

## ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

**Мабиала Ж.** – к.э.н., доцент

**Макуха Г.В.** – ассистент

ЮФ НУБиП Украины «Крымский агротехнологический университет»

*В статье излагается сущность и основные свойства параметрического регулирования национальной экономики. В ней предлагаются составляющие элементы теории параметрического моделирования макроэкономических процессов; методы исследования структурной устойчивости; методы разработки законов параметрического регулирования; методы нахождения параметров задач вариационного исчисления и др. В статье дан пример параметрической интерпретации макроэкономических показателей Украины на ряд лет на базе рассматриваемой теории.*

**Ключевые слова:** экономическая система, математическая модель, структурная устойчивость, макроэкономические показатели, параметрическое регулирование, национальная экономика.

**Постановка проблемы.** Оценка перспектив развития системы национальной экономики связана с большим количеством расчетов как на макроуровне, так и на мезо-уровне, а также на уровне отдельных региональных, отраслевых комплексов, что усложняет процесс оценки результатов макроэкономической деятельности и системы показателей ее динамики. Комплексный подход к решению задач макроэкономического прогнозирования предопределяет необходимость разработки сложного по своей структуре математического аппарата и инструментария – системы макроэкономических моделей и расчетов, которых предлагаются для использования учеными-экономистами современных экономических школ. Наличие инструментария параметрического регулирования макроэкономических процессов - необходимое условие для разработки стратегии долгосрочного развития и перспективной стабилизации системы национального хозяйства и деятельности ее агентов. Поэтому по нашему мнению, без применения моделей тождества и макроэкономических равновесий согласование различных параметров комплексного регулирования становится практически невозможным. В связи с этим основной вопрос состоит в том, что должен представлять собой такой параметрический инструментарий и какова его роль в разработке перспективной национальной политики.

**Постановка задания.** Проблематика параметрического

регулирования макроэкономических процессов, отражающих развитие национальной экономики становится весьма актуальной, и в условиях глобализации и унификации национальных экономик, формирование нового подхода к анализу динамики макроэкономических показателей является весьма важной проблемой. Многие ученые макроэкономисты, посвятившие, в своих исследованиях, проблемы современного системного кризиса и тенденции утрат потенциала развития стран на ближайшую перспективу, отмечают возникшую необходимость разработки методологии макроэкономической оценки, инструментального обеспечения макроэкономических моделей (прогнозов). Как отмечает А.Г. Коровкин [10] и как показывает опыт, по данным вопросам не существует готовых решений. Попытки копирования зарубежного опыта, как правило, не приводят к положительным результатам.

**Анализ публикации работ по теме исследования.** Необходимость макроэкономического анализа и параметрического регулирования макроэкономической политики остро обозначена глобальным системным кризисом последних 10–20 лет. Важным направлением макроэкономического анализа и оценки эффективной политики государства в сфере регулирования развития национальной экономики является использование математических моделей национального хозяйства [2]. Весомый вклад в развитие теоретических основ моделирования макроэкономических процессов и регулирование макроэкономической деятельности внесли Дж.М. Кейнс и ученые кейнсианской [8] и некейнсианской [8] школ, многие американские и западноевропейские экономисты такие как В.В. Леонтьев [9], Фишер С. [6] и др. В последнее время появилось многие труды российских ученых, посвященные проблемам макроэкономического прогнозирования и макроэкономического анализа [10]. Что касается исследуемой нами проблемы, то необходимо подчеркнуть труды российских ученых модернистских школ макроэкономических исследований, таких как А.А. Ашимова, Ю.В. Боровского, Б.Т. Султанова [4] и др., которые опубликовали ряд работ по теме макроэкономического регулирование национальной экономики [1]. Отдельные работы, опубликованные украинскими учеными [7], отражают лишь теоретические аспекты государственного регулирование экономики и сужает спектр украинского опыта в деле макроэкономического моделирования и прогнозирования.

В своих работах, авторы сформулировали проблемные вопросы, касающиеся данной тематики и своими ранее сделанными публикациями углубляли математические основы исследования экономических процессов.

