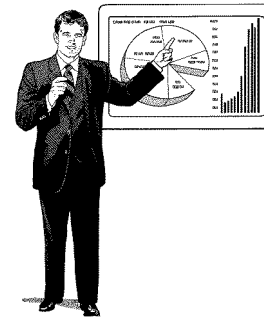


АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ



О. Н. ПОДДУБНАЯ

МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ИНВЕСТИЦИОННОГО ЦИКЛА ОДНОСЕКТОРНОЙ ЭКОНОМИКИ

В статье автор развивает ключевые подходы процессно-системной методологии для описания быстро-медленной регулируемой и управляемой динамики производственно-инвестиционного цикла односекторной модели экономики. Разные механизмы и логика взаимодействия двух основных потоков цикла (валового выпуска и внутренних инвестиций) на разных временных интервалах (коротких и длинных) приводят к идее об изучении и моделировании быстрого и медленного накопления капитала, которые в работе представлены системой дифференциального и алгебраического уравнений с запаздыванием. Дифференциальное уравнение описывает динамику валового выпуска с целью быстрого накопления капитала в производственном цикле односекторной экономики в рамках действующей технологической структуры системы за счет быстрой активации резервных мощностей, привлечения незанятой рабочей силы, а также различных механизмов расширенного производства. Алгебраическое уравнение определяет динамику внутренних инвестиций с целью медленного накопления капитала для структурных технологических сдвигов системы в будущих периодах.

Ключевые слова: макроэкономическая динамика; производственный цикл; быстрая динамика накопления капитала; инвестиционный цикл; медленная динамика накопления капитала; динамический индикатор роста внутренних инвестиций; система дифференциально-алгебраических уравнений.

УДК 330.32(42)

Развитие современной макроэкономической динамики происходит в магистральном русле теории экономического роста, в котором можно выделить несколько основных этапов, связанных с фокусировкой на тех или иных подходах, акцентирующих различные детерминанты роста, которые формируют ядро большого количества модельных конструкций [1]. Среди наиболее изученных источников роста выделяют накопление физического капитала, человеческий капитал и обучение, НИОКР и инновации. Следует отметить, что, начиная с 1950-х гг., параллельно с теорией экономического роста стало формироваться такое направление, как экономика развития, основу которого составляли идеи, выработанные классической политэкономией. Его ключевой

Олеся Николаевна ПОДДУБНАЯ (poddubnaia.o@bseu.by), кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь).

особенностью стало выявление факторов, препятствующих экономическому росту развивающихся стран с учетом их институциональной специфики.

Экономический рост можно определить как динамический совокупный показатель, характеризующий состояние экономики страны в целом во временном аспекте, который присутствует во всех современных моделях макроэкономической динамики. С точки зрения фундаментальной науки мерой экономического роста служит темп прироста реального ВВП, а экономическое развитие оценивают по ВВП на душу населения по паритету покупательной способности. На изменения ВВП влияют многие экономические процессы, основным среди которых является инвестиционный, поскольку именно он запускает механизм экономического роста. Несмотря на то что взаимосвязь между инвестициями и экономическим ростом изучена достаточно хорошо и представлена в работах таких авторов, как Дж. М. Кейнс, У. Шарп, П. Самуэльсон и многих других, данное направление остается до сих пор одним из самых дискуссионных в теории и практике макроэкономических исследований. В рамках процессно-системной методологии изучению взаимозависимостей потоков валового выпуска и инвестиций, как внутренних (отечественного происхождения), так и внешних (иностранного), посвящена данная статья.

