

### ОПЫТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ МАТРИЦЫ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИМПОРТНЫХ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ В ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЛЕОНТЬЕВА ДЛЯ БЕЛОРУССКОЙ ЭКОНОМИКИ В 2016-2020 ГОДАХ

**ПАРХИМЕНКО Владимир Анатольевич**, к.э.н., parkhimenko@bsuir.by, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь  
ORCID: 0000-0001-7690-8873; Scopus Author ID: 57195918562

*Статья посвящена оценке матрицы коэффициентов импортных капитальных затрат в рамках динамической модели «затраты-выпуск» для экономики Республики Беларусь по данным за 2016-2020 гг. Оценка осуществлялась на основе фондоемкости валового выпуска и технологической структуры основного капитала по 19-ти укрупненным отраслям белорусской экономики, доли импортной составляющей в валовом накоплении основного капитала и средней нормы амортизации по видам капитальных благ. В качестве одного из прикладных результатов полученной матрицы в статье приведены расчеты импортноемкости отечественной продукции по каждой из отраслей – не только в части текущих затрат, но и капитальной составляющей. В статье рассмотрены также направления совершенствования полученных результатов, в том числе для задач макроэкономического прогнозирования.*

*Ключевые слова:* динамическая модель Леонтьева, импортноемкость, импортозамещение, матрица коэффициентов капитальных затрат, межотраслевой баланс, таблицы «затраты-выпуск».

DOI: 10.47711/0868-6351-199-168-180

**Введение.** Как известно, классическая модель Леонтьева, сформулированная на уровне национальной экономики, является статической. При этом такой важный компонент конечного спроса, как валовое накопление основного капитала, задается экзогенно. Последнее, однако, не позволяет учесть некоторые существенные с точки зрения теории моменты, например, эффект акселератора в экономике.

В отличие от статической версии динамическая модель Леонтьева [1] напрямую учитывает индуцированный спрос на товары капиталопроизводящих отраслей, связывая его величину с приростом валового выпуска на основе межотраслевой матрицы приростной капиталоемкости<sup>1</sup>.

Изначально динамическая модель была сформулирована как система линейных дифференциальных уравнений с непрерывным временем, при этом модель являлась закрытой [8], однако в этом случае были возможны только «стилизованые» эмпирические приложения – в форме оценки крайне нестабильного так называемого «сбалансированного темпа роста» [9]. Для прикладных расчетов стали использовать открытую формулировку модели в форме системы дискретных конечно-разностных уравнений. В 1970 г. Леонтьевым был предложен такой подход, как динамическая обратная матрица (dynamic inverse) [10].

Применение динамической модели на практике вызывало ряд сложностей. Они общеизвестны: неоднозначность связи валового накопления основного капитала (ВНОК) и прироста выпуска [11]; отсутствие достаточной и актуальной информации для получения надежных оценок матрицы приростной капиталоемкости (официальная статистическая

---

<sup>1</sup> Матрицу также называют матрицей коэффициентов капитальных затрат (capital matrix) или матрицей инвестиционных коэффициентов (investment matrix). Ее оценка для США была впервые опубликована в 50-е годы прошлого века [2]. С позиции теоретических воззрений тех лет логика модели является вполне обоснованной: ряд известных однопродуктовых моделей напрямую связывали размер индуцированных инвестиций с национальным доходом [3-7].

информация по ВНОК, как правило, не разбивается по отраслям-потребителям и дается лишь в разбивке по отраслям-производителям [12; 13]); невозможность получить обратную матрицу при решении системы линейных уравнений (матрица приростной капиталоемкости является вырожденной ввиду наличия большого числа отраслей, не производящих капитальные блага [14]<sup>2</sup>).

В дальнейшем были предложены различные прикладные модификации модели (см., например, [16-20]), а также комплексные балансово-эконометрические модели – LIFT [21], RIM [22, с. 270-272], модель НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь [23] и др.). Однако интерес к динамической модели все-таки постепенно снижался [24].

Тем не менее, представляется, что формулировка динамической модели даже в самой простой форме является вполне полезным и перспективным результатом. Особое внимание в данной статье предлагается уделить использованию такой модели для оценки полной импортоемкости отечественной продукции – как по текущим, так и по капитальным затратам. В условиях геополитической напряженности и экономических санкций, когда импорт из ресурса становится ограничивающим фактором, проблема снижения импортоемкости является критически важной.

**Оценка матрицы коэффициентов капитальных затрат.** Для оценки матрицы коэффициентов капитальных затрат использованы официальные данные Национального статистического комитета Республики Беларусь (Белстата), в первую очередь, таблицы «затраты-выпуск» за 2016–2020 гг.<sup>3</sup> Выбор периода обусловлен тем, что на момент осуществления расчетов 2020 г. был последним, за который эти таблицы были доступны, данные же за 2015 г. и предыдущие годы представлены в формате таблиц иной размерности.

С целью нивелирования ценового фактора для приведения данных в сопоставимый вид использовались следующие индексы цен и источники данных (табл. 1).

Таблица 1

Индексы цен и источники данных для приведения  
в сопоставимый вид таблиц «затраты-выпуск»

Вид экономической деятельности	Источник
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	Индекс цен сельскохозяйственной продукции
Горнодобывающая промышленность Обрабатывающая промышленность Снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом Водоснабжение; сбор, обработка и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	Индексы цен производителей промышленной продукции
Строительство	Индекс цен в строительстве
Транспортная деятельность, складирование, почтовая и курьерская деятельность	Индексы тарифов на перевозку грузов
Информация и связь	Индексы тарифов на услуги связи для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей
Оптовая и розничная торговля; ремонт автомобилей и мотоциклов Услуги по временному проживанию и питанию Финансовая и страховая деятельность Операции с недвижимым имуществом Профессиональная, научная и техническая деятельность Деятельность в сфере административных и вспомогательных услуг Государственное управление Образование Здравоохранение и социальные услуги Творчество, спорт, развлечения и отдых Предоставление прочих видов услуг	Индексы потребительских цен на товары и услуги

Источник: составлено автором.