**Результаты исследования.** Как и любые макроэкономические модели, модели параметрического регулирование макроэкономических процессов представляют собой абстрактное, упрощенное выражение реальных процессов в форме математических тождеств или графиков. Ряд допущений, которые есть в каждой из них, изначально разграничивает результат от реальных процессов, но тем ни менее дает возможность

проанализировать макроэкономические показатели и закономерности макроэкономических явлений.

Коллектив макроэкономистов в главе с А.А. Ашимовым [1] отмечает, что в математической экономике предлагается сценарный подход для оценки возможной стратегии развития экономической системы с помощью проигрывания различных вариантов сценариев на базе выбранной математической модели с использованием различных наборов экономических параметров и анализа полученных соответствующих решений [4]. Поэтому, необходимо отразить на практике научные положения параметрического регулирования оценки развития национальной экономики с учетом требований оптимальности эволюции экономических систем и рекомендации по выработке, осуществлению эффективной государственной экономической политики.

Возможная внутренняя нестабильность экономической системы и длительность ее естественного приспособления к различного рода шокам, сопровождающегося нежелательными социальными последствиями, обуславливают активную экономическую политику государства на базе адекватных макроэкономических инструментов [2, 3].

Важным направлением развития макроэкономической теории, содержащей инструменты анализа и оценки эффективности государственной политики, является использование адекватных математических моделей национальной экономики. При этом представляются некоторые интересные результаты по разработке элементов теории параметрического регулирования национальной экономики на базе ее математических моделей, предназначенных для анализа и оценки эффектов альтернативных «политических правил» в различных сферах государственной экономической политики.

Теория параметрического регулирования [4, 5] разработана на базе следующих классов математических моделей, к которым могут быть приведены описания экономической системы страны: нелинейные системы обыкновенных дифференциальных уравнений; уравнения дискретных динамических систем; дискретные динамические стохастические системы.

Рассматриваемые нами компоненты теории параметрического регулирования содержат два направления. Во-первых [11]:

– решение непрерывной или дискретной динамической системы (которая может содержать как векторы управляемых параметров – инструментов государственной политики ( $u$ ), так и векторы неуправляемых параметров ( $a$ )) зависит от векторов начальных условий и параметров этой системы;

– для того, чтобы по результатам исследований динамической системы судить об описываемом ею объекте, необходимо наличие свойства структурной устойчивости (или грубости) этой системы;

– а также необходимость выполнения условий устойчивости макроэкономической модели при малых возмущениях исходных

статистических данных для параметрической идентификации модели предложен следующий состав теории параметрического регулирования.

Во-вторых [11]:

1) Методы формирования набора макроэкономических моделей национальной экономики. Эти математические модели ориентированы на описание различных конкретных социально-экономических ситуаций.

2) Методы оценки показателей устойчивости и условий структурной устойчивости математических моделей экономической системы страны из библиотеки без параметрического регулирования.

3) Методы контролирования или подавления структурной неустойчивости математических моделей экономической системы. Синтез алгоритмов контролирования или подавления структурной неустойчивости соответствующей математической модели экономической системы страны.

4) Методы выбора и синтеза законов параметрического регулирования развития национальной экономики на базе математических моделей экономической системы страны.

5) Методы оценки показателей устойчивости и условий структурной устойчивости, математических моделей экономической системы страны из набора с параметрическим регулированием.

6) Методы уточнения ограничений на параметрическое регулирование развития рыночной экономики в случае структурной неустойчивости математических моделей экономики с параметрическим регулированием и уточнение ограничений на параметрическое регулирование ее развития.

7) Методы исследования влияний изменения неуправляемых параметров на результаты решения задач вариационного исчисления синтезу и выбору законов параметрического регулирования.

8) Подход выбора рекомендаций по оценке политических правил в рамках применения соответствующих экономических инструментов регулирования национальной экономики на основе анализа зависимостей оптимальных значений критериев соответствующих задач параметрического регулирования от значений неуправляемых факторов.

