

**ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ «ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ – ВВП»
ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ МОЛDOVA**

Шит Б.М

Институт энергетики АНМ

ieasm@cc.acad.md

**DYNAMIC MODEL “ELECTRICITY CONSUMPTION - GDP” FOR REPUBLIC
OF MOLDOVA**

Sit B. M.

Institute of Power Engineering of the Academy of Sciences of Republic of Moldova

ieasm@cc.acad.md

**MODELUL DINAMIC „CONSUMUL DE ENERGIE ELECTRICĂ - PIB”
PENTRU REPUBLICA MOLDOVA**

Șit B.M.

Institutul de Energetică al AȘM

ieasm@cc.acad.md

REZUMAT

Articolul este dedicat elaborării modelelor econometrice ale consumului energiei electrice (EE) în Republica Moldova cu scopul determinării posibilităților potențiale ale PIB de a influența procesele de consum ale EE.

În contextul modelelor elaborate sunt descoperite direcțiile relațiilor cauza-urmare, obținute relațiile de tip ecuații de regresie cointegraționale, ce permit determinarea caracteristicilor calitative ale parametrilor de bază, ce influențează consumul energiei electrice. Aplicarea modelului vector autoregresionale permite estimarea reacției consumului EE la modificările de vârf ale parametrilor care îl influențează și deasemenea permite de a face concluzii despre erori ce se introduc în pronostic de către fiecare parametru.

Clasificarea JEL: Q41,Q43.

Cuvinte cheie: modele econometrice, consumul de energie electrică.

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена разработке эконометрических моделей потребления электроэнергии (ЭЭ) в Республике Молдова с целью определения потенциальных возможностей влияния ВВП на процессы потребления этого товара. В рамках разработанных эконометрических моделей выявлены направления причинно-следственных связей. Применение векторных авторегрессионных моделей позволит оценить реакцию потребления ЭЭ на шоковые изменения факторов, а также сделать выводы об ошибках, вносимых в прогноз каждым из них.

Классификация JEL: Q41,Q43.

Ключевые слова: эконометрические модели, потребление электроэнергии и его связь с ВВП.

ABSTRACT

The article is devoted to the development of econometric models of electricity consumption in Republic of Moldova with the purpose of definition of potential possibilities of GDP influence on electricity consumption processes.

In this paper, we examine the causal relationship between the per capita electricity consumption and the per capita GDP for Republic of Moldova using VAR model. Our results show that there is bidirectional causality from per capita GDP to per capita electricity consumption and vice versa. The finding has significant implications from the point of view of energy conservation, emission reduction and economic development.

Key words: Electricity consumption, Economic growth, VAR model, Granger causality.

JEL classification: Q41,Q43.

Цель исследования.

Проблема казуального соотношения между потреблением электроэнергии и ВВП является вопросом, который широко представлен в литературе по экономике энергетики. Исследования различаются странами, различными периодами их истории и различными переменными, характеризующими энергетику и экономику. Полученные результаты отличаются направлением каузальности и ее долгосрочным или краткосрочным влиянием на политику в области энергетики. В зависимости от того, какой вид каузальности существует, выводы, которые делаются при проведении энергетической политики, могут значительно отличаться.

Цель данного исследования двойная:

- эмпирически установить существование и направление каузальной взаимосвязи между потреблением электроэнергии и экономическим ростом в Молдове. Данная задача является крайне важной для определения стратегии поведения в электроэнергетике. Если, например, существует однонаправленная каузальность по Гранжеру от ВВП к потреблению электроэнергии, это может означать, что меры, направленные на сбережение электроэнергии, не будут оказывать влияние на экономический рост. С другой стороны, если существует однонаправленная каузальность от потребления электроэнергии к ВВП, сокращение потребления электроэнергии может привести к снижению ВВП.

- определение вида векторной авторегрессионной модели (VAR) - модели для определения взаимосвязи экономики и электроэнергетики Республики Молдова с учетом того, чтобы эти уравнения являлись каузальными по Гранжеру. В противном случае необходимо сделать вывод о наличии более сложной связи между переменными.

Нами применена векторная авторегрессионная модель (VAR), часто используемая в подобных случаях [1]. VAR является наиболее подходящей для данного исследования благодаря своей способности описывать динамическую структуру модели, а также, потому что она позволяет избежать использования ряда дополнительных ограничений, связанных с различными экономическими теориями. Использование VAR в макроэкономике внесло фундаментальный вклад в развитие многих экономических теорий [2].

