

О. Н. Поддубная

*Белорусский государственный экономический университет,
Минск, Беларусь, poddubnaia.olesia@gmail.com*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СДВИГОВ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В работе в рамках процессно-системной методологии представлена экономико-математическая модель динамики односекторной экономики в условиях технологических трансформаций в виде гибридной быстро-медленной системы с запаздыванием и управлением. Параметрами модели являются как известные макроэкономические индикаторы, так и новые, разработанные автором: динамический индикатор приведенного роста внутренних инвестиций, интегральный индикатор потенциала технологического сдвига. Разработаны методики оценки данных индикаторов, по которым произведена их апробация для экономики Республики Беларусь.

Ключевые слова: *экономический рост, производственно-инвестиционный цикл, модель односекторной экономики, технологическая трансформация, динамика капитала, динамический индикатор потенциала технологического сдвига*

O. Poddubnaia

*Belarusian State Economic University, Minsk, Belarus,
poddubnaia.olesia@gmail.com*

IDENTIFICATION OF TECHNOLOGICAL SHIFTS OF ECONOMIC SYSTEMS

In the work, an economic-mathematical model of the dynamics of a single-sector economy in the context of technological transformations is presented, using process-system methodology. It has the form of a hybrid fast-slow system with delay and control. The parameters of the model are both well-known macroeconomic indicators and new ones developed by the author, such as dynamic indicator of domestic investment growth and an integral indicator of the technological shift potential. Techniques for evaluating these indicators have been developed, according to which they have been tested for the economy of the Republic of Belarus.

Keywords: *economic growth, production and investment cycle, single-sector economy model, technological transformation, capital dynamics, dynamical indicator of potential of technological shifts*

Со времен А. Смита, Д. Рикардо, Ж. Сея, К. Маркса развитие социально-экономических отношений в условиях интеллектуализации производства привело к более широкой трактовке понятия «капитал»: в 1960-е гг. возникла концепция человеческого капитала, а в 1990-е гг. – интеллектуального капитала. Тем не менее динамическая суть этой базовой категории в любой ее интерпретации для постиндустриального этапа не подвергается сомнению. Раскрывая сложную структуру динамики капитала в процессе самовозрастания и самовоспроизводства, в работе [1, с. 121] сказано: «капитал есть движение, процесс кругооборота, проходящий различные стадии...». Постиндустриальная эпоха характеризуется частыми технологическими трансформациями экономических систем, современный этап которых принято называть цифровой трансформацией. Наряду с модернизацией известных подходов классического и неоклассического направлений экономической теории к изучению капитала требуется разработка также новых актуальных концепций и моделей, отражающих многоаспектные особенности сложной экономической динамики в условиях трансформаций.

Для формирования национальных стратегий и научно обоснованной экономической политики крайне актуальной является задача разработки современных методик обобщенной макроэкономической оценки качества экономического роста. Этому вопросу посвящены многочисленные теоретические исследования и модельные расчеты отечественных и зарубежных ученых [2–7]. Для разработки таких методик некоторые из них предлагают использовать односекторную модель, в которой все показатели представлены в высоко агрегированном виде, совокупный выпуск рассматривают упрощенно. Несмотря на кажущуюся простоту односекторной модели ее диагностическая значимость велика: с ее помощью можно получить как ценные теоретические выводы, так и провести практические расчеты [3–5].

Для математической формализации динамики капитала автор использует процессно-системный подход, в рамках которого социально-экономическая система на любом уровне иерархии изучается как динамическая модель [8, с. 77]. Ключевая идея авторского подхода при изучении динамики капитала в рамках односекторной модели заключается в моделировании производственно-инвестиционный цикла на разных временных горизонтах: за короткий $\Delta t = dt$ и длинный $\Delta t = h$ периоды времени. В производственном цикле за короткий период времени $\Delta t = dt$ формируется быстрый прирост капитала dK в рамках действующего технологического режима функционирования изучаемой экономической системы. Инновационно-инвестиционный цикл за длинный период времени $\Delta t = h$ приводит к медленному накоплению капитала, анализируя динамику которого можно оценивать технологические сдвиги в экономике. Различия в логике формирования и распределения товарного и финансового потоков в указанных циклах требуют при их моделировании использования разных математических инструментов. Быстро-медленную регулируемую и управляемую динамику процессов производственно-инвестиционного цикла односекторной модели экономики предлагается автором описывать системой дифференциально-алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dV(t)}{dt} = \frac{1}{1-a_h} I(t) - b_h V(t) + U(t), & t > h \\ I(t) - I(t-h) = m_h V(t), & t \geq h. \end{cases}, \quad (1)$$

где $V(t)$ – поток валового выпуска, $I(t)$ – поток внутренних (национальных) инвестиций, $U(t)$ – поток внешних (зарубежных) инвестиций.