Исходя из вышеизложенного, можно говорить об эффективности теории параметрического регулирования экономических процессов, которая проиллюстрирована на примерах, среди которых:

- математическая модель теории оптимального роста,
- математическая модель экономической системы страны с учетом влияния доли государственных расходов и ставки процента по государственным займам на экономический рост,
- вычислимая модель общего равновесия отраслей экономики,
- математическая модель глобальной экономики Форрестера, а также вычислимые модели общего равновесия,
- динамические стохастические модели общего равновесия и
- математические модели конъюнктурных циклов.

Эффективность предложенной теории будет проиллюстрирована в

рамках настоящего сообщения и в последующих докладах.

На основании исследований А.А. Ашимова [1, 4] предложены теоретические основы параметрического регулирования развития национальной экономики, состоящие из следующих компонентов:

1) методы формирования набора макроэкономических математических моделей, которые ориентированы на решение конкретных социально-экономических проблем;

2) методы контролирования или подавления структурной неустойчивости математических моделей экономической системы. Синтез алгоритмов контролирования или подавления структурной неустойчивости соответствующей математической модели экономической системы страны;

3) методы выбора и синтеза законов параметрического регулирования развития национальной экономики на базе моделей экономической системы;

4) методы оценки условий структурной устойчивости, математических моделей национальной экономики с параметрическим регулированием. При этом проверяются условия принадлежности рассматриваемых моделей с параметрическим регулированием к классу систем Морса-Смейла или к  $\Omega$ -грубым системам или к системам равномерной грубости или к классу  $U$ -систем или к классу систем со слабой структурной устойчивостью;

5) методы уточнения ограничений на регулирование развития рыночной экономики в случае структурной неустойчивости математических моделей экономической системы страны с параметрическим регулированием. Уточнение ограничений на параметрическое регулирование экономики;

6) методы исследования и дискретного вариационного исчисления по выбору оптимальных законов параметрического регулирования;

7) Разработка рекомендаций по выработке и осуществлению эффективной экономической политики на базе теории параметрического регулирования развития национального хозяйства.

Математическая модель экономической системы страны с учетом влияния доли государственных расходов и ставки процента по государственным займам на экономический рост предложена в [3]. Модель описывается следующей системой из 5 дифференциальных и 12 алгебраических уравнений, содержащих 17 эндогенных переменных и 15 экзогенных параметров.

$$\frac{dM}{dt} = \frac{\Phi^I}{pb} - \mu M, \quad (1)$$

$$\frac{dQ}{dt} = Mf - \frac{\Phi}{p}, \quad (2)$$

$$\frac{dL^G}{dt} = r_G L^G + \Phi^G - n_p \Phi - n_L s R^L - n_o (d^P + d^B), \quad (3)$$

$$\frac{dp}{dt} = -\alpha \frac{Q}{M} p, \quad (4)$$

$$\frac{ds}{dt} = \frac{s}{\Delta} \max \left\{ 0, \frac{R^d - R^s}{R^s} \right\}, R^L = \min \{ R^d, R^s \}, \quad (5)$$

$$L^p = \frac{1-\xi}{\xi} L^G, \quad (6)$$

$$d^p = \frac{1-\xi}{\xi} \beta r_2 L^G, \quad (7)$$

$$d^B = \beta r_2 L^G, \quad (8)$$

$$x = \frac{\nu}{1-\delta} \left( 1 - \left( \frac{s\nu}{p} \right)^{\frac{1-\delta}{\delta}} \right), \quad (9)$$

$$R^d = Mx, \quad (10)$$

$$f = 1 - \left( 1 - \frac{1-\delta}{\nu} x \right)^{\frac{1}{1-\delta}}, \quad (11)$$

$$\Phi^0 = \eta_0 p M f, \quad (12)$$

$$\Phi^G = \pi p M f, \quad (13)$$

$$\Phi^L = (1 - n_L) s R^d, \quad (14)$$

$$\Phi^I = \frac{1-\xi}{\xi + (1-\xi)n_p} \left\{ (1 - n_p) \Phi^G - [n_0 (d^B + d^p) + n_p \Phi^0] - [n_L - (1 - n_L)n_p] s R^L \right\} + (\mu^* + r_G) L^p, \quad (15)$$

$$\Phi = \Phi^0 + \Phi^G + \Phi^L + \Phi^I, \quad (16)$$

$$R^s = P_0^A \exp(\lambda_p t) \frac{1}{1 + \nu \omega}, \quad \omega = \frac{\Phi^L}{p P_0 \exp(\lambda_p t)}. \quad (17)$$