Со времен А. Смита, Д. Рикардо, Ж.-Б. Сея, К. Маркса с развитием общества и экономических отношений в условиях интеллектуализации производства произошло переосмысление понятия «капитал» в пользу более широкой его трактовки (в 60-е гг. XX в. возникла концепция человеческого капитала, а в 90-е — интеллектуального капитала). Однако динамическая суть базовой категории постиндустриального общества в любой ее интерпретации, выраженная в словах «капитал есть движение, процесс кругооборота, проходящий различные стадии...» [2, с. 121], раскрывающих его фундаментальные свойства самовозрастания и самовоспроизводства, не подвергается сомнению. В современной практике и теории многие ученые отмечают синергетический эффект сложной структуры капитала в обеспечении экономического роста. Наряду с модернизацией фундаментальных уравнений динамики капитала неоклассического направления экономической теории требуется и разработка новых подходов к изучению данного феномена.

Следует отметить, что мы понимаем термин «капитал» в широком смысле, т. е. подразумеваем не только физический (во всех формах), но и человеческий капитал, которые используются совместно в производстве, что в концептуальном плане позволяет отнести предлагаемую в работе модель к классу так называемых АК-моделей Узавы — Лукаса [3] и их последователей. На основе данных моделей делалась попытка объяснения экономического роста без предпосылки об экзогенно задаваемых темпах роста технологического прогресса.

В экономической теории факторный анализ — одна из ключевых качественной и количественной методологий, в основе которой лежит комплексное и систематическое наблюдение и измерение влияния определенных факторов на результативный показатель с использованием детерминированных или стохастических моделей. Под факторами экономического роста понимают явления, определяющие возможности увеличения реального объема производства, повышения его эффективности и качества. Для изучения стационарных свойств социально-экономических систем активно используется такой инструмент прямого детерминированного факторного анализа, как производственная функция, которая описывает взаимосвязь факторов в определенные промежутки времени. Большинство моделей экономического роста были построены на основе производственных функций и их модификаций.

Для математической формализации экономической динамики в общем (и динамики капитала в частности) более естественным представляется исполь-

зование процессно-системного подхода, в рамках которого рассматривается взаимосвязь не стационарных факторов, а развивающихся во времени процессов. Данный подход трактует социально-экономическую систему на любом уровне иерархии как динамическую систему, модель которой в общем виде определяется совокупностью [4, с. 77]:

- 1) пространство состояний X , образующее полное метрическое пространство; пространство начальных состояний $X_0 \subset X$;
- 2) множество моментов времени T ; начальный горизонт $T_0 \subset T$;
- 3) оператор эволюции E_t (некоторое отображение $X \rightarrow X$), который каждому состоянию $x_0 \in X$ в начальный момент времени $t_0 \in T$ ($x_0 = x(t_0)$) однозначно ставит в соответствие некоторое состояние $x(t) \in X$ в любой другой момент времени $t \in T$, т. е. $x(t) = E_t x(t_0)$.

Среднесрочное и долгосрочное прогнозирование динамики на макроуровне ориентировано прежде всего на определение структурных технологических сдвигов в экономике, в связи с чем предполагает при конструктивной идентификации оператора эволюции учитывать три основных принципа динамической сложности [4, с. 78]:

а) любые социально-экономические трансформации не происходят моментно (им предшествует достаточно длительный подготовительный этап), поэтому логика их моделирования требует выделять как «быстрые», так и «медленные» переменные, описывающие процессы, которые протекают в разных масштабах времени (динамика «быстрых» процессов описывается мгновенными скоростями, а «медленных» — средними скоростями);