Параметры модели: b_h и a_h – усредненные на интервале $[t-h; t)$ нормы производственного накопления и потребления соответственно; $m_h = MI_{t,h} b_h (1-a_h)$ определяется как коэффициент потенциала технологического сдвига, накопленного системой за период $[t-h; t)$, где $MI_{t,h}$ – динамический индикатор приведенного роста внутренних инвестиций:

$$MI_{t,h} = \frac{I(t) - I(t-h)}{I(t)} = 1 - \frac{I(t-h)}{I(t)}. \quad (2)$$

По сути $MI_{t,h}$ определяет темп прироста медленных инвестиций в обратном времени, когда абсолютное изменение показателя относят к величине самого показателя не в момент времени в прошлом (базовый период), а в настоящий момент времени. Обосновано это тем, что именно текущее состояние экономической системы в целом и ее инвестиционной составляющей в частности, а не их состояние в прошлом, определяет перспективы и потенциал технологических сдвигов изучаемой формации в будущем.

Первое дифференциальное уравнение системы (1) описывает быструю динамику капитала, отражая зависимость мгновенной скорости валового выпуска от национальных и иностранных

инвестиций. Второе алгебраическое уравнение характеризует медленную динамику капитала, формализуя зависимость средней скорости национальных инвестиций от валового выпуска.

Для эволюции системы (1) необходимо задать начальные условия: $V(h) = V_h$, $I(\tau) = \psi(\tau)$, $\tau \in [0, h)$.

Нами были разработаны две методики параметрической идентификации модели (1), основанные на вариативности экономической интерпретации математической формализации (2) динамического индикатора приведенного роста внутренних инвестиций $MI_{t,h}$. Первый подход трактует данный индикатор как *отношение изменения* внутренних инвестиций за период h к их объему в момент t . В этом случае $MI_{t,h}$ изменяется в интервале $(-\infty; 1]$. Второй подход предлагает использовать для модельных параметров $I(t)$ и $I(t-h)$ внутренних инвестиций для непрерывного времени их статистических оценок, полученных методом накопления для дискретного времени на соответствующих интервалах длины t и $t-h$, что позволяет трактовать формулу (2) как *долю прироста* внутренних инвестиций за период h к их объему за период t . В этом случае $MI_{t,h}$ изменяется в интервале $[0; 1]$. Ограниченность индикатора $MI_{t,h}$ сверху в обоих подходах можно объяснить законом убывающей отдачи факторов, согласно которому экономический рост с постоянной нормой накопления и убывающей отдачей капитала имеет свой предел, преодолеть который невозможно за счет увеличения объемов инвестирования [6].

Временной параметр h модели производственно-инвестиционного цикла обладает многоаспектным экономическим и математическим смыслом. Данный макроэкономический параметр характеризует, с одной стороны, период устойчивости экономической системы со сложившейся технологической структурой производства, на протяжении которого происходит накопление потенциала для внутренней технологической трансформации системы с целью ее выхода на новые траектории роста и развития. С другой стороны, параметр h определяет момент переключения экономической системы на иные режимы функционирования возле нового положения равновесия. С математической точки зрения временной лаг h задает долгосрочность прогноза. Рассматривая h как экзогенный параметр и априори задавая его, можно строить различные прогнозные сценарии. Более актуальным, но и более трудоемким является подход поиска апостериорной оценки данного параметра по эмпирическим данным исходя из его экономического смысла.

Апробация модельных индикаторов проводилась для Республики Беларусь. Эмпирической базой расчетов служили данные Национального статистического комитета Республики Беларусь¹ за период с 1990 по 2020 гг. В обеих методиках в качестве показателя, характеризующего поток внутренних инвестиций в фиксированные моменты времени, был выбран объем валового накопления основного капитала. Отметим, что отсутствие общепризнанных методологических подходов к процедуре «очистки» ВВП от амортизационных отчислений (потребление основного капитала не является внутренним источником роста), не позволяет нам на данном этапе использовать в расчетах по формуле (2) модельные показатели, которые представляют из себя внутренние инвестиции на чистой основе (как часть валового накопления).