Где:  $M$  – суммарная производственная мощность;  $Q$  – общий запас товаров на рынке относительно некоторого состояния равновесия;  $L^G$  – общий объем государственного долга;  $p$  – уровень цен;  $s$  – ставка заработной платы;  $L^p$  – объем задолженности производства;  $d^p$  и  $d^B$  – соответственно предпринимательские и банковские дивиденды;  $R^d$  и  $R^s$  – соответственно спрос и предложение рабочей силы;  $\delta$ ,  $\nu$  – параметры функции  $f(x)$ ,  $x$  – решение уравнения  $f' x = s/p$ ;  $\Phi^L$  и  $\Phi^O$  – соответственно потребительские расходы трудящихся и собственников;  $\Phi^I$  – поток инвестиций;  $\Phi^G$  – потребительские расходы государства;  $\xi$  – норма резервирования;  $\beta$  – отношение средней нормы прибыли от коммерческой деятельности к норме прибыли рантье;  $r_2$  – ставка процента по депозитам;  $r_G$  – ставка процента по облигациям государственных займов;  $\eta_0$  – коэффициент склонности собственников к потреблению;  $\pi$  – доля потребительских расходов государства от внутреннего валового продукта;  $n_p$ ,  $n_0$ ,  $n_L$  – соответственно ставки налогов на поток платежей, дивиденды и доход трудящихся;  $b$  – норма фондоёмкости единицы мощности;  $\mu$  – коэффициент выбытия единицы мощности вследствие деградации;  $\mu^*$  – норма амортизации;  $\alpha$  – постоянная времени;  $\Delta$  – постоянная времени, задающая характерный временной масштаб процесса релаксации заработной платы;  $P_0$ ,  $P_0^A$  – соответственно начальные значения численности трудящихся и общей

численности трудоспособных;  $\lambda_p > 0$  – заданный темп демографического роста;  $\omega$  – душевое потребление в группе трудящихся.

Исследование основных показателей деятельности системы национальной экономики Украины на протяжении 18 последних лет позволило нам обосновать. Результаты численного решения задачи параметрического регулирования состоят в исследовании слабой структурной устойчивости математической модели с параметрическим регулированием макроэкономической системы страны. И на основе математической модели оптимальный закон параметрического регулирования  $U_{ij}$  в среде набора алгоритмов, который обеспечил бы максимум критерия  $K$ :

$$K = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} Y(t) dt \quad (18)$$

Где:  $Y$  – валовой внутренний продукт, при ограничениях:

$$|p_{ij}(t) - p^{**}(t)| \leq 0,09 p^{**}(t), \quad (M(t), Q(t), L^G(t), p(t)) \in X,$$

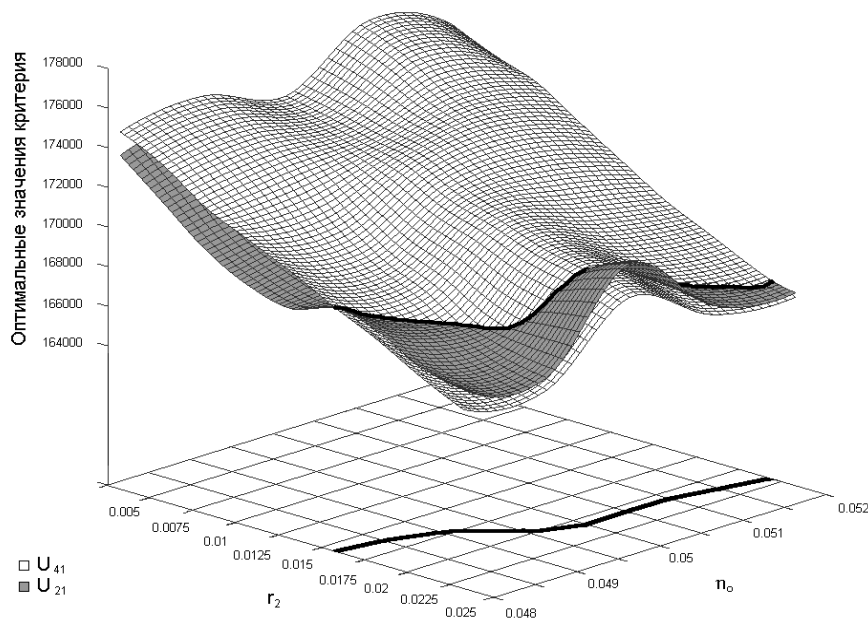
$$0 \leq U_{ij} \leq a_j, \quad i = \overline{1,4}, \quad j = \overline{1,2}, \quad t \in [t_0, t_0 + T].$$