1. Электроэнергетика Республики Молдова.

Энергетическая инфраструктура Республики Молдова представляет собой в настоящее время устойчивого импортера электрической энергии. Страна имеет три крупных источника генерации электроэнергии когенерационного типа. Ограничения в работе электроэнергетического комплекса в значительной степени определяются состоянием оборудования, а также острым дефицитом топлива (природного газа), который полностью импортируется из России. Экономический кризис середины 90-х годов крайне пагубно отразился на состоянии энергетического хозяйства. Энергосистема страны связана высоковольтными линиями передач 110, 330 и 400 кВ с энергосистемами Украины, Болгарии и Румынии [3].

2. Методология и данные.

В качестве исходных данных о ВВП были использованы годовые данные с 1991 по 2004 гг. [4]. Данные о потреблении электроэнергии, ее импорте и потерях были получены из [5-8]. Мы используем в качестве переменной характеризующей экономику значение величины ВВП на душу населения. Графики потребления электрической энергии и ВВП приведены на рис. 1 и рис. 2.

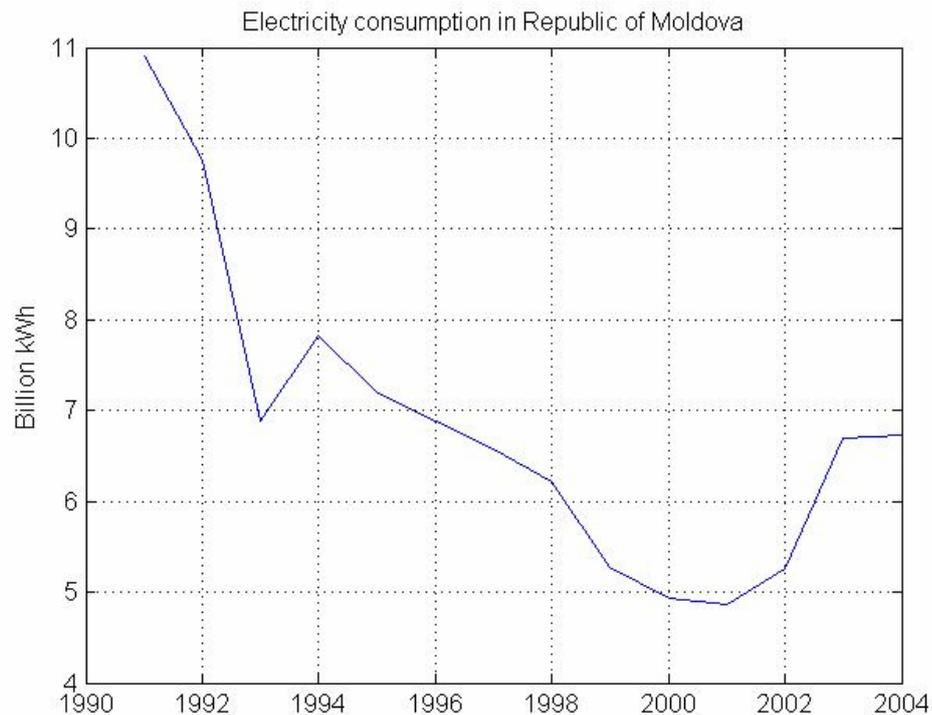


Рис.1 Зависимость потребления электрической энергии о времени

Первый этап работы состоит в определении того, являются ли исследуемые ряды стационарными. Стационарность регрессоров является очень важным условием при оценивании регрессионных моделей. Если модель неверно специфицирована, и некоторые из переменных, включены в нее неправильно, то полученные оценки будут очень плохими. Они не будут обладать свойством состоятельности, то есть не будут сходиться по вероятности к истинным значениям параметров по мере увеличения размеров выборки. Привычные показатели, такие как коэффициент детерминации R^2 , t -статистики, F -статистики, будут указывать на наличие связи там, где на самом деле ее нет. Такой эффект называют ложной регрессией [9].