Для приведения статистических оценок в сопоставимые единицы измерения были:

- рассчитаны обратные цепные индексы дефлятора ВВП по отношению к 2020 г.;
- произведена верификация методом прямого счета по отношению к цепным индексам 1990 г.;
- денежные единицы, имевшие обращение на территории Республики Беларусь в 1990–2020 гг., с учетом деноминаций были приведены к единицам 2020 г.

¹ Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – URL: <https://www.belstat.gov.by/>.

На подготовительном этапе параметрической идентификации нами были рассчитаны по данным Белстата следующие показатели модельных параметров:

- оценка валового выпуска, пересчитанная по индексу дефлятора ВВП в сопоставимые цены 2020 г. (в денежных единицах 2020 г.);
- оценка валового внутреннего продукта, вычисленная методом распределения и приведенная в сопоставимые цены 2020 г. с помощью индекса дефлятора ВВП;
- оценка промежуточного потребления, приведенная в сопоставимый вид с помощью индекса дефлятора ВВП;
- оценка объема валового накопления основного капитала в ценах 2020 г. (по дефлятору ВВП).

Таким образом, все наблюдаемые исходные переменные были выражены в сопоставимых ценах 2020 г. в денежных единицах того же года.

Выбор периодов h для построения оценок параметров модели обосновывался следующими соображениями: более короткие периоды анализа индикаторов позволят нам выявить влияние кратко- и среднесрочных факторов общей макроэкономической конъюнктуры, включая кризисы различной природы и локализации, а более длинные – формирование предпосылок и потенциала возможных сдвигов, исчерпания старых и закладки новых технологических и организационных формаций. Поэтому для настройки модели на среднесрочное прогнозирование продолжительность h определялась в 5 и 7 лет. Данный выбор определялся длительностью пятилетних планов социально-экономического и научно-технического развития, а также средним семилетним сроком морального и физического износа активной части основных средств, являющихся носителями технологических новаций. Для целей долгосрочного прогнозирования были построены динамические ряды параметров модели для h , равных 10, 15 и 20 лет. Продолжительность 10 лет является показательной с точки зрения структурных изменений отраслевых рынков (в первую очередь отраслей четвертого и пятого технологических укладов), а также внедрения существенных организационных инноваций. Периоды h длиной в 15 и 20 лет были использованы для построения динамики индикаторов с целью выявления изменений внутренних инвестиционных возможностей на сравнительно длинных интервалах и формулировки гипотезы об уровне сформированного потенциала технологических сдвигов в экономике Республики Беларусь, а также возможностях экономического роста на прежней технологической базе.

Один из наиболее значимых выводов проведенного практического исследования состоит в том, что на протяжении анализируемого периода 1990–2020 гг. на долгосрочных горизонтах h , начиная с 2009 г., наблюдается постепенное исчерпание существующих технологических возможностей национальной экономики, что обуславливает необходимость ее трансформации для обеспечения сбалансированного экономического роста.

Список использованных источников

1. *Маркс, К.* Сочинения : в 50 т. / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд. – 1961. – Т. 24. – М. : Гос. изд-во полит. лит., 1955–1981. – 648 с.
2. *Комков, В. Н.* Экономический рост при нулевом качестве: особенности и последствия / В. Н. Комков // Банк. весн. – 2021. – № 3. – С. 3–10.
3. *Балацкий, Е.* Идентификация технологического фронта / Е. Балацкий // Форсайт. – 2021. – Т. 15 (№ 3). – С. 23–34.
4. *Григорьев, Л. М.* Норма накопления и экономический рост: сдвиги после Великой рецессии / Л. М. Григорьев, Е. А. Макарова // Вопросы экономики. – 2019. – № 12. – С. 24–46.

5. *Ерошин, А. А.* Моделирование экономического роста на основе однопродуктовой модели с учетом поведенческих факторов / А. А. Ерошин // Экономич. наука современной России. – 2021. – № 2 (93). – С. 26–39.
6. *Solow, R. A.* Contribution to the Theory of Economic Growth / R. A. Solow // Quarterly J. of Economics. – 1956. – Vol. 70. – P. 65–94.
7. *Aghion, Ph.* Appropriate growth policy: A unifying framework / Ph. Aghion, P. Howitt // J. of the European Economic Association. – 2006. – Vol. 4, № 2–3. – P. 269–314.
8. *Поддубная, О. Н.* Процессно-системный подход в исследовании социально-экономических систем: от концепций к моделям / О. Н. Поддубная // Белорусский экономический журнал. – 2021. – № 3. – С. 70–82.