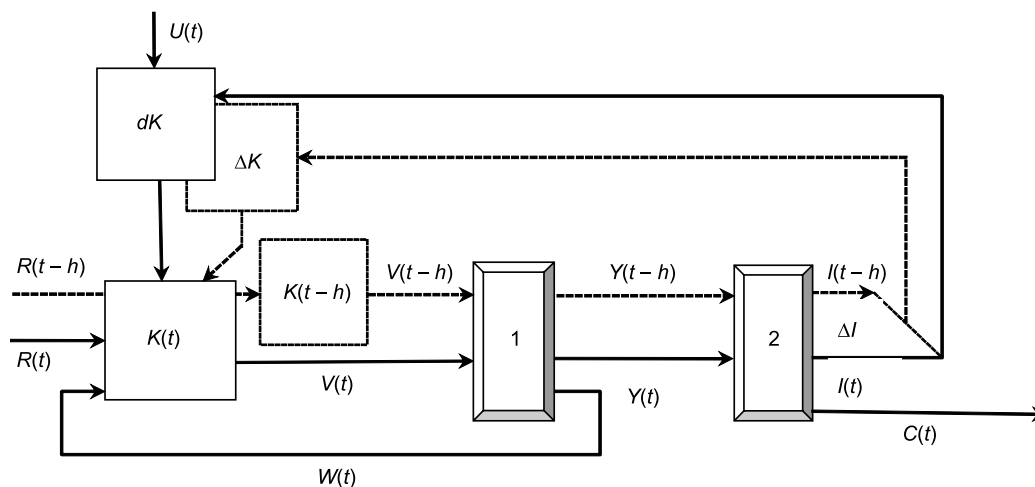
б) экономическая инерционность и историческая память предполагает наличие временных лагов в модельных переменных, поскольку состояние системы в будущие моменты времени зависит не только от текущего состояния, но и от всей предыстории ее развития;

в) экономическая динамика, особенно в переходных условиях, должна быть управляемой, т. е. в ее моделях следует формализовать механизмы целенаправленного достижения заданных или близких к ним состояний системы.

Ядром методологии процессно-системного подхода является «кибернетическое представление», согласно которому некоторую сложную систему (техническую, биологическую, социально-экономическую) анализируют с точки зрения триады «вход» — «управление» — «выход». Будем считать, что на «вход» экономической системы поступают производственные ресурсы $R(t)$, а выходом является непроизводственное (конечное) потребление $C(t)$, очевидно являющееся лишь долей произведенного системой валового продукта $V(t)$. Для упрощения считаем, что остальная часть расходуется на так называемое производственное потребление. Внешняя среда проявляет свое воздействие на процесс производства через институты, в том числе через разнообразные регулятивные механизмы и инструменты управления $U(t)$.

Рассмотрим процессы производства и распределения в рамках односекторной модели, полагая, что обмен и потребление являются частью распределения (см. рисунок).

На рисунке сплошным контуром изображен производственный цикл, целью и результатом которого является быстрое изменение капитала, а курсивным контуром иллюстрируется инвестиционный цикл, приводящий к медленному накоплению капитала. Приросты капитала обозначены символами dK (быстрый прирост) и ΔK (медленный прирост), накопленные за разные периоды: первый — за короткий период $\Delta t = dt$, а второй — за длинный период $\Delta t = h$.



Быстрый производственный и медленный инвестиционный циклы
односекторной модели экономики

Рассмотрим формирование и распределение потоков для каждого цикла. Начнем описание с производственного цикла. Блок $K(t)$ иллюстрирует основной и оборотный капиталы, которые необходимы для процесса производства продукта. В соответствии с методом распределения дохода в блоках 1 и 2 разделяются товарный и финансовый потоки. Если в распределяющих органах нет потерь, то для каждого блока распределения должны выполняться соотношения динамического баланса. В блоке 1 происходит разделение валового продукта $V(t)$ на производственное потребление $W(t)$, включая амортизацию для поддержания простого воспроизводства, и конечный продукт $Y(t)$, поэтому уравнение баланса для блока 1 имеет следующий вид:

$$V(t) = Y(t) + W(t). \quad (1)$$

В блоке 2 происходит разделение конечного продукта $Y(t)$ на часть так называемого конечного потребления $C(t)$ и часть, которая вернется в производство в виде инвестиций $I(t)$. Следует отметить, что блок 2 кроме указанных двух выходов имеет еще два: государственные расходы и чистый экспорт (превышение экспорта над импортом), однако в предлагаемой методике они агрегированы с частью конечного продукта, которая потребляется населением, и обозначена $C(t)$. Уравнение баланса для блока 2 имеет вид:

$$Y(t) = I(t) + C(t). \quad (2)$$

На рисунке и в формуле (2) рассматриваются чистые инвестиции $I(t)$, т. е. валовые инвестиции за вычетом амортизационных отчислений, которые учтены в производственном потреблении $W(t)$. Чистые инвестиции возвращаются в производственную систему в форме прироста капитала dK , который определяет потенциальный объем производства в будущих периодах.