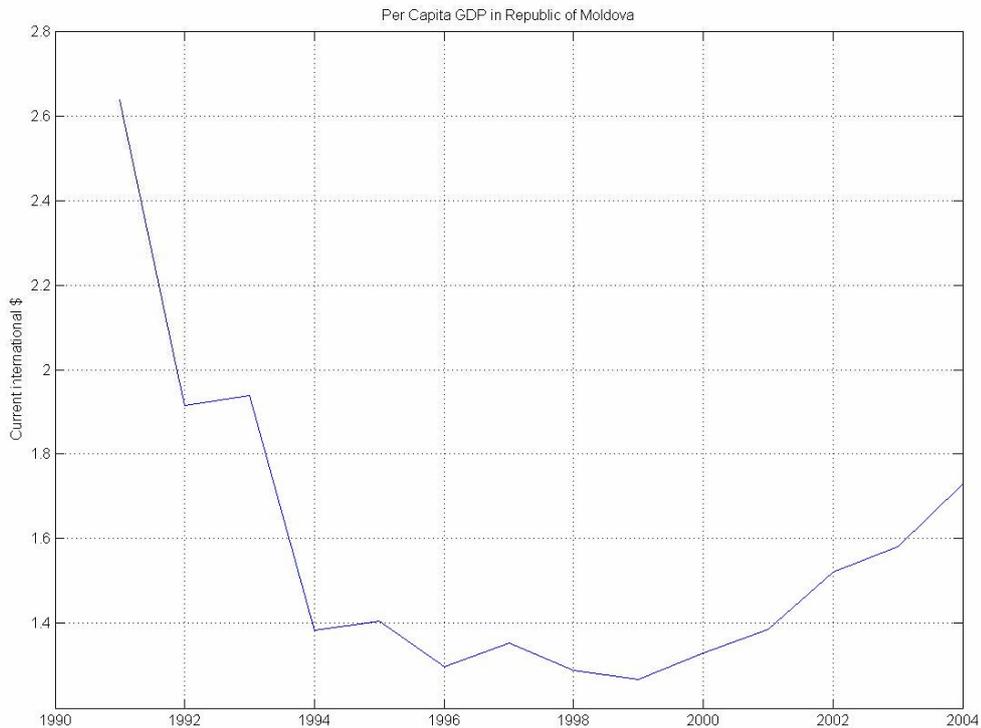


Рис.2. Зависимость ВВП на душу населения от времени.

При исследовании стационарности регрессоров был использован критерий Квятковского–Перрона-Филлипса-Шмидта [10] (KPSS в латинской транскрипции). Необходимость использования этого критерия объясняется тем, что расширенный критерий Дикки-Фуллера имеет слабую мощность при коротких выборках [11].

Для определения каузальности воспользуемся результатами работ [7,8].

Тест на коинтеграцию показал наличие долговременной связи при взаимодействии потребления электроэнергии и ВВП на душу населения. Поэтому мы проводим тест на каузальность используя VAR. Кратко опишем подход при определении каузальности по Гренджеру для данного случая, основанный на методиках [1,2].

В случае двух переменных C и Y подход к каузальности по Гренджеру отличается от общего случая. В этом случае каузальность определяет (измеряет) приоритет и информацию, предоставляемую C для объяснения текущего значения Y . В соответствии с этим подходом Y считается каузальным в зависимости от C , если C помогает в предсказании Y или равнозначно смещенные значения C статистически значимы.

Временные ряды двумерной VAR для переменных C и Y имеют следующий вид:

$$\begin{aligned}
 Y_t &= y_0 + \sum_{i=1}^k a_{11}^i Y_{t-i} + \sum_{i=0}^{k1} a_{12}^i C_{t-i} + \varepsilon_{1t} \\
 C_t &= c_0 + \sum_{i=1}^k a_{21}^i C_{t-i} + \sum_{i=0}^{k1} a_{22}^i Y_{t-i} + \varepsilon_{2t}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Здесь y_0, c_0 – константы, а $\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t}$ – некоррелированные возмущения.

Проверка каузальности по Гранжеру состоит в проверке значимости коэффициентов $b_{11}, b_{21}, a_{12}, a_{22}$.

