

Ашимов А.А.  
Боровский Ю.В.  
Искаков Н.А.  
Султанов Б.Т. и др.

**Элементы теории  
параметрического  
регулирования  
эволюции  
экономической  
системы страны**



МОСКВА  
ФИЗМАТЛИТ ®

УДК 519.86  
ББК 22.1  
Э45

Авторский коллектив:  
Ашимов А.А., Боровский Ю.В., Искаков Н.А.,  
Султанов Б.Т., Ашимов Ас.А.

**Элементы теории параметрического регулирования эволюции экономической системы страны.** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 96 с. — ISBN 978-5-9221-1077-8.

В книге представлены результаты разработки теории параметрического регулирования развития рыночной экономики. Показана эффективность этой теории на примере решения отдельных прикладных задач регулирования эволюции рыночной экономики, описываемой нелинейной системой обыкновенных дифференциальных уравнений.

Для научных работников, аспирантов и студентов старших курсов, интересующихся проблемами управления в социально-экономических системах и прикладной теорией управленческих систем.

ISBN 978-5-9221-1077-8

© ФИЗМАТЛИТ, 2009  
© Коллектив авторов, 2009

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	6
<b>Глава I. Математические модели экономической системы страны и исследование их структурной устойчивости . . .</b>	<b>13</b>
§ 1.1. Математические модели экономической системы . . . . .	13
1.1.1. Математическая модель неоклассической теории оптимального роста . . . . .	13
1.1.2. Математическая модель экономической системы страны с учетом влияния доли государственных расходов и ставки процента по государственным займам на экономический рост . . . . .	14
1.1.3. Математическая модель экономической системы страны с учетом влияния международной торговли и валютных обменов на экономический рост . . . . .	18
§ 1.2. Исследование структурной устойчивости математической модели неоклассической теории оптимального роста . . . . .	21
1.2.1. Исследование структурной устойчивости математической модели неоклассической теории оптимального роста без параметрического регулирования . . . . .	21
1.2.2. Исследование структурной устойчивости математической модели неоклассической теории оптимального роста с учетом параметрического регулирования . . . . .	23
§ 1.3. Исследование структурной устойчивости математической модели экономической системы страны с учетом влияния доли государственных расходов и ставки процента по государственным займам . . . . .	24
1.3.1. Исследование грубости (структурной устойчивости) математической модели без параметрического регулирования . . . . .	24
1.3.2. Исследование структурной устойчивости математической модели экономической системы страны с учетом влияния доли государственных расходов и ставки процента по государственным займам с параметрическим регулированием . . . . .	26
§ 1.4. Исследование структурной устойчивости математической модели экономической системы страны с учетом влияния международной торговли и валютных обменов . . . . .	28

1.4.1. Исследование структурной устойчивости математической модели экономической системы страны с учетом влияния международной торговли и валютных обменов без параметрического регулирования . . . . .	28
1.4.2. Исследование структурной устойчивости математической модели экономической системы страны с учетом влияния международной торговли и валютных обменов с параметрическим регулированием. . . . .	29
<b>Глава II. Подход к выбору оптимальных законов параметрического регулирования развития экономической системы страны и исследование условий существования решения задачи вариационного исчисления по выбору оптимального набора законов параметрического регулирования в среде заданного конечного набора алгоритмов</b>	<b>32</b>
§ 2.1. Постановка задачи вариационного исчисления по выбору оптимального набора законов параметрического регулирования. . . . .	32
§ 2.2. Исследование условий существования решения задачи вариационного исчисления по выбору оптимального набора законов параметрического регулирования . . . . .	34
§ 2.3. Выбор оптимальных законов параметрического регулирования развития рыночной экономики на базе математической модели неоклассической теории оптимального роста . . . . .	35
§ 2.4. Выбор оптимальных законов параметрического регулирования развития рыночной экономики на базе математической модели экономической системы страны с учетом влияния доли государственных расходов и ставки процента по государственным займам . . . . .	37
§ 2.5. Выбор оптимальных законов параметрического регулирования развития рыночной экономики на базе математической модели экономической системы страны с учетом влияния международной торговли и валютных обменов . . . . .	44
§ 2.6. Эвристический алгоритм нахождения набора оптимальных законов при многопараметрическом регулировании . . . . .	52
<b>Глава III. Исследование влияния изменений неуправляемых параметров (параметрических возмущений) на результаты решения задачи вариационного исчисления по выбору оптимального набора законов параметрического регулирования . . . . .</b>	<b>57</b>
§ 3.1. Точка бифуркации экстремалей задачи вариационного исчисления по выбору оптимального набора законов параметрического регулирования и достаточные условия ее существования. . . . .	57

