
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ЭКОНОМИКУ РОССИИ*

Н.Н. Оленев

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН
ул. Вавилова, 40, Москва, Россия, 119333

Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

Представлен опыт идентификации одной простой динамической модели экономики по статистическим данным России начала 2000-х гг. В результате был определен момент окончания роста за счет загрузки имеющихся производственных мощностей и начала перехода к их структурным изменениям. Показано, что для описания идущих процессов надо строить модели экономики с дифференцированными по возрасту производственными фондами. Демонстрируется применение метода множеств идентификации для анализа устойчивости прогнозирования по указанной модели экономики. Результатом анализа является вывод о возможности перехода из неустойчивого положения к режиму экономического роста за счет продуманных решений.

Ключевые слова: динамическая модель экономики, структурные изменения, возрастное распределение производственных фондов, метод множеств идентификации.

В [1] изучены структурные изменения на примере традиционной многосекторной модели экономического роста с различными темпами роста продуктивности факторов в секторах и выявлены достаточные условия сосуществования этих изменений со сбалансированным агрегированным ростом. Проблемы и процедуры идентификации такого рода моделей обсуждаются в [2—4], а влияние дифференциации населения по качеству труда — в [5]. Экономическое взаимодействие регионов описано в [6].

Модели изменения технологической структуры [7—9] были разработаны и освоены в ВЦ РАН в 80-е гг. XX в. Такие модели хорошо объяснили возникновение и динамику классических циклов перепроизводства, а в новых условиях они могут помочь в описании новых эффектов. Модификация такого рода моделей с учетом резервов мощностей позволила описать сглаженные колебания экономических показателей [10]. Удалось также построить новые эколого-экономические модели со структурными изменениями в технологиях, которые описывают взаимодействие экономических и экологических процессов [11; 12].

Возникшие в связи с развитием вычислительной техники агентно-ориентированные модели изучают влияние индивидуального поведения агентов на эволюцию всей подсистемы: отбор фирм в условиях конкуренции [13], потребительское поведение на рынках или социальных сетях, управление инвестиционными портфелями.

Чрезвычайно важную роль играет диагностика структурных изменений. Устойчивость прогнозирования на модели экономики зависит от качества идентифи-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (номер проекта 14-11-00432).

кации модели. Для оценки устойчивости прогнозирования в ВЦ РАН разработан оригинальный метод множеств идентификации [14]. Критерием качества идентификации служит минимизация некоторой выбранной свертки ошибок идентификации. Метод множеств идентификации — визуальный подход к идентификации параметров моделей, основанный на построении и визуализации многомерного графика функции ошибок, а также множеств квазиоптимальных параметров. Анализ множеств идентификации позволяет исследовать устойчивость решения задачи идентификации и прогнозирования.

В настоящей работе изложение начинается с описания поучительного опыта в идентификации версии динамической модели Рамсея для экономики России [15]. Далее рассмотрена задача построения модели экономики со стареющими производственными фондами и ее приложения к исследованию экономики России и оценке устойчивости задачи прогнозирования на основе модели.

Идентификация модели Рамсея для экономики России и некоторые ее последствия

В качестве приложения в [15] была рассмотрена задача идентификации модифицированной под российскую экономику модели Рамсея. Модификация учитывает открытость российской экономики и баланс использования валового внутреннего продукта (ВВП). При идентификации модели по статистическим данным экономики России 2000—2006 гг. поиск глобального минимума ошибок идентификации привел к неожиданному результату: темп деградации капитала был отрицательным. Казалось бы, это обесценивает использование модели Рамсея для анализа экономики России, так как положительный по экономическому смыслу параметр амортизации капитала принимает отрицательное значение. Но когда мы получаем странный результат, а ошибок нет, это не всегда означает отрицательный результат, это может указывать на получение нового знания — открытие. Нужно только понять, как следует интерпретировать этот результат.

Отрицательный темп выбытия капитала означает, что капитал откуда-то прибывает с темпом, превышающим ввод новых производственных фондов. И действительно, такой процесс в начале 2000-х гг. имел место. В 90-е гг. XX в. в результате потери управляемости при переходе к рынку капитал, созданный в советские годы, перестал использоваться с полной загрузкой мощностей, т.е. появился некий эффективный капитал, реально используемый в процессе производства товаров и услуг. После 1999 г. начался процесс импортозамещения, улучшилась управляемость экономикой и часть неиспользуемого капитала стала возвращаться в производственный процесс.