В результате проведения регрессионного анализа получены следующие модели:
Варианты моделей влияния потребления электроэнергии на ВВП,

$$Y_i = y_0 + a_{11}^{(1)}Y_{i-1} + a_{12}^{(0)}C_i + a_{12}^{(1)}C_{i-1} + a_{12}^{(2)}C_{i-2} + \varepsilon_{1i} \quad (2)$$

$$Y_i = y_0 + a_{11}^{(1)}Y_{i-1} + a_{12}^{(1)}C_{i-1} + a_{12}^{(2)}C_{i-2} + \varepsilon_{1i} \quad (3)$$

модель влияния потребления электроэнергии на ВВП на душу населения.

$$C_i = c_0 + a_{21}^{(1)}C_{i-1} + a_{21}^{(2)}C_{i-2} + a_{22}^{(0)}Y_i + a_{22}^{(1)}Y_{i-1} + \varepsilon_{2i} \quad (4)$$

Значения коэффициентов сведены в Табл.1 .

Таблица 1. Значения коэффициентов в уравнениях регрессии

Наименование и значение коэффициента	y_0	c_0	$a_{11}^{(1)}$	$a_{12}^{(0)}$	$a_{12}^{(1)}$	$a_{12}^{(2)}$	$a_{21}^{(1)}$	$a_{21}^{(2)}$	$a_{22}^{(0)}$	$a_{22}^{(1)}$
Уравнение 2	459,199		1,110	-132,236		172,459	-135,523			
Уравнение 3	276,671		0,820		120,151	-117,866				
Уравнение 4		2,642684					0,943772	-0,671306	-0,004563	0,005936

В этих уравнениях все коэффициенты при регрессорах – значимы, что свидетельствует о наличии двунаправленной каузальности между ВВП и потреблением электроэнергии. Все остальные комбинации регрессоров при лаге в переменных до двух оказались незначимыми. Данная система может быть решена численными методами.

Для решения этой системы уравнений введем оператор обратного сдвига z , соответствующий сдвигу сигнала на один шаг дискретизации назад [9]. Тогда из уравнения (3) получим:

$$Y(1 - a_{11}^{(1)}z) = y_0 + (a_{12}^{(1)}z + a_{12}^{(2)}z^2)C \quad (5)$$

Отсюда,

$$Y = \frac{y_0}{1 - a_{11}^{(1)}z} + \frac{a_{12}^{(1)}z + a_{12}^{(2)}z^2}{1 - a_{11}^{(1)}z} C; \quad (6)$$

$$Y_{i-1} = \frac{y_0z}{1 - a_{11}^{(1)}z} + \frac{(a_{12}^{(1)}z + a_{12}^{(2)}z^2)z}{1 - a_{11}^{(1)}z} C \quad (7)$$

$$C = c_0 + a_{21}^{(1)}C_{i-1} + a_{21}^{(2)}C_{i-2} + a_{22}^{(0)} \cdot \left(\frac{y_0}{1 - a_{11}^{(1)}z} + \frac{a_{12}^{(1)}z + a_{12}^{(2)}z^2}{1 - a_{11}^{(1)}z} C \right) + a_{22}^{(1)} \cdot \left(\frac{y_0z}{1 - a_{11}^{(1)}z} + \frac{(a_{12}^{(1)}z + a_{12}^{(2)}z^2)z}{1 - a_{11}^{(1)}z} C \right); \quad (8)$$

$$C \cdot (1 - a_{11}^{(1)}z) = c_0 \cdot (1 - a_{11}^{(1)}z) + (1 - a_{11}^{(1)}z)(a_{21}^{(1)}C_{i-1} + a_{21}^{(2)}C_{i-2}) + a_{22}^{(0)} \cdot (y_0z + (a_{12}^{(1)}z^2 + a_{12}^{(2)}z^3)C); \quad (9)$$

$$C_i = c_0 + (a_{11}^{(1)} + a_{21}^{(1)})C_{i-1} + (a_{21}^{(2)} - a_{11}^{(1)}a_{21}^{(1)} + a_{22}^{(0)}a_{12}^{(1)})C_{i-2} + (a_{22}^{(0)}a_{12}^{(2)} - a_{11}^{(1)}a_{21}^{(2)})C_{i-3} \quad (10)$$

Из уравнения (10) вычисляется C_i по известным значениям в прошлые моменты времени и подставляется в уравнение (2), из которого можно найти Y_i .

Рассмотрим решение этой же задачи, но на основании статистических данных, опубликованных в [8].