<sup>2</sup> Для устранения проблемы предложен ряд математических методов обращения вырожденной матрицы приростной капиталоемкости [15].

<sup>3</sup> Система таблиц «Затраты-выпуск». URL: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/natsionalnye-scheta/sistema-tablits-zatraty-vypusk/>

Очевидно, такой подход к обеспечению сопоставимости данных имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, это высокий уровень агрегирования используемых индексов. Так, применение индекса потребительских цен на товары и услуги практически для всей совокупности услуг (за исключением строительства и транспорта) не учитывает серьезных различий в них, как по содержанию, так и по категории целевых потребителей. Во-вторых, отсутствие дифференциации между ценами на отечественные и импортные товары и услуги. Кроме того, проблема составления таблиц «затраты-выпуск» в сопоставимых ценах – до сих пор открытая, так как стандартный метод «двойного дефлирования» (double deflation) многими исследователями ставится под сомнение. В будущих исследованиях насущной будет задача получения недостающих эмпирических данных.

Динамика валового выпуска и валового накопления основного капитала в ценах 2016 г. приведена на рис. 1. Расчеты показывают, что доля валового накопления в валовом выпуске оставалась довольно стабильной в рассматриваемом периоде, находясь в интервале от 12,2% до 13,0%.

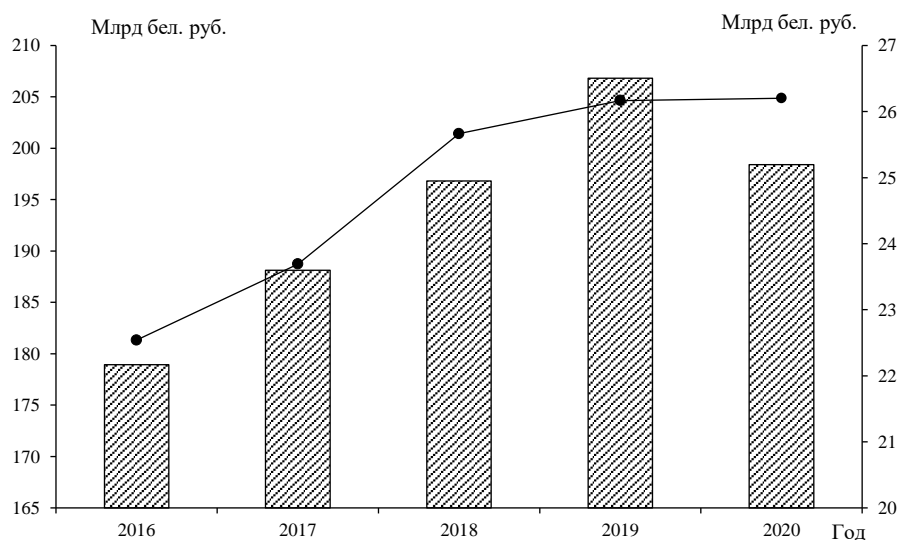


Рис. 1. Динамика валового выпуска (левая ось) и валового накопления основного капитала (правая ось) в экономике Беларуси в ценах 2016 г.:

—●— валовой выпуск; ▨ валовое накопление основного капитала

Если посмотреть на валовое накопление основного капитала с точки зрения технологической структуры или отраслевой принадлежности капитальных благ, то можно увидеть, что строительство составляет 50,5%, обрабатывающая промышленность – 39,0%, профессиональная, научная и техническая деятельность – 5,1%, сельское, лесное и рыбное хозяйство – 4,0%, а другие отрасли – 1,4%.

Для оценки фондоемкости валовых выпусков по отраслям использовались данные о наличии основных средств по первоначальной стоимости на конец года<sup>4</sup>, которые пересчитывались в сопоставимые цены 2016 г. на основе индексов физического объема основного капитала<sup>5</sup>. Результаты оценки фондоемкости по годам, ее средняя величина за период ( $\overline{\Phi_e}$ ) приведены в табл. 2.

<sup>4</sup> Наличие основных средств по первоначальной стоимости на конец года. URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=231589>

<sup>5</sup> Индекс физического объема основных средств по первоначальной стоимости в постоянных ценах, % к предыдущему году. URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=175053>

Таблица 2

## Фондоемкость валового выпуска (оценка в сопоставимых ценах 2016 г.)

Вид экономической деятельности	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	$\bar{\Phi}_e$
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	1,84	1,84	1,95	1,95	1,95	1,91
Горнодобывающая промышленность	4,02	3,87	3,57	3,96	4,76	4,04
Обрабатывающая промышленность	0,91	0,88	0,83	0,87	0,92	0,88
Снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом	2,81	3,21	3,13	3,21	3,41	3,15
Водоснабжение; сбор, обработка и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	3,99	4,45	4,55	4,38	4,51	4,38
Строительство	0,64	0,64	0,61	0,57	0,58	0,61
Оптовая и розничная торговля; ремонт автомобилей и мотоциклов	0,64	0,65	0,65	0,69	0,67	0,66
Транспортная деятельность, складирование, почтовая и курьерская деятельность	4,26	3,98	3,79	3,82	4,34	4,04
Услуги по временному проживанию и питанию	1,34	1,30	1,26	1,13	1,48	1,30
Информация и связь	1,10	1,04	0,93	0,79	0,69	0,91
Финансовая и страховая деятельность	0,66	0,68	0,67	0,71	0,74	0,69
Операции с недвижимым имуществом	4,68	4,27	4,58	4,69	4,32	4,51
Профессиональная, научная и техническая деятельность	0,89	0,87	0,83	0,82	0,83	0,85
Деятельность в сфере административных и вспомогательных услуг	1,36	1,29	1,15	1,15	1,16	1,22
Государственное управление	1,35	1,34	1,24	1,14	1,18	1,25
Образование	1,58	1,66	1,60	1,51	1,63	1,60
Здравоохранение и социальные услуги	1,35	1,39	1,33	1,30	1,31	1,33
Творчество, спорт, развлечения и отдых	3,64	3,62	3,51	3,03	3,83	3,53
Предоставление прочих видов услуг	1,05	1,00	0,71	0,71	0,76	0,84
По экономике в целом	1,49	1,47	1,41	1,43	1,48	1,46

Источник: расчеты автора.