Но это же означает, что такой механизм роста, обусловленный в большей части не созданием новых производственных мощностей, а возобновлением работы остановленных в 90-е гг. предприятий, не вечен, поскольку старый капитал ограничен объемом, оставшимся от советских времен. В [15] была сделана оценка момента времени, когда процесс возобновления работы старых производственных мощностей закончится. Оказалось, что этот процесс возобновления работы старых мощностей после 2000 года в среднем продлится восемь лет. Несмотря на грубость

модели, полученная оценка оказалось достаточно точной. Именно в 2008 г. случился финансовый кризис, и если другие страны БРИК только замедлили свой рост, экономика России в 2009 г. испытала падение ВВП на 7,9%.

Пессимистический прогноз конца 2006 г. [15] оказался гораздо точнее предложенных разными экспертами в конце 2007 г. прогнозов развития экономики России. К сожалению, реально происходящие изменения в экономике России до сих пор не выходят далеко за границы прогноза [15]. Падение в 2009 г. было чуть сильнее, затем небольшой рост привел к некоторому восстановлению, в результате чего реальная кривая ВВП приблизилась к прогнозной кривой. И вот уже замаячила стагнация и падение. Опять ссылаются на внешние проблемы, когда есть реальные внутренние.

Но такое движение вдоль прогноза вовсе не обязательно. Анализ множеств идентификации, проведенный для указанной модели в [14], показал, что глобальный экстремум свертки ошибок идентификации, найденный еще в конце 2006 г. [15], не является устойчивым. Малых изменений в управлении экономики достаточно, чтобы от колебаний вблизи стагнации и падения перейти к бурному экономическому росту за счет роста инвестиций, модернизации производственных мощностей. От наших сегодняшних действий зависит будущее нашей экономики.

Теперь, исходя из результатов идентификации модели Рамсея [15], можно рассмотреть модификацию модели для периода 2000—2008 гг. и после 2008 г. Модификация заключается в изменении уравнения динамики эффективного капитала. При этом параметры модели до кризиса 2008 г. и после кризиса разнятся, поскольку экономическая модель роста изменились и их надо идентифицировать по отдельности. В [15] капитал до исчерпания бесплатного источника — старых советских мощностей — рос за счет двух источников: инвестиций и прироста, пропорционального существующему капиталу. Второй источник роста требует дополнительных исследований. Проще всего считать, что капитал восстанавливался с постоянной скоростью.

Так же, как и в [15], для сокращения записи подсчет годов начинаем с 2000 г., этот год соответствует нулевому году в нашей записи, а 2008 г. — восьмому году. Тогда динамика капитала будет определяться обычным уравнением с добавкой $\zeta\theta(8-t)$, где ζ — постоянная положительная скорость восстановления старых мощностей до 2008 года, $\theta(x)$ — функция Хэвисайда ($\theta(x) = 1$ при $x \geq 0$, $\theta(x) = 0$ при $x < 0$).

$$\frac{dK}{dt} = -\mu K(t) + J(t) + \zeta\theta(8-t), \quad K(0) = K_0. \quad (1)$$

Напомним, что в (1) $\mu > 0$ — темп выбытия капитала (в модели учитывается только эффективный капитал, участвующий в производстве), K_0 — начальный уровень эффективного капитала в нулевом (2000-м) г. Уравнение (1) описывает динамику мощностей и до начала кризиса, и после.

Остальные уравнения и параметры модели совпадают с представленными в [15]. Книга свободно распространяется через Интернет, с полным описанием модели можно ознакомиться в третьей главе книги [15].

В результате идентификации параметров модели к статистическим данным 2000—2008 гг. и 2009—2013 гг. по свертке критериев Тейла [15] для статистических и рассчитанных по модели временных рядов макропоказателей экономики — ВВП, потребления, инвестиций, экспорта, импорта, а также соответствующих индексов цен, найдены эти параметры.