---

§ 3.2. Нахождение точек бифуркации экстремалей задачи вариационного исчисления на базе математической модели неоклассической теории оптимального роста . . . . .	59
§ 3.3. Нахождение точек бифуркации экстремалей задачи вариационного исчисления на базе математической модели экономической системы страны с учетом влияния доли государственных расходов и ставки процента по государственным займам . . . . .	61
§ 3.4. Нахождение точек бифуркации экстремалей задачи вариационного исчисления на базе математической модели экономической системы страны с учетом влияния международной торговли и валютных обменов . . . . .	65
<b>Глава IV. Некоторые прикладные задачи параметрического регулирования эволюций динамических систем . . . . .</b>	<b>68</b>
§ 4.1. Параметрическое регулирование развития рыночной экономики с изменяющимися целями на базе математической модели экономической системы страны с учетом влияния доли государственных расходов и ставки процента по государственным займам . . . . .	68
§ 4.2. Использование параметрического регулирования для выбора стратегии развития экономической системы страны на базе математической модели экономической системы страны с учетом влияния доли государственных расходов и ставки процента по государственным займам . . . . .	74
§ 4.3. Параметрическое регулирование нелинейной динамической системы на примере модели Лоренца . . . . .	78
<b>Глава V. Алгоритм применения теории параметрического регулирования развития рыночной экономики . . . . .</b>	<b>86</b>
Список литературы . . . . .	90

## ВВЕДЕНИЕ

Как известно, государство одну из своих важнейших экономических функций в виде бюджетно-налоговой и денежно-кредитной политики осуществляет путем нормативного установления значений таких экономических параметров, как различные налоговые ставки, государственные расходы, учетная ставка, норма резервирования, кредитная ставка, курсы обмена валют и другие.

В современной политической экономии [9, 12] в рамках Кейнсианской концепции, принципов монетаризма и теории рациональных ожиданий предложены различные достаточно содержательные взгляды на развитие макроэкономических процессов в зависимости от значений того или иного вышеупомянутого экономического параметра (комплекса экономических параметров). Предложены различные концептуальные (вербальные) модели экономического регулирования в контексте некоторой (глобальной, промежуточной или тактической) цели через выбор того или иного экономического параметра (параметров).

Однако в современной экономической теории нет единого и четкого подхода к определению оптимальных значений вышеуказанных параметров — различных налоговых ставок, доли государственных расходов во внутреннем валовом продукте, учетной ставки, валютного курса и др.

На практике масштабы государственного регулирования в сферах бюджетно-налоговой и денежно-кредитной политики, его конкретные формы и методы существенно различаются по странам. Они отражают историю, традиции, тип, другие факторы национальной культуры, масштабы страны, ее геополитическое положение и прочие факторы.

В последние годы ведутся активные исследования динамики экономических параметров и их влияния на эволюцию экономических процессов. Так, [23], эконометрические методы применяются для моделирования динамических рядов и статистического прогнозирования налоговых доходов. В ряде работ [7] для анализа зависимостей между параметрами денежно-кредитной политики (ставка рефинансирования, норма резервирования) и показателями экономического развития (показателями инвестиционной

активности в реальном секторе и др.) также используются эконометрические методы. В [16] на основе предложенной авторами математической модели, после решения задачи параметрической идентификации, исследуется влияние доли государственных расходов во внутреннем валовом продукте и процента по государственным займам на средние доходы трудящихся, средние государственные расходы и на средний внутренний валовой продукт.

В математической экономике также предлагается так называемый 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 соответствующих полученных решений.

Таким образом, в известной литературе и практике отсутствуют научные положения параметрического регулирования развития рыночной экономики с учетом требований оптимальности эволюции экономической системы страны и рекомендации по выработке, осуществлению эффективной государственной экономической политики, разработанные на основе указанных выше научных положений.