Технологическая структура основных средств определялась (где это возможно) на основе официальных статистических данных Белстата (отрасль «Сельское, лесное и рыбное хозяйство»<sup>6</sup>), в остальных случаях – на основе соответствующих данных по Российской Федерации<sup>7</sup> с «оглядкой» на технологическую структуру инвестиций в основной капитал, направленных в белорусскую промышленность<sup>8</sup> и транспорт<sup>9</sup>.

С учетом данных о средней фондоемкости отраслевого валового выпуска и технологической структуре основных средств по отраслям можно построить матрицу природной капиталоемкости  $B$ . При этом в рамках такой оценки были сделаны предположения:

– капитальные блага производят семь отраслей (данные таблиц «затраты-выпуск» в столбце «валовое накопление основного капитала»), при этом три отрасли («Сельское, лесное и рыбное хозяйство», «Горнодобывающая промышленность», «Творчество, спорт, развлечения и отдых») производят капитальные блага только для самих себя, остальные обслуживают всю экономику;

– такой вид основных средств, как здания и сооружения, целиком относится к отрасли «Строительство», машины, оборудование и транспортные средства – к отрасли «Обрабатывающая промышленность»;

– прочие виды основных средств делились между отраслями «Информация и связь» и «Профессиональная, научная и техническая деятельность» в средней пропорции между валовым накоплением основного капитала по этим двум строкам из таблиц «затраты-выпуск» за 2016-2020 гг. (примерно, в пропорции 1:4).

<sup>6</sup> Сельское хозяйство Республики Беларусь, 2022. URL: [www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaystvo/selskoe-hozyaystvo/statisticheskie-izdaniya/index\\_57446/](http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaystvo/selskoe-hozyaystvo/statisticheskie-izdaniya/index_57446/)

<sup>7</sup> Видовая структура основных фондов коммерческих организаций в Российской Федерации на конец года. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14304>

<sup>8</sup> Промышленность Республики Беларусь, 2022. URL: [www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/promyshlennost/publikatsii\\_13/index\\_55945/](http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/promyshlennost/publikatsii_13/index_55945/)

<sup>9</sup> Транспорт в Республике Беларусь, 2022. URL: [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdaniya/public\\_brochures/index\\_52718/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdaniya/public_brochures/index_52718/)

Также была произведена экспериментальная оценка матрицы  $R$  – матрицы капитальных затрат для восстановления износа основных средств (то есть простого воспроизводства). Оценка была получена путем умножения соответствующих строк матрицы  $B$  на линейную годовую норму амортизации, которая определялась экспертным путем на основании нормативных сроков службы основных средств<sup>10</sup> (табл. 3).

Таблица 3

Используемые в расчетах линейные годовые нормы амортизации по группам основных средств

Группа основных средств	Нормативный срок службы, лет	Линейная годовая норма амортизации, %	Отрасль-производитель капитальных благ
Здания и сооружения	50	2,0	Строительство
Машины и оборудование	20	5,0	Обрабатывающая промышленность
Рабочий скот и животные основного стада	6	16,7	Сельское, лесное и рыбное хозяйство
Прочие виды основных средств	8	12,5	Горнодобывающая промышленность Информация и связь Профессиональная, научная и техническая деятельность Творчество, спорт, развлечения и отдых

Источник: см. сноску 10.

Далее матрицы  $B$  и  $R$  были разбиты на отечественные и импортные составляющие таким образом, что

$$B = B_{\text{отеч}} + B_{\text{имп}}, \quad (1)$$

$$R = R_{\text{отеч}} + R_{\text{имп}}, \quad (2)$$

где  $R_{\text{отеч}}$ ,  $R_{\text{имп}}$  – матрицы коэффициентов капитальных затрат отечественных и импортных товаров соответственно для замещения изношенного основного капитала на единицу валового выпуска (размерностью  $19 \times 19$ );  $B_{\text{отеч}}$ ,  $B_{\text{имп}}$  – матрицы коэффициентов капитальных затрат отечественных и импортных товаров соответственно для наращивания основного капитала на единицу ожидаемого (планового) прироста валового выпуска (размерностью  $19 \times 19$ ).

Такое разбиение осуществлялось пропорционально средней доле импортной продукции в общем объеме ВНОК (рис. 2).

Для проверки адекватности полученных оценок матриц фактическим данным за 2016–2020 гг. использовался следующий алгоритм:

– рассчитывался средний прирост валового выпуска по каждой отрасли в году  $t$  на основе простой скользящей средней за годы  $t - 2$ ,  $t - 1$ ,  $t$ ;

– на основании вектора-столбца рассчитанных приростов валового выпуска и матриц  $B_{\text{отеч}}$  и  $B_{\text{имп}}$  получались оценки ВНОК в году  $t$  – по отечественным и по импортным капитальным благам соответственно;

– на основании вектора-столбца фактических значений валовых выпусков за 2016–2020 гг. и матриц  $R_{\text{отеч}}$  и  $R_{\text{имп}}$  получались оценки основного капитала в году  $t$  для восстановления износа – по отечественным и по импортным капитальным благам соответственно.