При косвенной идентификации параметров модели полагаем, что следующие параметры и начальные значения модели фиксированы [15]: число рабочих мест в 0-м году $L_0 = 64,84$ млн человек, ВВП в 0-м году $Y_0 = 7305,6$ млрд руб. в ценах 2000 г., темп роста числа занятых в экономике $\gamma = 0,01124$, отношение объема импорта в текущих ценах к разнице объемов ВВП и экспорта в текущих ценах $\rho = 0,3532$, доля экспорта в ВВП $\delta = 0,3511$, доля инвестиций в сумме ВВП и импорта, выраженных в текущих ценах, $\sigma = 0,1346$. Фиксированы также параметры относительного индекса цен на инвестиции: $\pi_j = a_j + (1 - a_j)(1 + t) \exp(-b_j t)$, $a_j = 0,811$, $b_j = 0,5276$.

Определенные косвенной идентификацией значения параметров модели для периода 2000—2013 гг. представлены ниже. Параметры производственной функции с постоянной эластичностью замещения от труда и капитала: $a = 0,84$, $b = -0,78$. Темп выбытия мощностей $\mu = 0,065$. Скорость возобновления загрузки старых производственных мощностей $\zeta = 6682$ млрд руб. в ценах 2000 г. Начальное значение капитала $K_0 = 17\,819$ млрд руб. в ценах 2000 г.

Некоторые результаты идентификации модели в виде графиков сравнения близости рассчитанных по модели и статистических временных рядов макропоказателей экономики России указаны ниже на рис. 1—3.

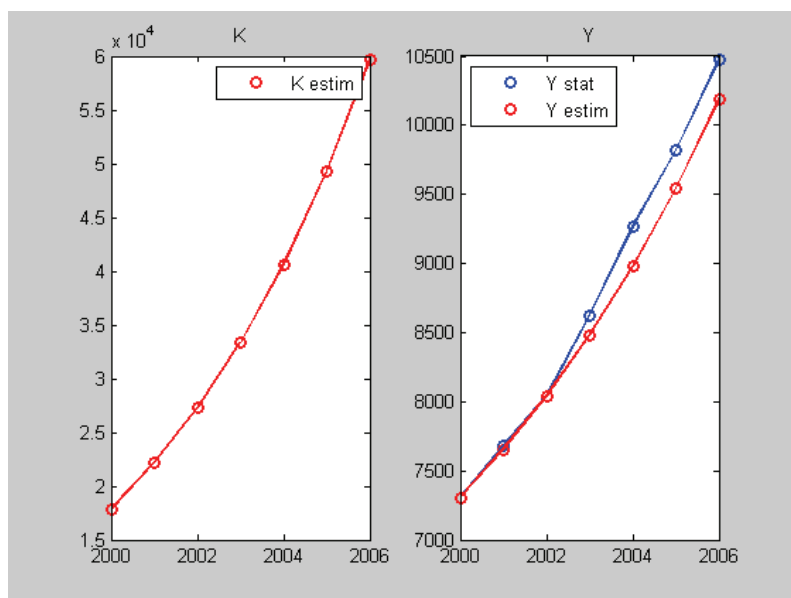


Рис. 1. Идентификация капитала и сравнение расчета ВВП со статистикой [15]

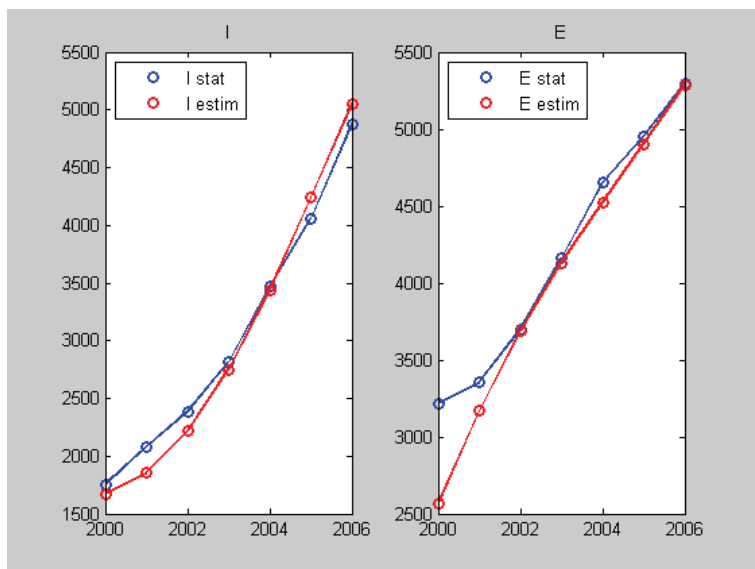


Рис. 2. Сравнение расчета со статистикой для импорта и экспорта [15]