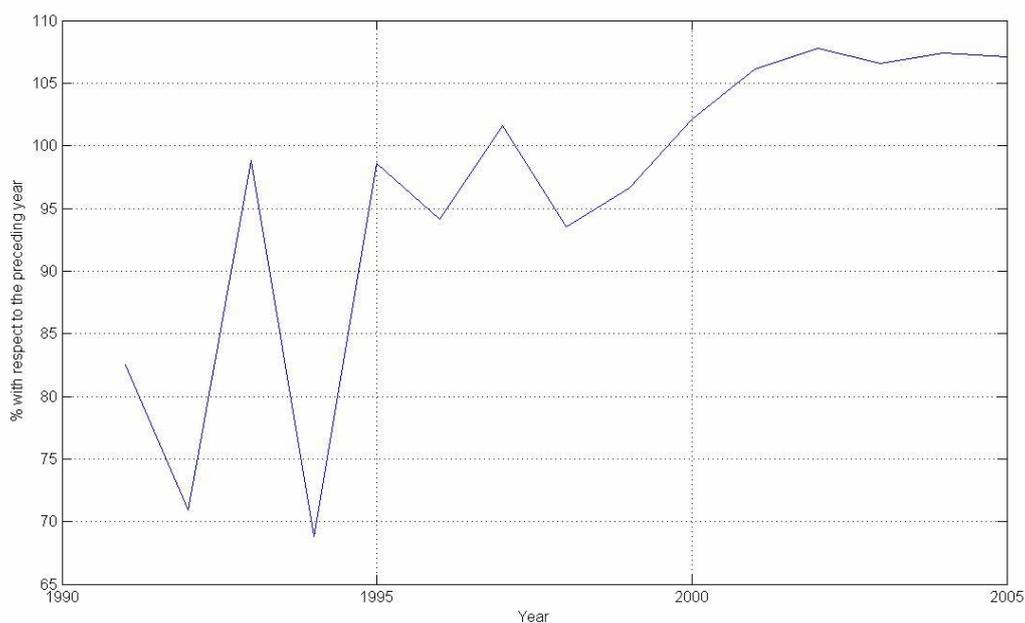


Рис.3 ВВП Республики Молдова в сопоставимых ценах (по данным Национального Комитета по статистике Республики Молдова)

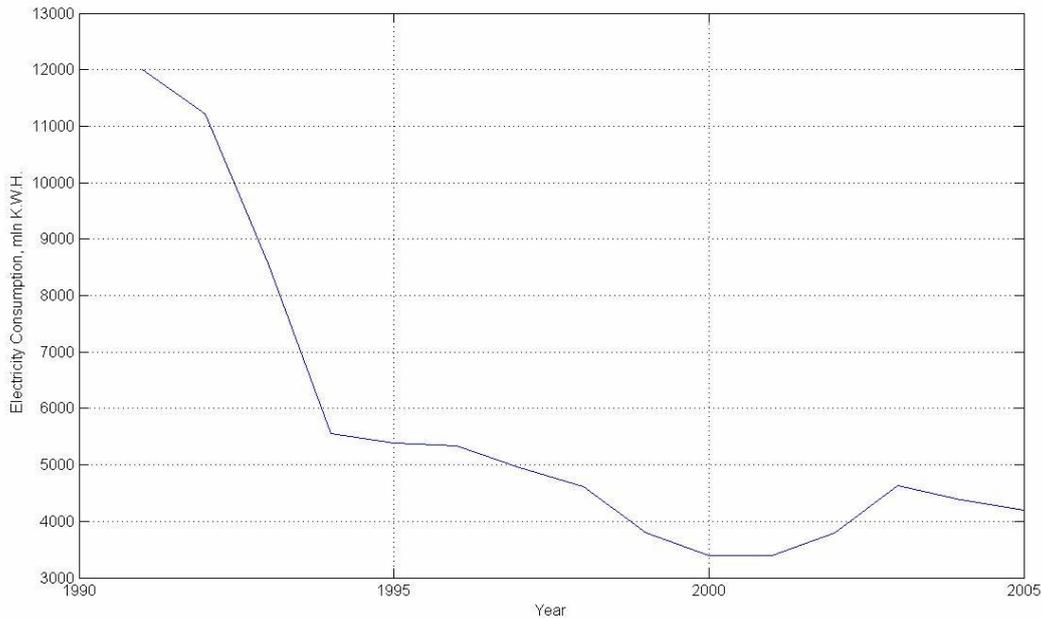


Рис.4 Потребление электрической энергии Республики Молдова (по данным Национального Комитета по статистике Республики Молдова)

Анализ ряда данных о стационарности ВВП в сопоставимых ценах по расширенному критерию Дикки-Фуллера показал, что ряд нестационарный, а проверка по критерию KPSS показала, что ряд стационарный. В соответствии с рекомендациями [12] ряд считаем стационарным. Анализ ряда данных о стационарности потребления электроэнергии по данным [8] по расширенному критерию Дикки-Фуллера и критерию KPSS показал их стационарность при 5% уровне значимости.