<sup>10</sup> Постановление Министерства экономики Республики Беларусь от 30 сентября 2011 г. № 161 «Об установлении нормативных сроков службы основных средств и признании утратившими силу некоторых постановлений Министерства экономики Республики Беларусь». URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=W21124359>

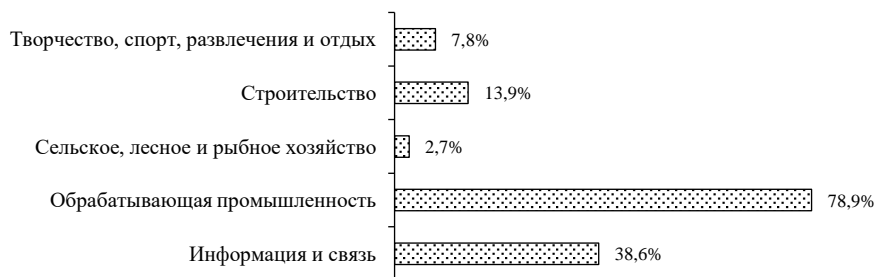


Рис. 2. Доля импортных капитальных благ в валовом накоплении основного капитала по данным таблиц «затраты-выпуск» за 2016-2020 гг., сопоставимые цены 2016 г.

Далее была осуществлена калибровка полученных матриц для уточнения разделения отечественных и импортных потоков капитальных благ на основе решения оптимизационной задачи на минимизацию отклонений расчетных значений от фактических. С учетом рассчитанного единого поправочного коэффициента (0,922), умножаемого на каждый элемент матрицы импортных капитальных затрат, фактические доли импортных капитальных благ в общем объеме ВНОК (см. рис. 2) были уменьшены для получения оценки матриц  $V_{имп}$  и  $R_{имп}$  почти на 8% и, соответственно, были пропорционально увеличены элементы матриц  $V_{отеч}$  и  $R_{отеч}$ .

Итоговые матрицы коэффициентов импортных капитальных затрат приведены в табл. 4 и 5.

Для оценки того, насколько хорошо полученные матрицы описывают фактические данные по ВНОК в 2016-2020 гг., был использован показатель средней относительной ошибки (mean absolute percentage error, MAPE), рассчитываемый как среднее за рассматриваемый период значение относительного отклонения прогнозной величины от фактической, взятое по модулю (табл. 6).

Ошибка по экономике, в целом, лежит во вполне допустимом интервале 8,0-8,9%, однако по отдельным отраслям значения ошибки очень значительны. Естественным шагом здесь было бы проведение оптимизационных процедур, позволяющих уточнить отдельные элементы матриц коэффициентов капитальных затрат и существенно снизить итоговую ошибку прогноза. В текущем экспериментальном исследовании принято решение такую (совершенно оправданную) оптимизацию не проводить по следующим соображениям. Во-первых, отрасли, имеющие наибольшие отклонения (ошибки), по доле своего вклада в общее валовое накопление основного капитала в части импортной составляющей являются незначительными: более 98% валового накопления – это строительство и товары зарубежной обрабатывающей промышленности. Во-вторых, подобный подход маскирует необходимость получения в дальнейшем дополнительных фактических данных по технологической (видовой) структуре основных средств по отраслям, а также долям импортных капитальных благ в составе используемого основного капитала в отраслевом разрезе и т. д. Кроме того, одно из направлений оценки матрицы коэффициентов капитальных затрат – это, действительно, как можно более точная аппроксимация фактического инвестиционного поведения хозяйствующих субъектов (см., например, [25]), однако такое поведение может достаточно длительное время отклоняться от рационального. Другое направление – это ориентация на некоторые условно-нормативные значения, получаемые на основе фактически сложившихся уровней фондоемкости валового выпуска [26]. Представляется, что второй подход, используемый в данной работе, хуже описывает фактическое инвестиционное поведение, однако позволяет оценить некоторые фундаментальные структурные особенности экономики.

Таблица 4

Матрица коэффициентов импортных капитальных затрат для наращивания основного капитала  
(на 1000 бел. руб. ожидаемого прироста валового выпуска)\*

Отрасль	Сельское, лесное и рыбное хозяйство	Обрабатывающая промышленность	Строительство	Информация и связь	Финансовая и страховая деятельность	Операции с недвижимым имуществом	Профессиональная, научная и техническая деятельность	Дейтельность в сфере административных и др. услуг	Государственное управление	Образование	Здравоохранение и социальные услуги	Творчество, спорт, развлечения и отдых	Предоставление прочих видов услуг
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	4,2												
Обрабатывающая промышленность	367,5	345,0	263,2	383,5	287,1	502,6	209,9	634,4	541,9	237,6	428,5	612,4	280,7
Строительство	149,8	46,7	28,3	28,4	25,1	463,1	61,5	36,9	46,3	144,8	87,5	278,8	53,9
Информация и связь	1,1	1,4	0,5	9,8	5,8	5,6	3,9	1,9	7,7	6,7	1,8	28,0	1,0
Профессиональная, научная и техническая деятельность	0,002	0,003	0,001	0,022	0,013	0,012	0,009	0,004	0,017	0,015	0,004	0,062	0,002
Творчество, спорт, развлечения и отдых													1,2

\* В этой и следующей таблицах показаны только ненулевые строки. Слева в обеих таблицах указаны зарубежные отрасли-производители импортных капитальных благ, сверху – отечественные отрасли-потребители.

Источник: расчеты автора.