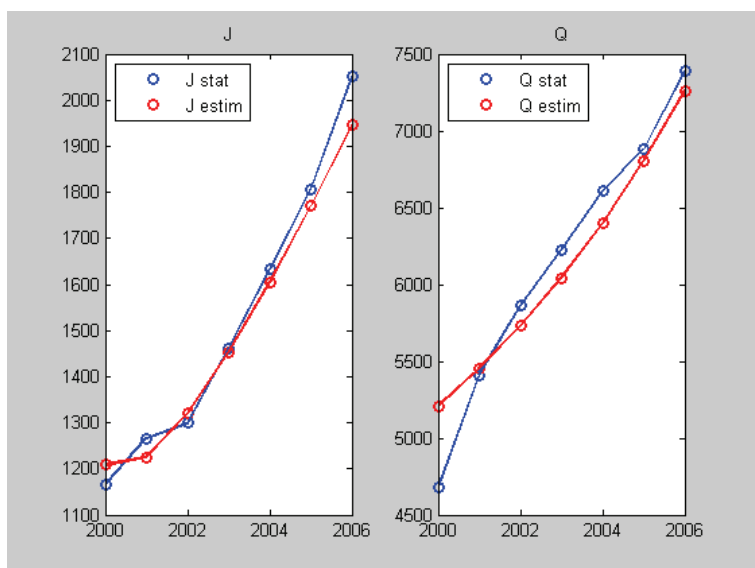


Рис. 3. Сравнение расчета со статистикой для инвестиций и потребления [15]

Использование в рассматриваемой модели производственной функции [7], построенной для производственных фондов, дифференцированных по моментам создания, позволяет учесть структурные изменения производственных мощностей.

Множества идентификации в анализе устойчивости прогнозирования

Косвенная идентификация модели экономики состоит в поиске вектора неизвестных параметров, на котором значение функции ошибок идентификации мини-

мально. В том случае, когда существуют достаточно отдаленные от такого решения допустимые векторы параметров со значением функции ошибок близком к оптимальному проблема идентификации требует дополнительного исследования.

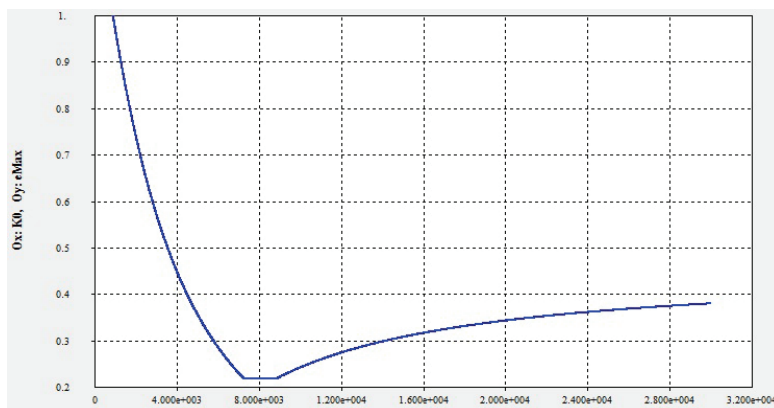


Рис. 4. Зависимость ошибки идентификации от параметра K_0 при фиксированных значениях других параметров [14]

В методе множеств идентификации исследуются график и надграфик функции ошибок, а также его поведение в окрестности оптимальных параметров. Визуализация этого множества позволяет исследователю выбирать параметры модели, сочетая результаты наблюдений с собственным неформализованным опытом. Неустойчивость решения задачи идентификации модели может приводить к принципиально разным прогнозам при кризисных изменениях в экономике [14].

Представлен опыт идентификации параметров модели Рамсея по данным российской экономики. При такой идентификации можно обнаружить моменты структурных переходов от одной модели роста к другой.

