика, химическая промышленность, производство стройматериалов, бумаги, металлургия.

В рамках моделирования **иерархической структуры глобальных цепочек стоимости** [15] проводился анализ долгосрочных тенденций и закономерностей, связанных с процессами международной производственной кооперации в рамках глобальных цепочек стоимости, для определения перспектив белорусской экономики в глобальной и региональной системах разделения труда и формирования для нее рекомендаций стратегического порядка.

Исходной предпосылкой для исследования послужила гипотеза о фрагментированной структуре цепочек стоимости, состоящих из глобальных, региональных и национальных сегментов. Количественная оценка доли каждого сегмента в динамике для мировой экономики и ее крупнейших экономических регионов указывает на общие тенденции развития производственной кооперации. Методология исследования – статистический анализ «затраты–выпуск» и иные методы количественного анализа данных с использованием языка R.

Информационной базой исследования выступили аналитические отчеты международных организаций и консалтинговых компаний, а также данные межрегиональных таблиц WIOD и Eora.

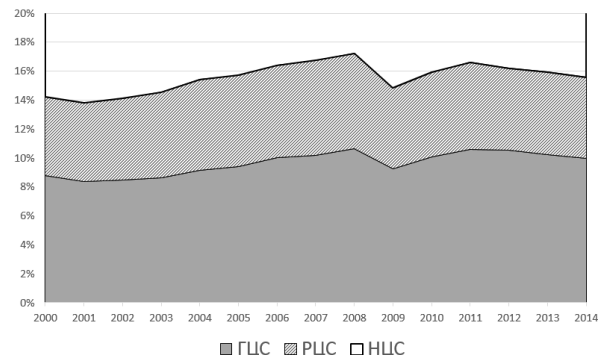


Рис. 5 – Доля национальных (НЦС), региональных (РЦС) и глобальных (ГЦС) цепочек стоимости в промежуточном потреблении мировой экономики. Источник: авторские расчеты по данным WIOD

Анализ показал, что в промежуточном потреблении мировой экономики в целом доля НЦС составляет в среднем 85%, РЦС – 6% и ГЦС – 9%, и эта пропорция с течением времени мало меняется. По наукоемким промышленным продуктам доля НЦС составляет 78%, РЦС – 9% и ГЦС – 13%, пик роста ГЦС и РЦС пришелся на 2007 год, затем доля национальной составляющей промежуточного потребления снова выросла.

**Оценка структуры мировой наукоемкой промышленности** – еще одна задача, которая решалась средствами методологии «затраты – выпуск» на основе данных таблиц Eora, WIOD и OECD-ICIO. Например, по данным таблиц «затраты – выпуск» WIOD была проанализирована динамика доли национального промежуточ-



ного потребления в общемировом промежуточном потреблении, для отраслей наукоемкой промышленности крупнейших экономик мира (рис. 6) – здесь отчетливо видны существенный рост доли Китая с 7% до 34% и довольно значительное «проседание» США и Японии. Подобное, по всей видимости, свидетельствует о росте межотраслевых связей внутри самого Китая и постепенного отхода от модели «простого сборочного производства для остального мира».

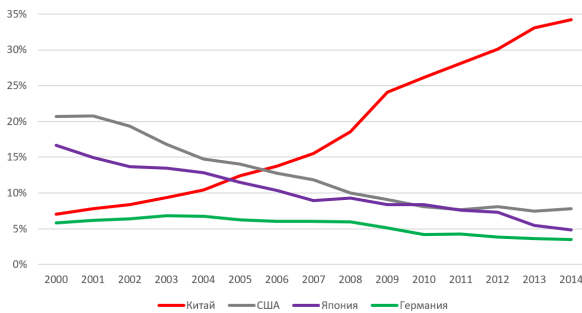


Рис. 6 – Динамика доли национального промежуточного потребления в общемировом промежуточном потреблении, для отраслей наукоемкой промышленности крупнейших экономик. Источник: авторские расчеты по данным WIOD

Более детальный анализ, однако, показывает, что китайская экономика пока еще зависит от импортируемой продукции наукоемкой промышленности, так как ее прямой и косвенный вклад в формирование внешнеторгового баланса отрицательный (рис. 7). Исключение составляют компьютерная и электронная техника и электрооборудование.