Таблица 5

Матрица коэффициентов импортных капитальных затрат для возмещения износа основного капитала  
(на 1000 бел. руб. валового выпуска)

Отрасль	Сельское, лесное и рыбное хозяйство	Обрабатывающая промышленность	Строительство	Информация и связь	Профессиональная, научная и техническая деятельность	Творчество, спорт, развлечения и отдых	Сельское, лесное и рыбное хозяйство	Обрабатывающая промышленность	Строительство	Информация и связь	Профессиональная, научная и техническая деятельность	Профессиональная, научная и техническая деятельность	Дейтельность в сфере административных услуг	Государственное управление	Образование	Здравоохранение и социальные услуги	Творчество, спорт, развлечения и отдых	Предоставление прочих видов услуг
	0,7	18,4	3,0	0,1	0,0003	0,0003	0,7	18,4	3,0	0,1	0,0003	0,0003	31,7	27,1	11,9	21,4	30,6	14,0
		17,2	0,9	0,2	0,0004	0,0004	17,2	17,2	0,9	0,2	0,0004	0,0004	46,7	4,8	11,9	21,4	30,6	14,0
		46,0	4,5	0,4	0,001	0,001	46,0	46,0	4,5	0,4	0,001	0,001	19,2	4,8	11,9	21,4	30,6	14,0
		26,9	9,0	0,2	0,0003	0,0003	26,9	26,9	9,0	0,2	0,0003	0,0003	13,2	4,8	11,9	21,4	30,6	14,0
		13,2	0,6	0,1	0,0001	0,0001	13,2	13,2	0,6	0,1	0,0001	0,0001	4,8	4,8	11,9	21,4	30,6	14,0
		4,8	1,3	0,0	0,0001	0,0001	4,8	4,8	1,3	0,0	0,0001	0,0001	19,2	4,8	11,9	21,4	30,6	14,0
		46,7	6,7	0,2	0,001	0,001	46,7	46,7	6,7	0,2	0,001	0,001	10,7	4,8	11,9	21,4	30,6	14,0
		10,7	2,5	0,1	0,0003	0,0003	10,7	10,7	2,5	0,1	0,0003	0,0003	19,2	4,8	11,9	21,4	30,6	14,0
		19,2	0,6	1,2	0,003	0,003	19,2	19,2	0,6	1,2	0,003	0,003	14,4	4,8	11,9	21,4	30,6	14,0
		14,4	0,5	0,7	0,002	0,002	14,4	14,4	0,5	0,7	0,002	0,002	10,5	4,8	11,9	21,4	30,6	14,0
		25,1	9,3	0,7	0,002	0,002	25,1	25,1	9,3	0,7	0,002	0,002	31,7	4,8	11,9	21,4	30,6	14,0
		10,5	1,2	0,5	0,001	0,001	10,5	10,5	1,2	0,5	0,001	0,001	27,1	4,8	11,9	21,4	30,6	14,0
		27,1	0,9	1,0	0,002	0,002	27,1	27,1	0,9	1,0	0,002	0,002	31,7	4,8	11,9	21,4	30,6	14,0
		11,9	2,9	0,8	0,002	0,002	11,9	11,9	2,9	0,8	0,002	0,002	31,7	4,8	11,9	21,4	30,6	14,0
		21,4	1,8	0,2	0,0005	0,0005	21,4	21,4	1,8	0,2	0,0005	0,0005	31,7	4,8	11,9	21,4	30,6	14,0
		30,6	5,6	3,5	0,008	0,008	30,6	30,6	5,6	3,5	0,008	0,008	31,7	4,8	11,9	21,4	30,6	14,0
		14,0	1,1	0,1	0,0003	0,0003	14,0	14,0	1,1	0,1	0,0003	0,0003	31,7	4,8	11,9	21,4	30,6	14,0

Источник: расчеты автора.



Средние ошибки прогноза значений валового накопления  
основного капитала в 2016-2020 гг., %

Отрасль-производитель капитальных благ	Всего	Отечественное	Импортное
Профессиональная, научная и техническая деятельность	8,4	8,3	81,5
Строительство	11,3	10,4	17,2
Обрабатывающая промышленность	15,4	60,8	9,5
Информация и связь	17,1	17,1	28,5
Горнодобывающая промышленность	30,0	30,0	–
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	42,1	41,9	58,5
Творчество, спорт, развлечения и отдых	91,9	96,9	60,4
По экономике в целом	8,6	8,9	8,0

Источник: расчеты автора.

**Оценка полной импортности отечественной продукции.** Одной из аналитических задач, которые можно решать с помощью полученных матриц капитальных затрат, выступает оценка полной импортности. По текущим затратам такая задача неоднократно решалась отечественными исследователями [27-29], однако полные капитальные затраты в фокус внимания исследователей явным образом не попадали.

Предлагается основное балансовое уравнение динамической модели «затраты-выпуск», модифицированное для случая отдельного учета текущих и капитальных затрат отечественных и импортных товаров и услуг, записать следующим образом:

$$I_t + X_t - (A_{\text{отеч}} + A_{\text{имп}}) \cdot X_t - (R_{\text{отеч}} + R_{\text{имп}}) \cdot X_t - (B_{\text{отеч}} + B_{\text{имп}}) \cdot O_{t+1} = Y_{\text{отеч}t} + Y_{\text{имп}t}, \quad (3)$$

где  $I_t$  – вектор-столбец совокупного импорта (включая промежуточные и конечные товары и услуги, в том числе капитальные блага) в году  $t$  (размерностью  $19 \times 1$ );  $X_t$  – вектор-столбец валового выпуска по отраслям в году  $t$  (размерностью  $19 \times 1$ );  $A_{\text{отеч}}$ ,  $A_{\text{имп}}$  – матрица коэффициентов прямых (текущих) затрат отечественных и импортных товаров и услуг соответственно на единицу валового выпуска (размерностью  $19 \times 19$ );  $O_{t+1}$  – вектор-столбец ожидаемого (планового) прироста валового выпуска в году  $t + 1$  (размерностью  $19 \times 1$ );  $Y_{\text{отеч}t}$ ,  $Y_{\text{имп}t}$  – векторы-столбцы конечного спроса в году  $t$  на товары и услуги неинвестиционного характера – отечественные и импортные соответственно (размерностью  $19 \times 1$ ).