Изображенные на рисунке обратные связи отражают эндогенный характер потоков системы, возвращающихся обратно в производство.

Гипотеза «текущий спрос определяет будущее предложение» корректирует соотношение (2), которое примет вид:

$$Y(t + \Delta t) = I(t) + C(t). \quad (3)$$

Для блоков 1 и 2 введем коэффициенты распределения: a — норма производственного потребления; b — норма производственного накопления. Тогда имеем:

$$Y(t) = (1-a)V(t), 0 < a < 1. \quad (4)$$

$$I(t) = bY(t), 0 < b < 1. \quad (5)$$

Подставляя (4) в (3), получаем конечно-разностное уравнение для дискретного времени:

$$Y(t + \Delta t) - Y(t) = (1-a)\Delta V(t) = I(t) + b(a-1)V(t). \quad (6)$$

Для макроэкономической динамики практически любой процесс неизбежно является результатом агрегирования и осреднения, и предположение об эволюторном изменении валового продукта без скачков и изломов в достаточной мере соответствует действительности. Таким образом, в рамках процессного подхода $V(t)$ является дифференцируемой функцией, и переходя к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$, уравнение (6) можно представить в непрерывном времени:

$$\frac{dV(t)}{dt} = \frac{1}{1-a}I(t) - bV(t).$$

Будем считать, что в конечном счете формирование потока конечного или непроизводственного потребления («выход» системы) обусловлено не только потоками валового продукта и производственного накопления («вход»), а также управляющим воздействием. В представленной нами модели производственно-инвестиционного цикла односекторной экономики предлагается наряду с национальными инвестициями $I(t)$, которые являются очевидно эндогенным потоком, рассматривать в качестве инструмента управления приростом основного капитала экзогенный поток чистых зарубежных инвестиций $U(t)$, которые составляют разницу между величиной, вкладываемой в иностранные активы отечественными инвесторами, и величиной внутренних активов, приобретаемых иностранными инвесторами. В зарубежной литературе данный показатель встречается под аббревиатурой *NFI (Net Foreign Investment)* [5]. С учетом этого последнее уравнение примет вид:

$$\frac{dV(t)}{dt} = \frac{1}{1-a}I(t) - bV(t) + U(t). \quad (7)$$

Очевидно, что для модели закрытой экономики $U(t) \equiv 0$.

Уравнение (7) описывает динамику валового выпуска с целью быстрого накопления капитала в производственном цикле односекторной экономики в рамках действующей технологической структуры системы за счет быстрой активации резервных мощностей, привлечения незанятой рабочей силы, а также различных механизмов расширенного воспроизводства.

Обратимся к потокам инвестиционного цикла, которые определяют медленную динамику накопления капитала. Зависимость динамики национальных инвестиций $I(t)$ от валового выпуска продукта $V(t)$ предлагается формализовать исходя из гипотезы о том, что прирост внутренних инвестиций ΔI в экономику за определенный долгосрочный период (освоенные инвестиции за период h) пропорционален объему валового выпуска продукции в текущем году:

$$I(t) - I(t-h) = k_h V(t), \quad t \geq h, \quad h = \text{const.}$$

Для обоснования последнего уравнения введем динамический индикатор роста внутренних инвестиций:

$$MI_t^h = \frac{I(t) - I(t-h)}{I(t)} = 1 - \frac{I(t-h)}{I(t)}, \quad (8)$$

который в дальнейшем будем называть приведенным ростом внутренних инвестиций (валового накопления) за временной промежуток $[t-h; t]$. Данный индикатор показывает, какую долю во внутренних инвестициях периода t составил их абсолютный прирост за период h , и, по сути, является темпом прироста медленных инвестиций в обратном времени. Предлагаемая интерпретация темпа прироста внутренних инвестиций, когда абсолютное изменение показателя относят к величине самого показателя не в момент времени в прошлом (базовый период), а в настоящий момент времени, обоснована 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 структурных технологических сдвигов данной формации в будущем.

Выражая из уравнения (8) абсолютный прирост инвестиций за период h , учитывая формулы (4), (5), имеем:

$$I(t) - I(t-h) = MI_t^h b(1-a)V(t).$$

Полагая в последнем равенстве $m_h = \frac{k_h}{h} = \frac{MI_t^h b(1-a)}{h}$, получаем уравнение:

$$\frac{I(t) - I(t-h)}{h} = m_h V(t). \quad (9)$$

Уравнение (9) описывает динамику внутренних инвестиций с целью медленного накопления капитала в модели односекторной экономики. Медленный инвестиционный цикл формирует потенциал в виде ΔK для структурных технологических сдвигов системы в будущих периодах.

Таким образом, быстро-медленную регулируемую и управляемую динамику процессов производственно-инвестиционного цикла односекторной модели экономики предлагается описывать системой дифференциально-алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dV(t)}{dt} = \frac{1}{1-a} I(t) - bV(t) + U(t), & t > h, \\ \frac{I(t) - I(t-h)}{h} = m_h V(t), & t \geq h. \end{cases} \quad (10)$$

Отметим, что для производственно-инвестиционного цикла первое уравнение системы (10) описывает быструю динамику валового выпуска (сплошной контур на рисунке), отражая зависимость мгновенной скорости валового выпуска от национальных и иностранных инвестиций, а второе уравнение (10) характеризует медленную динамику национальных инвестиций (курсивный контур на рисунке), формализуя зависимость средней скорости инвестиций от валового выпуска.

Для моделирования динамики инвестиций $I(t)$ и валового выпуска продукта $V(t)$ с помощью дифференциально-алгебраической системы (10) необходимо задать начальные условия: $V(h) = V_h$, $I(\tau) = \psi(\tau)$, $\tau \in [0, h)$. Коэффициент зависимости m_h характеризует структурный технологический сдвиг в экономике, происходящий в момент t , но потенциал для которого закладывался и накапливался за период $[t-h; t]$.

В практике таких международных финансовых организаций, как Всемирный банк и МВФ, при определении помощи развивающимся странам оценивается прямая зависимость темпа роста ВВП от доли инвестиционных расходов в ВВП. Данный результат является следствием анализа моделей экономического роста, ориентированных на краткосрочное прогнозирование, или обсуждаемой авторской методики быстрой динамики в рамках неизменной технологической структуры системы. Оценка медленной макроэкономической динамики, связанной со структурными технологическими сдвигами социально-экономической системы, позволит скорректировать политику внутренних и внешних институтов в среднесрочной и долгосрочной перспективе. В обсуждаемой модели присутствует три макроэкономических параметра, два из которых известны и хорошо изучены (норма производственного накопления и потребления), и один новый — динамический индикатор роста внутренних инвестиций, требующий более тщательного изучения и апробации на реальных данных. Этому вопросу будут посвящены будущие исследования автора.