Приведены результаты исследования устойчивости прогнозирования для представленной модели на основе множеств идентификации и их визуализации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Ngai L.R., Pissarides C.A.* Structural Change in a Multisector Model of Growth // *American Economic Review* 97 (March 2007). PP. 429—443.
- [2] *Olenev N., Mollaverdi N.* A Normative Dynamic Model of Regional Economy // *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, June 2011, Volume 22, Number 2. PP. 99—105.
- [3] *Гергель В.П., Горбачев В.А., Оленев Н.Н., Рябов В.В., Сидоров С.В.* Параллельные методы глобальной оптимизации в идентификации динамической балансовой нормативной модели региональной экономики // *Вестник ЮУрГУ. Сер. «Математическое моделирование и программирование»*. — Вып. 9. — 2011. — № 25 (242). — С. 4—15.
- [4] *Гергель В.П., Оленев Н.Н., Рябов В.В., Баркалов К.А., Сидоров С.В.* Глобальная оптимизация в идентификации многосекторной модели экономики Нижегородской области // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*. — 2013. — № 3—1. — С. 223—230.

- [5] *Olenev N.N.* Production Function of Skilled and Unskilled Labour in a Model of a Non-Growing Russian Economy // International Labour Market Conference Proceedings, UK: Aberdeen, October 11—12, 1999. PP. 560—575.
- [6] *Коцеев А.В., Оленев Н.Н.* Моделирование взаимодействующих региональных экономических систем с использованием параллельных вычислений // Труды МФТИ. — 2010. — Т. 2. — № 1(5). — С. 92—97.
- [7] *Оленев Н.Н., Петров А.А., Поспелов И.Г.* Модель процесса изменения мощности и производственная функция отрасли хозяйства // Математическое моделирование: Процессы в сложных экономических и экологических системах. — М.: Наука, 1986. — С. 46—60.
- [8] *Оленев Н.Н., Поспелов И.Г.* Модель инвестиционной политики фирм в экономической системе рыночного типа // Математическое моделирование: Процессы в сложных экономических и экологических системах. — М.: Наука, 1986. — С. 163—173.
- [9] *Оленев Н.Н., Поспелов И.Г.* Исследование инвестиционной политики фирм в экономической системе рыночного типа // Математическое моделирование: Методы описания и исследования сложных систем. — М.: Наука, 1989. — С. 175—200.
- [10] *Оленев Н.Н.* Модель жизненного цикла основных фондов и производственная функция, учитывающая резервы мощностей // Математическое моделирование. — 1995. — Т. 7. — № 7. — С. 19—33.
- [11] *Оленев Н.Н., Петров А.А., Поспелов И.Г.* Модель регулирования экологических последствий экономического роста // Математическое моделирование. — 1998. — Т. 10. — № 8. — С. 17—32.
- [12] *Дэмбэрэл С., Оленев Н.Н., Поспелов И.Г.* К математической модели взаимодействия экономических и экологических процессов // Математическое моделирование. — 2003. — Т. 15. — № 4. — С. 107—121.
- [13] *Mandel A., Gintis H.* Stochastic stability in the Scarf economy // Mathematical Social Sciences, January 2014. — Volume 67, PP. 44—49.
- [14] *Каменев Г.К., Оленев Н.Н.* Исследование устойчивости идентификации и прогнозирования российской экономики на модели Рамсея // Математическое моделирование. — 2014. — Т. 26. — № 9. — С. 3—17.
- [15] *Оленев Н.Н., Печенкин Р.В., Чернецов А.М.* Параллельное программирование в MATLAB и его приложения. — М.: ВЦ РАН, 2007. — 120 с. — URL: <http://www.ccas.ru/mmes/distcompbook.pdf>

LITERATURA

- [1] *Ngai L.R., Pissarides C.A.* Structural Change in a Multisector Model of Growth // American Economic Review 97 (March 2007). PP. 429—443.
- [2] *Olenev N., Mollaverdi N.* A Normative Dynamic Model of Regional Economy // International Journal of Industrial Engineering & Production Research, June 2011, Volume 22, Number 2. PP. 99—105.
- [3] *Gergel V.P., Gorbachev V.A., Olenev N.N., Ryabov V.V., Sidorov S.V.* Parallelnye metody globalnoy optimizatsii v identifikatsii dinamicheskoy balansovoy normativnoy modeli regionalnoy ekonomiki // Vestnik YuUrGU. Ser. «Matamaticeskoe modelirovanie I programmirovaniye». — 2011. — Vyp. 9. — № 25 (242). — S. 4—15.)
- [4] *Gergel V.P., Olenev N.N., Ryabov V.V., Barkalov K.A., Sidorov S.V.* Globalnaya optimizatsiya v identifikatsii mogosektornoy modeli ekonomiki Nizhegorodskoy oblasti // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. — 2013. — № 3—1. — S. 223—230.
- [5] *Olenev N.N.* Production Function of Skilled and Unskilled Labour in a Model of a Non-Growing Russian Economy // International Labour Market Conference Proceedings, UK: Aberdeen, October 11—12, 1999. PP. 560—575.

- [6] Koscheev A.V., Olenev N.N. Modelirovanie vzaimodeystvuyuschikh regionalnykh ekonomicheskikh sistem s ispolzovaniem parallelnykh vychisleniy. Trudy MFTI. — 2010. — Tom 2. — N 1(5). — S. 92—97.
- [7] Olenev N.N., Petrov A.A., Pospelov I.G. Model protsessa izmeneniya moschnosti i proizvodstvennaya funktsiya otrasli khozyaystva // Matematicheskoe modelirovanie: Protssesy v slozhnykh ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistemakh. M.: Nauka, 1986. S.46—60.
- [8] Olenev N.N., Pospelov I.G. Model investitsionnoy polotiki firm v ekonomicheskoy sisteme rynochnogo tipa // Matematicheskoe modelirovanie: Protssesy v slozhnykh ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistemakh. — M.: Nauka, 1986. — S. 163—173.
- [9] Olenev N.N., Pospelov I.G. Issledovanie investitsionnoy polotiki firm v ekonomicheskoy sisteme rynochnogo tipa // Matematicheskoe modelirovanie: Metody opisaniya i issledovaniya slozhnykh sistem. — M.: Nauka, 1989. S. 175—200.
- [10] Olenev N.N. Model zhiznennogo tsikla osnovnykh fondov i proizvodstvennaya funktsiya, uchityvayuschaya rezervy moschnostey // Matematicheskoe modelirovanie. — 1995. — T. 7. — № 7. — S. 19—33.
- [11] Olenev N.N., Petrov A.A., Pospelov I.G. Model regulirovaniya ekologicheskikh posledstviy ekonomicheskogo rosta // Matematicheskoe modelirovanie. — 1998. — T. 10. — № 8. — S. 17—32.
- [12] Demderel S., Olenev N.N., Pospelov I.G. K matematicheskoy modeli vzaimodeystviya ekonomicheskikh i ekologicheskikh protsessov // Matematicheskoe modelirovanie. — 2003. — T. 15. — № 4. — S. 107—121.
- [13] Mandel A., Gintis H. Stochastic stability in the Scarf economy // Mathematical Social Sciences, January 2014, Volume 67, PP. 44—49.
- [14] Kamenev G.K., Olenev N.N. Issledovanie ustoychivosti identifikatsii i prognozirovaniya rossiyskoy ekonomiki na modeli Ramseya // Matematicheskoe modelirovanie. — 2014. — T. 26. — № 9. — S. 3—17.
- [15] Olenev N.N., Pechenkin R.V., Chernetsov A.M. Parallelnoe programmirovaniye v MATLAB i ego prilozheniya. — M.: VC RAN, 2007. — 120 s. URL: <http://www.ccas.ru/mmes/distcompbook.pdf>

A STUDY OF STRUCTURAL CHANGES INFLUENCE ON RUSSIAN ECONOMY

N.N. Olenev

Dorodnicyn Computing Centre
of the Russian Academy of Sciences
Vavilova str., 40, Moscow, Russia, 119333

Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

It is presented the experience of identifying a simple dynamic model of the economy by statistical data of Russia in the early 2000s. As a result the end time of the growth due to loading of existing production capacities and the beginning time of transition to their structural changes have been determined. It is shown that to describe the ongoing processes, it is necessary to build an economic model with differentiated by age production assets. It is demonstrated the use of the identification sets method for analysis of forecast stability on this economic model. The result of the analysis is a conclusion that a transition from an unstable state to an economic growth regime by the expense of informed decisions.

Key words: dynamic economic model, structural changes, vintage capital, identification sets method.