С учетом того, что совокупный импорт  $I_t$  включает в себя промежуточные и конечные товары и услуги (в том числе капитальные блага), валовой выпуск в году  $t$  можно записать как функцию конечного спроса на отечественные товары и услуги (неинвестиционного и инвестиционного характера):

$$X_t = (E - A_{\text{отеч}} - R_{\text{отеч}})^{-1} \cdot (Y_{\text{отеч}t} + B_{\text{отеч}} \cdot O_{t+1}). \quad (4)$$

Первый множитель в (4) является прямым аналогом матрицы полных затрат в статической модели Леонтьева с той лишь разницей, что в ней, помимо полных текущих затрат, учтены и полные капитальные затраты на возмещение износа основных средств<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Вследствие этого коэффициенты в такой матрице приведены на рубль конечного спроса, за исключением спроса на капитальные блага для возмещения износа основного капитала.

Обозначим  $Y_{отеч_t} + B_{отеч} \cdot O_{t+1}$  как  $F_{отеч_t}$ , а  $O_{t+1}$  выразим через  $X_t$  посредством ожидаемого темпа прироста  $\delta$  (скалярная величина), т. е.  $O_{t+1} = \delta \cdot X_t$ . Тогда получим следующую зависимость для нахождения вектора-столбца промежуточного и инвестиционного импорта ( $I_{пр.инв.t}$ ):

$$I_{пр.инв.t} = (A_{имп} + R_{имп} + \delta \cdot B_{имп}) \cdot (E - A_{отеч} - R_{отеч})^{-1} \cdot F_{отеч_t}. \quad (5)$$

Таким образом, объем промежуточного и инвестиционного импорта напрямую зависит от конечного спроса на отечественные товары и услуги (за исключением спроса на капитальные блага для возмещения износа основного капитала): каждая дополнительная единица конечной продукции белорусского происхождения приводит к дополнительной потребности в промежуточных и капитальных импортных товарах и услугах.

При этом импорттоемкость, понимаемая как доля импортных составляющих в цене единицы конечной продукции отечественного производства (например, по отрасли  $i$ ), может быть рассмотрена как сумма четырех компонентов:

1) прямая импорттоемкость по текущим затратам (стоимость промежуточных импортных товаров и услуг, непосредственно входящих в текущие материальные затраты единицы отечественного валового выпуска по отрасли  $i$ ) – может быть найдена для каждой отрасли путем суммирования всех элементов соответствующего столбца матрицы  $A_{имп}$ ;

2) косвенная импорттоемкость по текущим затратам (стоимость импортных товаров и услуг, входящих в иные отечественные товары и услуги, которые, в свою очередь, формируют себестоимость единицы валового выпуска по отрасли  $i$ ) – суммируются элементы соответствующего столбца матрицы  $A_{имп} \cdot (E - A_{отеч} - R_{отеч})^{-1} - A_{имп}$ ;

3) полная импорттоемкость по капитальным затратам, направленным на возмещение износа основного капитала (стоимость импортных капитальных благ, необходимых для замещения выводимых вследствие морального или физического износа основных средств, приходящихся на единицу валового выпуска по отрасли  $i$ ) – суммируются элементы соответствующего столбца матрицы  $R_{имп} \cdot (E - A_{отеч} - R_{отеч})^{-1}$ ;

4) полная импорттоемкость по капитальным затратам, осуществляемым для наращивания основного капитала (стоимость импортных капитальных благ, необходимых для увеличения размера основных средств, приходящихся на единицу ожидаемого (планового) прироста валового выпуска по отрасли  $i$ ) – суммируются элементы соответствующего столбца матрицы  $\delta \cdot B_{имп} \cdot (E - A_{отеч} - R_{отеч})^{-1}$ .

Результаты расчетов импорттоемкости по всем четырем составляющим приведены на рис. 3. При этом матрицы коэффициентов текущих затрат рассчитывались по данным таблиц «затраты-выпуск» за 2020 г.

По результатам расчета, разбиение отраслей на наиболее и наименее импорттоемкие оказалось вполне ожидаемым. Они либо зависят от импортных ресурсов, сырья и материалов (например, «Снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом»), либо от импортного оборудования (например, «Транспортная деятельность, складирование, почтовая и курьерская деятельность»), либо, в первую очередь, зависят от использования отечественных трудовых ресурсов (например, «Информация и связь»).

**Направления совершенствования полученных результатов.** С учетом того, что в проведенном исследовании оценены матрицы коэффициентов капитальных затрат, как по отечественным, так и по импортным капитальным благам, становится возможным сформулировать динамическую модель Леонтьева для белорусской экономики в разрезе 19-ти отраслей в соответствии с ОКЭД.



Рис. 3. Расчетная импортноемкость отечественной продукции конечного использования в основных ценах 2016 г.: ▨ прямая импортноемкость по текущим затратам; ▩ косвенная импортноемкость по текущим затратам; ▤ импортноемкость по капитальным затратам (возмещение износа); ▧ импортноемкость по капитальным затратам (ожидаемый прирост выпуска – 7%)

Однако следует сказать, что данное исследование неслучайно названо нами экспериментальным. Полученные оценки, бесспорно, являются в значительной мере приближенными и во многом имеют косвенный характер. Поэтому для полноценного прогнозирования на основе динамической модели Леонтьева требуются дополнительные усилия по следующим направлениям:

- уточнить данные о технологической структуре основных средств, в том числе, в разрезе отечественной и импортной составляющих;
- использовать разные индексы цен для дефлирования отечественных и импортных товарных потоков и капитальных благ;
- для формулирования полной динамической модели Леонтьева функция инвестиций (ВНОК) должна быть улучшена с точки зрения набора учитываемых факторов (например, ставки рефинансирования и т. п.);
- немаловажным является существенное улучшение оценки вложений, необходимых для простого воспроизводства, например, на основе учета данных по выбытию основных средств, динамики их износа и т. п.;
- имеет смысл для большей реалистичности модели использовать не статичные матрицы коэффициентов текущих и капитальных затрат, а их динамичные версии, учитывающие технический прогресс и структурные сдвиги в экономике;
- большую значимость имеет детализация («расшивка») укрупненных отраслей на более мелкие – в идеале до уровня 83-х видов экономической деятельности, по которым в настоящее время Белстат подготавливает таблицы «затраты-выпуск», а также детализация отрасли «Обрабатывающая промышленность», которая в 19-размерной номенклатуре «скрывает» более 20 подотраслей;
- с учетом складывающейся геополитической ситуации весьма актуальным видится разбиение импортных (и экспортных) потоков на потоки из дружественных и недружественных стран;

– наконец, имеет большое прикладное значение, по итогам модельных расчетов, переход от основных цен производителей к ценам покупателей.