Литература и электронные публикации в Интернете

1. Курзнев, В. Экономический рост / В. Курзнев, В. Матвеевко. — СПб. : Питер, 2018. — 608 с.
Kurznev, V. Jekonomicheskij rost [The economic growth] / V. Kurznev, V. Matveenko. — SPb. : Piter, 2018. — 608 p.
2. Маркс, К. Сочинения : в 50 т. / К. Маркс, Ф. Энгельс. — 2-е изд. — М. : Государственное изд-во полит. лит., 1955—1981. — Т. 24. — 1961. — 648 с.
Marks, K. Sochinenija [Collected Works] : v 50 t. / K. Marks, F. Jengel's. — 2-e izd. — M. : Gosudarstvennoe izd-vo polit. lit., 1955—1981. — T. 24. — 1961. — 648 p.
3. Lucas, R. On the Mechanics of Economic Development / R. Lucas // Journal of Monetary Economics. — 1988. — Vol. 22. — P. 3—42.
4. Поддубная, О. Н. Процессно-системный подход в исследовании социально-экономических систем: от концепций к моделям / О. Н. Поддубная // Белорус. экон. журн. — 2021. — № 3. — С. 70—82.
Poddubnaja, O. N. Processno-sistemnyj podhod v issledovanii social'no-jekonomicheskikh sistem: ot koncepcij k modeljam [Process-system approach in studying socio-economic systems: from concepts to models] / O. N. Poddubnaja // Belorus. jekon. zhurn. — 2021. — N 3. — P. 70—82.
5. Branson, W. Macroeconomic Theory and Policy / W. Branson. — New York : Harper & Row, 1989. — 656 p.

OLESIA PODDUBNAIA

A MODEL OF THE PRODUCTION AND INVESTMENT CYCLE OF A ONE-SECTOR ECONOMY

Author affiliation. Olesia PODDUBNAIA (poddubnaia.o@bseu.by), Belarus State Economic University (Minsk, Belarus).

Abstract. The author develops key approaches of the process-system methodology for describing the fast-slow regulated and controlled dynamics of the production and

investment cycle of a one-sector model of the economy. Different mechanisms and logic of interaction between the two main streams of the cycle (gross output and domestic investment) at different time intervals (short and long) lead to the idea of studying and modeling fast and slow capital accumulation, which are described in the work by a system of differential and algebraic equations with delay. The differential equation describes the dynamics of gross output with the aim of fast accumulation of capital in the production cycle of a one-sector economy within the framework of the current technological structure of the system due to the rapid activation of reserve capacities, the attraction of unemployed labor force, as well as various mechanisms of expanded production. The algebraic equation describes the dynamics of domestic investment with the aim of slowly accumulating capital for structural technological shifts in the system in future periods.

Keywords: macroeconomic dynamics; production cycle; fast dynamics of capital accumulation; investment cycle; slow dynamics of capital accumulation; dynamic indicator of domestic investment growth; system of differential-algebraic equations.

UDC 330.32(42)

*Статья поступила
в редакцию 07. 07. 2022 г.*

И. В. ДЕНИСЕЙКО

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ РЫНКА ПРОДУКТОВ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В статье исследуются состояние и экономика соотношения между спросом и предложением на рынке продуктов детского питания. Анализируется влияние набора факторов на предпочтения потребителей к белорусским и импортным торговым маркам детского питания. Исследованы вопросы продвижения продукции.

Ключевые слова: товарный рынок; спрос; предложение; конкуренция; экономико-математические модели; платежеспособный спрос; продвижение продукции.

УДК 339.166.82:641.562:330.4(476)

Введение. Производимые предприятиями пищевой промышленности продукты детского питания (ПДП) являются социально значимыми. Потребительское отношение к данным продуктам обусловлено психологическим фактором, в соответствии с которым независимо от стоимости потребители будут покупать, по их мнению, наиболее качественные товары. Основными потребителями продуктов детского питания являются дети раннего возраста (до трех лет), поэтому покупатели на данном рынке обновляются с периодичностью примерно в 3 года. В последнее время рынок сильно вырос в части предложения ПДП и увеличения их ассортиментного разнообразия.

Ирина Валерьевна ДЕНИСЕЙКО (Iryna-x@yandex.ru), ассистент кафедры математических методов в экономике Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь).