

УДК 005.51: 330.43: 519.254

**КОЛЕБАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИИ****Мазуркин П.М.***ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет Минобрнауки России», Йошкар-Ола, e-mail: kaf\_po@mail.ru*

По индикаторам инновационной деятельности (статистический сборник НИУ «Высшая школа экономики», 2012) показаны результаты научно-технической экспертизы с устойчивыми биотехническими закономерностями колебательных возмущений основных показателей инновационной деятельности одной группы предприятий (добывающие, обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды): доля из общего числа организаций, осуществлявшая технологические инновации, %; доля из организаций с технологическими инновациями, осуществлявшая отдельные виды инноватики, %. По первому показателю дана методика моделирования методом идентификации с показом всех значимых волновых составляющих: с 1999 г. возрастает по амплитуде позитивная волна роста доли организаций, занимающихся инновационной деятельностью. Но по периоду она сокращается от 2,7 года, т.е. частота нарастет. Высоко-частотные колебания опасны из-за того, что не успеет руководство с ручным управлением экономикой. Даны критерии оценки динамики поведения экономической системы России.

**Ключевые слова:** инновационная деятельность, основные показатели, динамика 1995–2010 гг., тренды и вейвлет-сигналы, критерии оценки

**FLUCTUATIONS OF INNOVATIVE ACTIVITY IN RUSSIA****Mazurkin P.M.***Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Volga State Technological University, Ministry of Education of Russia», Yoshkar-Ola, e-mail: kaf\_po@mail.ru*

On indicators of innovative activity (the statistical collection National research university «The Higher School of Economy», 2012) results of scientific and technical examination with steady biotechnical regularities of oscillatory indignations of the main indicators of innovative activity of one group of companies (extracting, processing productions, production and distribution of the electric power, gas and water) are shown: share from total number of the organizations, carrying out technological innovations, %; share from the organizations with the technological innovations, carrying out separate types of innovatics, %. On the first indicator the technique of modeling by an identification method with display of all significant wave components is given: since 1999 the positive wave of growth of a share of the organizations which are engaged in innovative activity increases on amplitude. But on the period it is reduced of 2,7 years, i.e. frequency will increase. High-frequency fluctuations are dangerous because of lag of the hand-operated management by economy. Criteria estimates of dynamics of behavior of economic system of Russia are given.

**Keywords:** innovative activity, main indicators, dynamics of 1995–2010, trends and wavelet signals, criteria of an assessment

Электроэнергетика была самой значимой и ведущей отраслью советского хозяйства по плану ГОЭЛРО. Поэтому важно понять, что при жестком ручном управлении в её развитии всё же были колебания. Подробная экспертиза динамики электроэнергетики нашей страны с 1913 года дана в [5–8]. Эта методика [4] применена и при выявлении закономерностей инновационной деятельности в промышленности России. Такой анализ важен и по другим отраслевым направлениям при разработке и реализации национального проекта научно-технологического развития «Сколково», где одним из научных направлений в деятельности станет «анализ трендов технологического развития» [6].

В статье [7] была рассмотрена структура потребления электроэнергии в динамике от 1913 до 1987 г. по отраслям хозяйства царской России и бывшего СССР. В другой статье [5] нами показаны закономерности распределения электроэнергии между от-

раслями хозяйства. Это позволит в будущем России избежать перекосов в энергетической политике и планах диверсификации всей технологической базы экономики. Масштабная технологическая перестройка в 20-х и 30-х годах XX века была обусловлена бурным развитием электроэнергетики. Современная Россия пытается восстановить промышленный потенциал до уровня СССР, но имеет малую по времени историю, поэтому в статье [8] был предложен анализ поведения электроэнергетики на инерционное будущее при двух динамических рядах с 1913 года.

В данной статье на примерах из [1] покажем проведение научно-технической экспертизы технологического развития России с 1995 года. По данным [2, 3] на период 1992–2010 гг. будут отдельные статьи. Но сразу же оговоримся, что надежные прогнозные модели можно получать только по динамическим рядам за столетний период развития нашей страны.

**Динамика основных показателей инновационной деятельности** по статистическим данным из [1] показана в таблице.

Инновационная активность предприятий (добывающие, обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды)

Год учета	Время $t$ , лет	Доля из общего числа организаций, осуществлявшая технологические инновации $\alpha$ , %	Доля из организаций с техноинновациями, осуществлявшая отдельные виды инновации $\alpha_m$
1995	3	5,5	57,9
1997	5	4,7	4,2
1998	6	5,0	54,3
1999	7	6,2	35,1
2000	8	10,6	42,7
2001	9	9,6	35,5
2002	10	9,8	33,6
2003	11	10,3	30,2
2004	12	10,5	33,0
2005	13	9,3	31,6
2006	14	9,4	33,4
2007	15	9,4	33,5
2008	16	9,6	33,2
2009	17	9,4	34,6
2010	18	9,3	35,7

Начало отсчета принимается по данным Росстата [3]  $t = 0$  1992 год.

Без подробных выкладок приведем результаты идентификации устойчивых закономерностей с волновыми составляющими. Из них в дальнейшем можно будет составлять прогнозные модели.

Доля из общего числа организаций, осуществлявшая технологические инновации  $\alpha$ , %, определяется (рис. 1) трендом

$$\alpha = 4,49736 \exp(0,0056753t^{1,68496}) + 97,60493t^{33,99034} \exp(-31,10300t^{0,41745}). \quad (1)$$

Коэффициент корреляции 0,9344 гораздо выше известного предела 0,7. Абсолютная погрешность (или остаток) формулы (1) дана на рис. 1. Сопоставление остатков с данными из таблице показало погрешность моделирования в некоторых точках более 20%.

Технология моделирования проста: формула, вместе с исходными данными, запускается в программную среду Curve Expert для идентификации связей между количе-

ственно измеренными факторами. Совместно с компьютером исследователь выполняет полуавтоматический поиск значений параметров исходно заданной общей модели. Такой процесс поиска значений параметров модели называется – *структурно-параметрическая идентификация*.

На рис. 2 показан волновой сигнал, полученный по остаткам.

После объединения тренда с волной получена (рис. 3) трехчленная формула вида

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3, \quad (2)$$

$$\alpha_1 = 4,74996 \exp(0,0058016t^{1,64851});$$

$$\alpha_2 = 79,91153t^{33,97928} \exp(-31,11028t^{0,41658});$$

$$\alpha_3 = A \cos(\pi t / p - 0,16535);$$

$$A = -0,10882t^{1,56548} \exp(-7,27287 \cdot 10^{-5} t^{4,32465});$$

$$p = 3,95342 - 0,27233t^{0,73360}.$$

В формуле (2) и далее приняты следующие условные обозначения:  $A$  – амплитуда (половина) колебательного возмущения;  $p$  – половина периода колебания системы, лет.

Коэффициент корреляции стал равным единице только из-за малого количества членов статистического ряда. Программная среда способна обрабатывать ряд, содержащий до 3500 членов. Примем концепцию моделирования динамических рядов до максимального выявления волновых составляющих колебательного возмущения системы в процессе функционирования. Следующая волна возмущения показана на рис. 3.

После объединения всех четырех составляющих была получена математическая функция

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4; \quad (3)$$

$$\alpha_1 = 4,76121 \exp(0,0058083t^{1,64755});$$

$$\alpha_2 = 79,54089t^{33,97928} \exp(-31,11020t^{0,41658});$$

$$\alpha_3 = A_1 \cos(\pi t / p_1 - 0,19094);$$

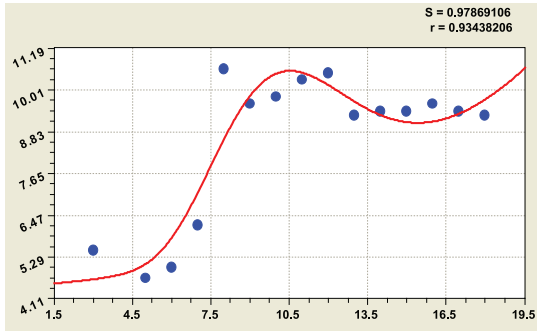
$$A_1 = -0,10913t^{1,57209} \exp(-7,28080 \cdot 10^{-5} t^{4,32465});$$

$$p_1 = 3,95437 - 0,27381t^{0,73360};$$

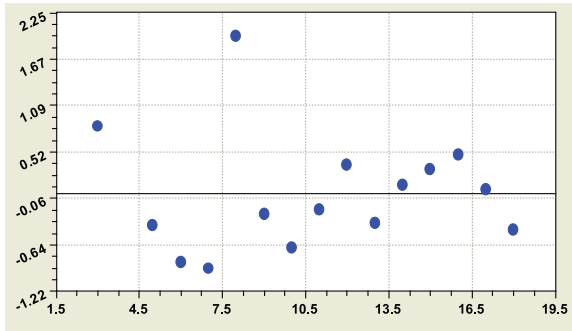
$$\alpha_4 = A_2 \cos(\pi t / p_2 - 0,51998);$$

$$A_2 = -0,024382t^{4,63359} \exp(-1,21796t^{0,80603});$$

$$p_2 = 0,83584 + 0,00029410t^{2,15461}.$$

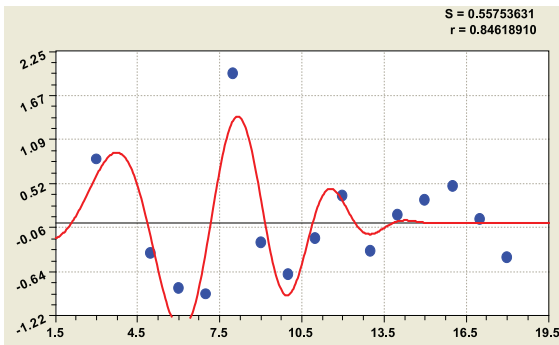


Тренд по формуле (1)

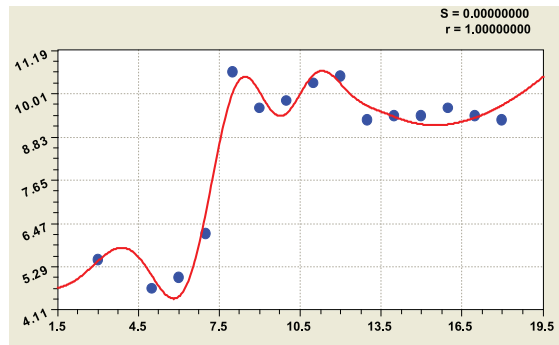


Остатки после тренда (1)

Рис. 1. Динамика доли организаций, выполнявших технологические инновации, из общего количества организаций, по тренду (1):  
 $S$  – дисперсия;  $r$  – коэффициент корреляции как мера адекватности модели

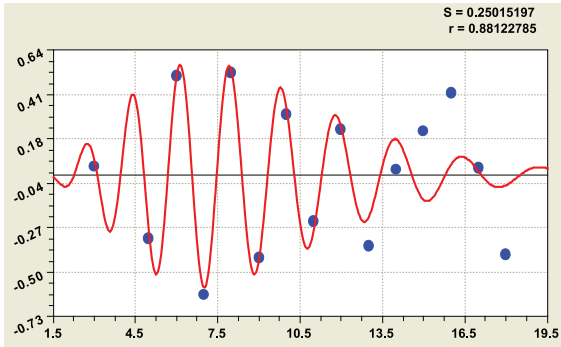


Вейвлет-сигнал по остаткам от (1)



Тренд и волна по формуле (2)

Рис. 2. Динамика доли организаций, выполнявших технологические инновации



Вейвлет-сигнал по остаткам от (2)

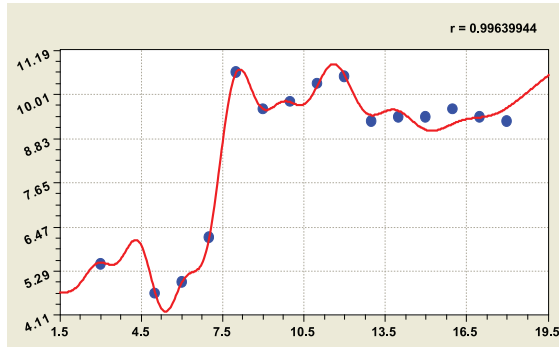
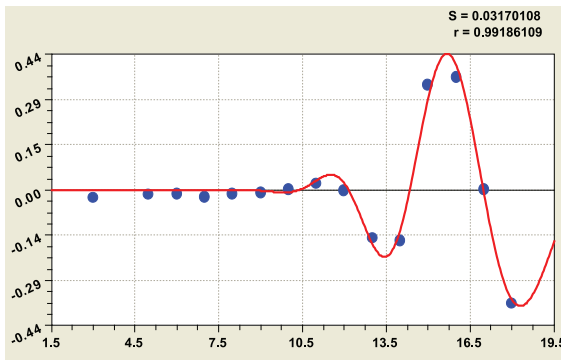
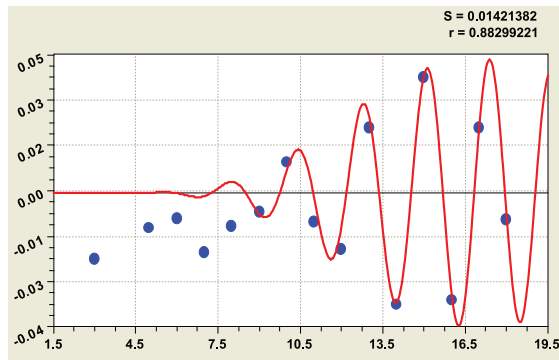


График по модели (3) динамики



Волна по формуле (4)



Волна по формуле (5)

Рис. 3. Волновая динамика доли организаций с технологическими инновациями

Но возможности программной среды не дают сконструировать общую модель с числом параметров более 19, поэтому вне модели (3) остатки дали еще две волны (рис. 3).