Здесь  $a_j$  – наибольшее значение  $j$ -го параметра,  $p^{**}(t)$  – модельные (расчетные) значения уровня цен без параметрического регулирования,  $p_{ij}(t)$  – величина уровня цен при  $U_{ij}$ -ом законе регулирования,  $X$  – компактное множество допустимых значений указанных переменных.

Результаты решения задачи параметрического регулирования представляет слабую структурную устойчивость модели с параметрическим регулированием на основе выбора оптимального закона дискретного регулирования системы национальной экономики на уровне одного экономического параметра показывают, что наилучший результат  $K = 177662$  может быть получен при использовании следующего закона регулирования.

$$\xi = -0,095 \frac{M(t) - M(t_0)}{M(t_0)} + 0,1136. \quad (19)$$

Заметим, что величина критерия без использования параметрического регулирования равна  $K = 170784$ . Доказано утверждение о том, что при применении найденного закона параметрического регулирования (19) исследуемая модель сохраняет свойство слабой структурной устойчивости в указанном выше (Утверждение 1) компакте  $N$ .



**Рис. 1. Графики зависимостей оптимальных значений критерия от параметров ставки процента по депозитам  $r_2$  и ставки налога на прибыль  $n_0$ . [1]**

Выбор рекомендаций по оценке правил – рекомендуемым правилом на основе анализа полученного графика может быть закон, отвечающий конкретному сочетанию значений неуправляемых параметров  $r_2$  и  $n_0$ , принятому на основе соответствующего анализа и прогноза. Приведенный пример иллюстрирует эффективность данной теории и значение дальнейшего ее применения в целях исследования тенденций макроэкономических процессов.

**Выводы.** В работе предлагается одна из возможных теорий параметрического регулирования развития рыночной экономики, состоящая из методов и результатов: формирования набора макроэкономических математических моделей; оценки условий грубости (структурной устойчивости) математических моделей экономической системы страны; контролирования или подавления структурной неустойчивости математических моделей экономической системы; выбора и синтеза законов параметрического регулирования механизмов рыночной экономики; уточнения ограничений на параметрическое регулирование механизмов рыночной экономики; исследования бифуркаций экстремалей задач вариационного исчисления по выбору оптимальных законов параметрического регулирования; эконометрического анализа, политэкономической интерпретация и согласования с предпочтениями лиц (принимающих решение) результатов аналитических исследований и вычислительных экспериментов; разработки информационной системы для исследования, имитационного моделирования механизмов рыночной экономики с параметрическим регулированием и разработки рекомендаций по выработке, осуществлению эффективной государственной экономической



политики с учетом конкретных социально-экономических ситуаций.