Модель влияния потребления электроэнергии на ВВП,

$$Y_i = y_0 + a_{11}^{(1)}Y_{i-1} + a_{12}^{(1)}C_{i-1} + a_{12}^{(2)}C_{i-2} + \varepsilon_{1i} \quad (11)$$

модель влияния потребления электроэнергии на ВВП на душу населения.

$$C_i = c_0 + a_{21}^{(1)}C_{i-1} + a_{22}^{(0)}Y_i + \varepsilon_{2i} \quad (12)$$

Значения коэффициентов сведены в Таблицу.2 .

Таблица 2. Значения коэффициентов в уравнениях регрессии

Наименование и значение коэффициента	y_0	c_0	$a_{11}^{(1)}$	$a_{12}^{(0)}$	$a_{12}^{(1)}$	$a_{12}^{(2)}$	$a_{21}^{(1)}$	$a_{21}^{(2)}$	$a_{22}^{(0)}$	$a_{22}^{(1)}$
Уравнение 11	187,6552		0,6987		0,0049	-0,0081				
Уравнение 12		-2477,31					0,66		38,04	

В этом случае также имеет место каузальность по Гранджеру между ВВП и потреблением электроэнергии в обе стороны. Все коэффициенты при переменных оказались значимыми. При проверке на коинтеграцию рядов потребления электроэнергии и ВВП ряды оказались коинтегрированными при уровне значимости 5%.

Подставив Y_t из уравнения (11) в уравнение (12) можно построить прогноз потребления электроэнергии.

Выводы.

Для случая Республики Молдова имеет место двунаправленная каузальность между ВВП и потреблением электроэнергии. При этом существует коинтеграция между ВВП и потреблением электроэнергии. Это свидетельствует о том, что между рассматриваемыми переменными в динамике существует как кратковременная связь (период до 3-х лет) так и долгосрочная связь.

Литература.

1. Sajal Ghosh. Electricity consumption and economic growth in India. Energy Policy 30 (2002), p/125-129.
2. M. Trabelsi, G.Boulila "Financial Development and Long-Run Growth: Granger Causality in a Bivariate VAR Structure, Evidence from Tunisia: 1962-1997". <http://www.erf.org.eg/.../9th%20PDF%20Presented/Finance%20-%20Macro/FM-P%20Trabelsi%20&%20Boulila.pdf>.
3. Электроэнергетика стран содружества независимых государств 1992-2002. Москва 2003.
4. The environmental information portal. http://earthtrends.wri.org/searchable_db/index.php?step=countries&ccID%5B%5D=2&cID%5B%5D=187&allcountries=checkbox&theme=5&variable_ID=225&action=select_years.
5. Energy Information Administration. International Energy Manual <http://www.eia.doe.gov/pub/international/iealf/table62.xls>.
6. Energy Information Administration. International Energy Manual <http://www.eia.doe.gov/pub/international/iealf/tables1.xls>.
7. Energy Information Administration. International Energy Manual <http://www.eia.doe.gov/pub/international/iealf/table13.xls>.
8. Статистический ежегодник Республики Молдова за 1992-2005 годы.
9. Канторович Г.Г. Анализ временных рядов. Лекционные и методические материалы. Экономический журнал ВШЭ, с. 379...401.
10. Kwiatkowski, D.; Phillips, P.C.B.; Schmidt, P. and Shin, Y. (1992): "Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?" Journal of Econometrics 54, 159 -178.
11. P.N.Ireland "Price Stability Under Long-Run Monetary Targeting", p.32. www.richmondfed.org/publications/economic_research/economic_quarterly/pdfs/winter1993/ireland.pdf
12. Носко В.П. Введение в регрессионный анализ временных рядов. Москва, 2002, http://www.iet.ru/mipt/2/text/curs_econometrics.htm