Несмотря на отмеченные «слабые места» полученных экспериментальных оценок и необходимость их совершенствования, представляется, что они будут полезны и интересны как экономистам-теоретикам, так и практикам.

### Литература / References

1. Динамический анализ // Избранные произведения в 3-х т. / В.В. Леонтьев. М.: Экономика, 2006. Т. 1. Общэкономические проблемы межотраслевого анализа. С. 95-144. [Dinamicheskii analiz // Izbrannnye proizvedeniya v 3-kh t. / V.V. Leont'ev. M.: Ekonomika, 2006. Vol. 1. Obshcheekonomicheskie problemy mezhotraslevogo analiza. S. 95-144. (In Russ.)]
2. Леонтьев В. Исследование структуры американской экономики: Теоретический и эмпирический анализ по схеме затраты-выпуск / В. Леонтьев и Холлис В. Ченери, Пауль Г. Кларк. М.: Госстатиздат. 1958. 640 с.
3. Samuelson Paul. A Synthesis of the Principle of Acceleration and the Multiplier // Journal of Political Economy. 1939. Vol. 47. Pp. 786-797. URL: <https://doi.org/10.1086/255469> [(In Russ.)]
4. Harrod Roy Forbes. An Essay in Dynamic Theory // Economic Journal. 1939. Vol. 49. Pp.14-33.
5. Hicks John Richard. A Contribution to the Theory of the Trade Cycle. Oxford: Oxford University Press, 1950.
6. Goodwin Richard M. The Business Cycle as a Self-sustaining Oscillation // Econometrica. 1949. Vol. 17. Pp. 184-185.
7. Goodwin Richard M. The Nonlinear Accelerator and the Persistence of Business Cycles // Econometrica. 1951. Vol. 19. Pp 1-17.
8. Leontief W. Lags and the Stability of Dynamic Systems // Econometrica. 1961. Vol 29. Pp.659-669. URL: [https://doi.org/0012-9682\(196110\)29:4%3C659:LATSOD%3E2.0.CO;2-J](https://doi.org/0012-9682(196110)29:4%3C659:LATSOD%3E2.0.CO;2-J)
9. Duchin F. Structural Economics: Measuring Change in Technology, Lifestyles, and the Environment. Island Press, 1998.
10. Динамическая обратная матрица // Леонтьев В.В. Экономические эссе: Теории, исследования, факты и политика. М.: Политиздат, 1990. С. 294-318. [Dinamicheskaya obratnaya matritsa // Leont'ev V.V. Ekonomicheskie esse: Teorii, issledovaniya, fakty i politika. M.: Politizdat, 1990. S. 294-318. (In Russ.)]
11. Куранов Г.О., Стрижкова Л.А., Тишина Л.И. Факторные, межотраслевые и циклические модели в экономическом анализе и прогнозировании // Российский внешнеэкономический вестник. 2022. № 11. С. 17-38. [Kuranov G.O., Strizhkova L.A., Tishina L.I. Faktornye, mezhotraslevye i tsiklicheskie modeli v ekonomicheskom analize i prognozirovaniy // Rossiiskii vneshneekonomicheskii vestnik. 2022. No. 11. S. 17-38. (In Russ.)]
12. Brody A. A Simplified Growth Model // The Quarterly Journal of Economics. 1966. Feb. Vol. 80. No. 1. Pp. 137-146. URL: <https://doi.org/10.2307/1880584>
13. Gurgul H., Lach E. On Approximating the Accelerator Part in Dynamic Input–Output Models // Central European Journal of Operations Research. 2019. Vol.27. Pp.219-239. URL: <https://doi.org/10.1007/s10100-017-0502-y>
14. Miller R., Blair P. Input–Output Analysis: Foundations and Extensions (3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Doi:10.1017/9781108676212
15. Abel I., Dobos I. Singularity in the Discrete Dynamic Leontief Model // Periodica Polytechnica Social and Management Sciences. 2017. Vol. 25 (2). Pp. 158-164. URL: <https://doi.org/10.3311/PPso.8432>
16. Leontief W., Duchin F. The Future Impact of Automation on Workers, New York, Oxford University Press. 1986.
17. Duchin F., Szyld D.B. A Dynamic Input–Output Model with Assured Positive Output // Metroeconomica. 1985. Vol. 37 (3). Pp. 269-282. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1467-999X.1985.tb00415.x>
18. Баранов Э.Ф. Проблемы разработки схемы динамической модели межотраслевого баланса // Экономика и математические методы. 1968. Т. IV. № 1. С. 26-41. [Baranov E.F. Problemy razrabotki skhemy dinamicheskoi modeli mezhotraslevogo balansa // Ekonomika i matematicheskie metody. 1968. Vol. IV. No. 1. S. 26-41. (In Russ.)]
19. Гранберг А.Г. Динамические модели народного хозяйства. М.: Экономика, 1985. 240 с. [Granberg A.G. Dinamicheskie modeli narodnogo khozyaistva. M.: Ekonomika, 1985. 240 s. (In Russ.)]
20. Баранов А.О., Гореев А.В. Анализ мультипликативных эффектов инвестиций в динамической межотраслевой модели // Проблемы прогнозирования. 2022. № 6 (195). С. 156-170. DOI: 10.47711/0868-6351-195-156-170 [Baranov A.O., Goreev A.V. Analysis of the Multiplier Effects Produced by Investment in a Dynamic Input-Output Model // Studies on Russian Economic Development. 2022. Vol. 33. No. 6. Pp. 686-695.]
21. Meade D. The LIFT Model. URL: <http://inforumweb.inforumecon.com/papers/wp/wp2001/wp01002.pdf>
22. Саяпова А.Р., Широков А.А. Основы метода «затраты-выпуск». Учебник. М.: МАКС Пресс, 2019. 333 с. [Sayarova A.R., Shirov A.A. Osnovy metoda «zatraty-vypusk». Uchebnik. M.: MAKS Press, 2019. 333 s. (In Russ.)]
23. Кравцов М.К. Прогнозирование основных параметров социально-экономического развития Республики Беларусь на основе динамической межотраслевой модели / М.К. Кравцов, А.А. Гладкая, Т.А. Дехтярь // Белорусский экономический журнал. 2020. № 2. С. 4-24. DOI: 10.46782/1818-4510-2020-2-4-24. [Kravtsov M.K. Prognozirovaniye osnovnykh parametrov sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Belarus' na osnove dinamicheskoi mezhotraslevoi modeli / M.K. Kravtsov, A.A. Gladkaya, T.A. Dekhtyar' // Belorusskii ekonomicheskii zhurnal. 2020. No. 2. S. 4-24. (In Russ.)]
24. Steenge A., Reyes R. Return of the Capital Coefficients Matrix // Economic Systems Research. 2022. Vol. 32 (4). Pp. 439-450. URL: <https://doi.org/10.1080/09535314.2020.1731682>
25. Safr K. Pilot Application of the Dynamic Input-Output Model. Case Study of the Czech Republic 2005-2013 // Statistika-Statistics and Economy Journal. 2016. Vol. 96 (2). Pp. 15-31.

26. Dharmadhikary-Yadwadkar A. Estimation of Capital Coefficient Matrix for Organised and Unorganised Manufacturing Sectors of the Indian Economy // *Artha Vijnana: Journal of The Gokhale Institute of Politics and Economics*. 1989. Vol. 54. No. 2 (2012). Pp. 178-196.
27. Злотникова Е.Л. Импортоемкость и межотраслевая кооперация в белорусской экономике // *Банковский вестник*. 2010. № 12. С. 27-30. [Zlotnikova E.L. *Importoemkost' i mezhotraslevaya kooperatsiya v belorusskoi ekonomike* // *Bankovskii vestnik*. 2010. No. 12. S. 27-30. (In Russ.)]
28. Белоусов А.В. Импортоемкость экспорта Республики Беларусь как фактор участия в глобальных цепочках создания добавленной стоимости // *Белорусский экономический журнал*. 2016. № 3. С. 63-80. [Belousov A.V. *Importoemkost' eksporta Respubliki Belarus' kak faktor uchastiya v global'nykh tserpochkakh sozdaniya dobavlennoi stoimosti* // *Belorusskii ekonomicheskii zhurnal*. 2016. No. 3. S. 63-80. (In Russ.)]
29. Радюк О.С. Развитие кооперации в промышленности стран ЕАЭС: оценка на основе показателей импортоемкости // *Белорусский экономический журнал*. 2018. № 1. С. 35-51. [Radyuk O.S. *Razvitie kooperatsii v promyshlennosti stran EAES: otsenka na osnove pokazatelei importoemkosti* // *Belorusskii ekonomicheskii zhurnal*. 2018. No. 1. S. 35-51. (In Russ.)]



Статья поступила в редакцию 26.01.2023. Статья принята к публикации 03.03.2023.

**Для цитирования:** В.А. Пархименко. Опыт экспериментальной оценки матрицы коэффициентов импортных капитальных затрат в динамической модели Леонтьева для белорусской экономики в 2016-2020 годах // *Проблемы прогнозирования*. 2023. № 4 (199). С. 168-180. DOI: 10.47711/0868-6351-199-168-180

## Summary

### EXPERIMENTAL ESTIMATION OF THE MATRIX OF IMPORT CAPITAL COST COEFFICIENTS IN THE DYNAMIC LEONTIEF MODEL FOR THE BELARUSIAN ECONOMY IN 2016-2020

**V.A. PARKHIMENKO**, Cand. Sci. (Econ.), Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus  
ORCID: 0000-0001-7690-8873, Scopus Author ID: 57195918562

**Abstract:** The article is devoted to the assessment of the matrix of import capital cost coefficients in the framework of the dynamic input–output model for the economy of the Republic of Belarus according to the data for 2016-2020. The assessment was carried out on the basis of the capital intensity of gross output and the technological structure of fixed capital in 19 integrated sectors of the Belarusian economy, the share of the import component in gross fixed capital formation and the average depreciation rate by type of capital goods. As one of the applied results of the obtained matrix, the article presents calculations of the import intensity of domestic products for each of the industries – not only in terms of current costs, but also the capital component. The article also considers the directions for improving the results obtained, including for the tasks of macroeconomic forecasting.

**Keywords:** dynamic Leontief model, import intensity, import substitution, matrix of capital cost coefficients, intersectoral balance, input-output tables.

Received 26.01.2023. Accepted 03.03.2023.

**For citation:** V.A. Parkhimenko. Experimental Estimation of the Matrix of Import Capital Cost Coefficients in the Dynamic Leontief Model for the Belarusian Economy in 2016-2020 // *Studies on Russian Economic Development*. 2023. Vol. 34. No. 4. Pp. 543-553. DOI: 10.1134/S1075700723040123