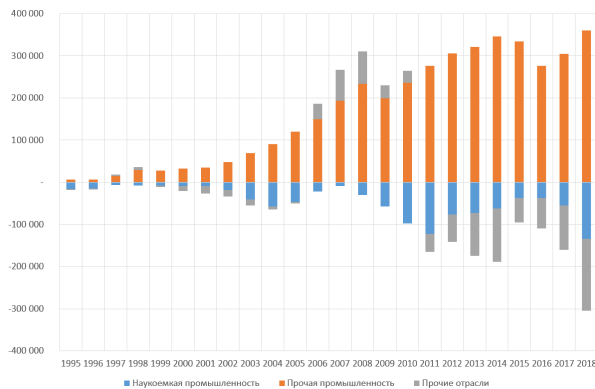


Рис. 7 – Вклад наукоемкой промышленности, прочих отраслей промышленности и прочих отраслей экономики в формирование торгового баланса с учетом создаваемой добавленной стоимости национального происхождения и объемов импорта. Источник: авторские расчеты по данным OECD-ICIO

## V. КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ «ЗАТРАТЫ - ВЫПУСК» ПО ИСПОЛЬЗУЕМОЙ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПАРАДИГМЕ

Обобщая рассмотренные выше примеры, отметим, что еще одной возможной классифи-

кацией прикладного использования моделей «затраты - выпуск» (помимо их привязки к уровням экономической системы) может быть разделение их на такие категории:

- аналитические (смотри выше, например, описание задачи об определении вклада внешнего и внутреннего спроса в формирование ВВП или анализ глобальных цепочек стоимости);
- прогностические (смотри, например, оценку возможной реакции экономики России на пандемию COVID-19 в 2020 году или белорусской экономики – на девальвацию или ревальвацию национальной валюты).

В свою очередь прогностические модели могут различаться, исходя из закладываемой в них макроэкономической парадигмы. При этом следует отметить, что «затраты - выпуск» – это прежде всего прикладной инструментальный экономического анализа и прогнозирования, созданный и используемый без оглядки на ту или иную школу макроэкономической мысли. Пользуясь известным разделением Г. Мэнкью [8], можно сказать, что «затраты - выпуск» относится в первую очередь к «инженерной» составляющей экономической науки. Если все-таки попытаться определить то теоретическое направление, к которому принадлежит методология «затраты - выпуск», то некоторые авторы скорее относят его к классической экономической теории [5]. Представляется, однако, что такое строгое отнесение будет лишь ограничивать исследователя. С нашей точки зрения, возможно применение прогностических моделей «затраты - выпуск», как минимум, в трех вариантах, исходя из используемой макроэкономической парадигмы:

- плановой экономики, подразумевающей наличие управления экономикой как единой системой с целью максимизации ВВП или другого макроэкономического показателя (смотри, например, оптимизационную модель и прогноз в [12]);
- кейнсианской/посткейнсианской, в рамках которой предполагается наличие незагруженных производственных мощностей и незанятых трудовых ресурсов, существует необходимость и возможность активизировать экономику за счет стимулирования внутреннего спроса и наблюдаются мультипликативные эффекты (смотри рассмотренный пример оценки межотраслевых мультипликативных эффектов выше);
- неоклассической, подразумевающей наличие эффективно функционирующего рыночного механизма, прежде всего ценового (например, как в описанном ранее подходе для оценки реакции немецкой экономики на остановку поставок российского природного газа).

## VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представляется, что модели класса «затраты - выпуск» - наиболее действенный инстру-

ментарий моделирования в настоящее время. Использование их в качестве ядра комплекса из моделей разных классов выглядит весьма перспективным с точки зрения статистического описания, анализа и прогнозирования экономических процессов на разных уровнях экономических систем.

- Banbura M., Christoffel K. ECB models and forecasting tools. URL: [https://www.ecb.europa.eu/pub/conferences/shared/pdf/20190701\\_CBS2019/ecb.CBS2019\\_Christoffel\\_Banbura\\_ECB\\_models\\_and\\_forecasting\\_tools\\_presentation.en.pdf](https://www.ecb.europa.eu/pub/conferences/shared/pdf/20190701_CBS2019/ecb.CBS2019_Christoffel_Banbura_ECB_models_and_forecasting_tools_presentation.en.pdf)
- Bibigul A. The KazSTEM macroeconomic forecasting model of Kazakhstan. URL: <http://inforumweb.inforumecon.com/papers/conferences/2009/bibigul.pdf>
- Borges A. M. Applied general equilibrium models: an assessment of their usefulness for policy analysis // OECD Economic Studies. – 1986. – Т. 7. – С. 15.
- Burns A. et al. The World Bank macro-fiscal model technical description // World Bank Policy Research Working Paper. – 2019. – №. 8965.
- Heinz D. Kurz & Neri Salvadori (2000) 'Classical' Roots of Input-Output Analysis: A Short Account of its Long Prehistory, *Economic Systems Research*, 12:2, 153-179.
- Lenzen, M. Building Eora: A Global Multi-regional Input-Output Database at High Country and Sector Resolution / M. Lenzen, K. Kanemoto, D. Moran, A. Geschke // *Economic Systems Research*. – Vol. 25. – № 1. – P. 20–49.
- Lenzen, M. Mapping the structure of the world economy / M. Lenzen, K. Kanemoto, D. Moran, A. Geschke // *Environmental Science and Technology*. – 2012. – Vol.46. – №15. – P. 8374–8381.
- Mankiw, N, Gregory. 2006. "The Macroeconomist as Scientist and Engineer." *Journal of Economic Perspectives*, 20 (4): 29-46.
- Timmer, M. P. An Illustrated User Guide to the World Input–Output Database: the Case of Global Automotive Production / M. P. Timmer, E. Dietzenbacher, B. Los, R. Stehrer, G. J. de Vries // *Review of International Economics*. – 2015. – Vol. 23. – №3. – P. 575--605.
- Айвазян С. А., Бродский Б. Е. Макроэконометрическое моделирование: подходы, проблемы, пример эконометрической модели российской экономики // *Прикладная эконометрика*. 2006. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/makroekonometricheskoe-modelirovanie-podhody-problemy-primer-ekonometricheskoy-modeli-rossiyskoy-ekonomiki>.
- Айвазян С.А., Березняцкий А.Н., Бродский Б.Е. Макроэкономическое моделирование российской экономики // *Прикладная эконометрика*. 2017. №3 (47). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/makroekonometricheskoe-modelirovanie-rossiyskoy-ekonomiki>.
- Акулич, В.А. Открытие экономики Беларуси как источник экономического роста / Злотников Л.К., Акулич В.А. // *Банковский вестник Нацбанка Беларуси*. №3. 2018. С. 3-8
- Безбородова А.В., Михаленок Ю.М. DSGE-модель для Беларуси: анализ трансмиссионного механизма экономической политики. URL: [https://www.nbrb.by/bv/arch/suppl\\_46.pdf](https://www.nbrb.by/bv/arch/suppl_46.pdf)
- Быков А.А., Пархименко В.А. Импортзамещение в белорусской промышленности: потенциал, эффективность, моделирование // *Белорусский экономический журнал*. – 2022. – №1. – С. 79-96.