Многие динамические системы [10], в том числе экономические системы стран [16, 15], после некоторых преобразований могут быть представлены системами нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений следующего вида:

$$\frac{dx}{dt} = f(x, u, \lambda), \quad x(t_0) = x_0. \quad (1)$$

Здесь  $x = (x^1, x^2, \dots, x^n) \in X \subset R^n$  — вектор состояния системы;  $u = (u^1, u^2, \dots, u^l) \in W \subset R^l$  — вектор управляемых (регулируемых) параметров;  $W, X$  — компактные множества с непустыми внутренностями —  $\text{Int}(W)$  и  $\text{Int}(X)$  соответственно;  $\lambda = (\lambda^1, \lambda^2, \dots, \lambda^m) \in \Lambda \subset R^m$  — вектор неуправляемых параметров;  $\Lambda$  — открытое связное множество; отображения  $f(x, u, \lambda): X \times W \times \Lambda \rightarrow R^n$  и  $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial u}, \frac{\partial f}{\partial \lambda}$  непрерывны в  $X \times W \times \Lambda$ ;  $[t_0, t_0 + T]$  — фиксированный промежуток (времени).

Как известно, решение (эволюция) рассматриваемой системы обыкновенных дифференциальных уравнений зависит как от вектора начальных значений  $x_0 \in \text{Int}(X)$ , так от значений векторов управляемых ( $u$ ) и неуправляемых ( $\lambda$ ) параметров. Поэтому результат эволюции (развития) нелинейной динамической системы при заданном векторе начальных значений  $x_0$  определяется

значениями векторов как управляемых, так и неуправляемых параметров.

Также известно [2], что чтобы судить по решениям системы (1) об описываемом ею объекте, эта система должна обладать свойством неизменяемости качественной картины траекторий при малых в некотором смысле возмущениях правой части системы (1). Другими словами, система (1) должна обладать свойством грубости, или структурной устойчивости.

На основании вышесказанного Лабораторией системного анализа и управления Института проблем информатики и управления Министерства образования и науки Республики Казахстан предложена теория параметрического регулирования развития рыночной экономики, состоящая из следующих компонентов [29, 30, 31, 4].

1. Методы формирования набора (библиотеки) макроэкономических математических моделей. Эти методы ориентированы на описание различных конкретных социально-экономических ситуаций с учетом условий экологической безопасности.

2. Методы оценки условий грубости (структурной устойчивости) математических моделей экономической системы страны из библиотеки без параметрического регулирования. При этом проверяются условия принадлежности рассматриваемых математических моделей 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.

3. Методы контролирования или подавления негрубости (структурной неустойчивости) математических моделей экономической системы. Выбор (синтез) алгоритмов контролирования или подавления структурной неустойчивости соответствующей математической модели экономической системы страны.

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

5. Методы оценки условий грубости (структурной устойчивости) математических моделей экономической системы страны из библиотеки с параметрическим регулированием. При этом проверяются условия принадлежности рассматриваемых математических 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.



6. Методы уточнения ограничений на параметрическое регулирование развития рыночной экономики в случае структурной неустойчивости математических моделей экономической системы страны с параметрическим регулированием. Уточнение ограничений на параметрическое регулирование развития рыночной экономики.

7. Методы исследования и исследование бифуркаций экстремалей задач вариационного исчисления по выбору оптимальных законов параметрического регулирования.

8. Разработка рекомендаций по выработке и осуществлению эффективной государственной экономической политики на базе теории параметрического регулирования развития рыночной экономики с учетом конкретных социально-экономических ситуаций.

Учитывая, что основой первого компонента теории параметрического регулирования являются предложенные и разработанные модели математической экономики и результаты применения современной теории параметрической идентификации [18], в данной книге изложены элементы и научные основы последующих компонентов указанной теории параметрического регулирования и показаны некоторые области ее применения.

Глава I посвящена исследованию грубости (структурной устойчивости) конкретных математических моделей экономической системы страны после их параметрической идентификации без использования и с использованием параметрического регулирования. В обзоре [1] показано, что проверить грубость (структурную устойчивость) конкретных динамических систем достаточно трудно и часто установление структурной устойчивости рассматриваемых конкретных систем является предметом самостоятельных исследований.

В данной главе приведены результаты исследования грубости одной математической модели неоклассической теории оптимального роста (модель 1, [24]), модели, предложенной для изучения влияния доли государственных расходов во внутреннем валовом продукте и процента по государственным займам (модель 2, [16]), и математической модели учета влияний международной торговли и валютных обменов на эволюцию экономической системы страны (модель 3, [16]).

Приводится доказательство [5] теоремы о грубости модели 1, задаваемой на плоскости, без использования параметрического регулирования на базе установления следующих фактов. Единственная точка равновесия динамической системы является седловой точкой, рассматриваемая динамическая система в иссле-