#### **Список использованных источников:**

1. Ashimov A.A. Macroeconomic Analysis and Economic Policy Based on Parametric Control / A.A. Ashimov, B.T. Sultanov.– New York: Springer, 2012.– 384p.
2. De la Croix D. A theory of economic growth – dynamics and policy in overlapping Generations / De la Croix D., P. Michel.– Cambridge Univ. Press, Cambridge MA, 2002.– 850p.
3. Turnovsky S.J. Methods of Macroeconomic Dynamics / S.J. Turnovsky.– Cambridge: MIT Press, 2000.– 830p.
4. Ашимов А.А. Макроэкономический анализ и параметрическое регулирование национальной экономики / Под ред. А.А. Ашимова, Ю.В. Боровского, Б.Т. Султанова, Ж.М. Адилова, Д.А. Новикова, Р.А. Алшанова, Ас.А. Ашимова.– Москва: Издат Физматлит, 2011.– 324с.
5. Глівенко С. В. Економічне прогнозування / С.В. Глівенко, М.О. Соколов, О.М. Теліженко.– Суми: Університетська книга, 2001.– 207 с.
6. Дорнбуш Г., Фишер С. Макроэкономика / Г. Дорнбуш, С. Фишер.– М.: ИНФРА-М, 1997.– 784с.
7. Историчний аспект зародження державного макроекономічного регулювання / Стеченко Д.М. <http://100rudov.com.ua/manual/ukr/2/33/1240/>.
8. Кейнсианская и некейнсианская концепция экономического развития [http://knowledge.allbest.ru/economy/2c0a65635b2bd68b521216d26\\_0.html](http://knowledge.allbest.ru/economy/2c0a65635b2bd68b521216d26_0.html).
9. Leontief V.V. Essays in economics. Theories, theorizing, facts, and policies. [http://publ.lib.ru/archives/1/leont'ev\\_Vasilij\\_Vasil'evich/\\_Leont'ev\\_V.V..html](http://publ.lib.ru/archives/1/leont'ev_Vasilij_Vasil'evich/_Leont'ev_V.V..html)
10. Макроэкономический анализ и прогнозирование занятости и рынка труда / А.Г. Коровкин, О.В. Ахундова, И.Н. Долгова, И.Б. Королев, Ю.В. Подорванова, А.В. Полежаев.– М.: Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук. [http://www.labourmarket.ru/Pages/conf1/book3\\_html/8\\_K.htm](http://www.labourmarket.ru/Pages/conf1/book3_html/8_K.htm).
11. Новиков Д.А. Макроэкономический анализ и экономическая политика на базе параметрического регулирования . Научная монография // Д.А. Новиков, Р.М. Нижегородцев и др.– М.: Издат физматлит, 2010.– 284с.
12. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики / А.А. Петров, И.Г. Поспелов, А.А. Шананин. – М.: Энергоатомиздат, 1996.– 262с.
13. Стеченко Д.М. Державне регулювання економіки: Навч. посіб. / Д.М. Стеченко.– К.: МАУП, 2000.– 176 с.
14. Сутність макроекономічного регулювання <http://www.student-works.com.ua/referats/ZED/47.html>.
15. Чистов С.М. Державне регулювання економіки: Навч.-метод. Посіб / С.М. Чистов.– К.: КНЕУ, 2002.– 208 с.

**Мабіала Жільберт, Макуха Г.В. Параметричне моделювання макроекономічних показників системи національного господарства.**

У статті викладається сутність і основні властивості параметричного регулювання національної економіки. У ній пропонуються складові елементи теорії параметричного моделювання макроекономічних процесів; методи дослідження структурної стійкості; методи розробки законів параметричного регулювання; методи знаходження параметрів завдань варіаційного обчислення й ін. У статті дано приклад параметричної інтерпретації макроекономічних показників України на ряд років на базі розглянутої теорії.

**Ключові слова:** економічна система, математична модель, структурна стійкість, макроекономічні показники, параметричне регулювання, національна економіка.

**Mabiala Gilbert, G. Makuha Parametric modeling of macroeconomic indicators of the national economy.**

The paper describes the essence and the basic properties of parametric control of the national economy. It proposes the constituent elements of the theory of parametric modeling of macroeconomic processes, and methods of the study of structural stability, the development of methods of parametric control laws, methods of finding the parameters of problems of variational calculus, etc. The article gives an example of Ukrainian macroeconomic indicators parametric interpretation for many years according to this theory.

**Keywords:** economic system, mathematical model, structural stability, macroeconomic performance, parametric regulation, national economy.