- Быков А.А., Пархименко В.А., Седун А.М. Иерархическая структура цепочек стоимости: статистический анализ по данным WIOD и Еора // *Белорусский экономический журнал*. – 2021. – №1. – С. 45-58.
- Быков А.А., Толкачев С.А., Пархименко В.А., Шаблинская Т.В. Экономический рост Китая в 2010-2017 годы: анализ с позиций методологии «затраты-выпуск» и современной денежной теории. *Финансы: теория и практика*. 2021;25(2):166-184.
- Быков, А. А. Влияние COVID-19 на российскую экономику: методологические подходы к оценке на основе межотраслевого баланса / А.А. Быков, В. А. Пархименко, С.А. Толкачев // *Белорусский экономический журнал*. – 2020. – №2. – С. 25–37.
- Демиденко, М. В. Модель среднесрочного прогнозирования и проектирования денежно-кредитной политики Республики Беларусь : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук по специальности 08.00.13 — математические и инструментальные методы в экономике / М. В. Демиденко ; УО «Белорусский государственный экономический университет». – Минск, 2011. – 24 с. URL: [http://edoc.bseu.by:8080/bitstream/edoc/90579/1/k\\_Demidenko\\_e.pdf](http://edoc.bseu.by:8080/bitstream/edoc/90579/1/k_Demidenko_e.pdf)
- Клоппер А. Межотраслевые модели INFORUM: происхождение, развитие и преодоление проблем // *Проблемы прогнозирования*. 2016. №2 (155). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhotraslevye-modeli-inforum-proishozhdenie-razvitie-i-preodolenie-problem>.
- Кравцов М.К., Бурдыко Н.М., Гаспадарец О.И., Шинкевич Н.Н., Картун А.М. Эконометрическая макромодел для анализа и прогнозирования важнейших показателей белорусской экономики // *Прикладная эконометрика*. 2008. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonometricheskaya-makromodel-dlya-analiza-i-prognozirovaniya-vazhneyshih-pokazateley-belorusskoy-ekonomiki>.
- Кравцов М.К., Гладкая А.А., Дехтярь Т.А. Прогнозирование основных параметров социально-экономического развития Республики Беларусь на основе динамической межотраслевой модели // *Белорусский экономический журнал*. – 2020. – № 2. – С. 4–24.
- Мусил К., Пранович М., Влчек Я. Структурная модель квартального прогнозирования для Беларуси. Рабочий документ МВФ. URL: <https://www.imf.org/~/media/Files/Publications/WP/2018/wp18254.ashx>
- Общие характеристика модели среднесрочного проектирования монетарной политики национального банка Республики Беларусь. URL: <https://www.nbrb.by/mp/theoretical-materials/model-srednesrochnogo-proektirovaniya-mp.pdf>
- Пархименко В.А. Беларусь в ЕАЭС: анализ первых экспериментальных межстрановых таблиц «затраты - выпуск» // *Банкаўскі веснік*. – 2021. – № 12. – С. 46-53.
- Пархименко В.А. Некоторые структурные характеристики экономики ЕАЭС: анализ межстрановых таблиц «затраты - выпуск» // *Белорусский экономический журнал*. – 2022. – №3. – С. 25-36.
- Пархименко В.А. Оценка межотраслевых мультипликативных эффектов, вызываемых экспортными шоками // *Белорусский экономический журнал*. – 2021. – №3. – С. 40-57.
- Пархименко, В.А. Влияние изменения курса национальной валюты на макроэкономические показатели: оценка на основе методологии «затраты - выпуск» / В.А. Пархименко, А.А. Быков // *Белорусский экономический журнал*. – 2020. – №3. – С. 58-73.
- Пархименко, В.А. Оценка инфляционных эффектов в экономике Республики Беларусь посредством межотраслевой ценовой модели Леонтьева // *Экономический бюллетень Научно-исследовательского экономического института Министерства экономики Республики Беларусь*. – 2021. – № 9. – С. 45-56.