Поэтому нужна специальная программная среда по нашим сценариям, которая позволяла бы одновременно считать по модели со 100 составляющими и не менее 1000 параметрами модели. Причем поиск параметров и идентификации полной модели на простых компьютерах является слишком трудоемким. В итоге нужен суперкомпьютер.

Следующую волну возмущения (рис. 3) нашли вне модели (3) по вейвлет-функции вида

$$\alpha_5 = A_3 \cos(\pi t / p_3 - 1,91307); \quad (4)$$

$$A_3 = 4,47315 \cdot 10^{-29} t^{35,66229} \exp(-2,11454 t^{1,00581});$$

$$p_3 = 0,43506 + 0,039859 t^{1,00597}.$$

Даже при малой амплитуде колебания в будущем волна может разрастись до кризисного влияния. Поэтому нужен анализ остатков дальше.

После параметрической идентификации вейвлет-сигнала была получена (рис. 3) шестая составляющая вида

$$\alpha_6 = A_4 \cos(\pi t / p_4 - 0,090048); \quad (5)$$

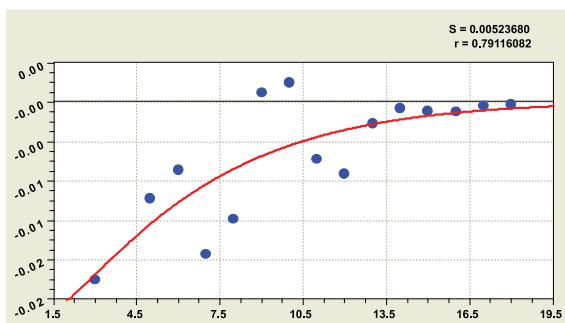
$$A_4 = 1,42394 \cdot 10^{-10} t^{10,45881} \exp(-0,52976 t^{1,03916});$$

$$p_4 = 1,34353 - 0,0032053 t^{1,22275}.$$

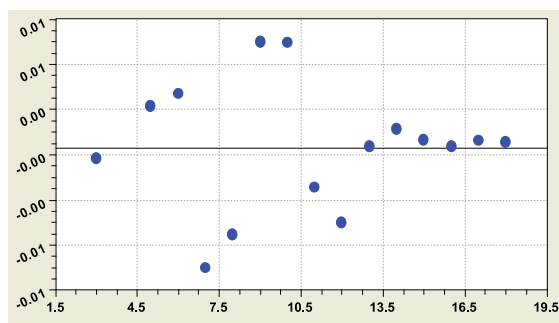
Как и в предыдущих волнах, АЧХ поведения российской экономической системы сложная – поведение характеризуется переменными значениями амплитуды и периода колебания.

Волна возмущения возрастает на будущее время. Это означает, что в российской действительности с 1999 года (левая граница вейвлета) зреет позитивная (положительный знак пред амплитудой) волна роста доли организаций, занимающихся инновационной деятельностью. Но по периоду она сокращается, начиная от  $1,34354 \cdot 2 = 2,68708 \approx 2,7$  года, то есть частота возмущения экономической системы нарастет и может наступить тремор. Высокочастотные колебания очень опасны именно из-за того, что не успеет руководство с ручным управлением экономикой.

Суперкомпьютер со специальной программной средой по нашим сценариям смог бы «потрясти» все шесть составляющих и тогда не было бы графика остатков, как показано на рис. 4. Из-за нестыковки без встряски составляющих общей статистической модели получается поправочная формула по биотехническому закону (не показана).



Поправочная составляющая к модели (5)



Остатки после поправки

Рис. 4. Динамика остатков от общей модели изучаемого показателя

Остатки после поправки также даны на рис. 4.

На прогноз эти остатки дальше не влияют. Эта волна была в прошлом, поэтому она имеет смысл только для историографического анализа.

Таким образом, мы подробно показали технологию идентификации.

Более кратко продолжим дальше анализ данных из таблицы.

**Доля из организаций с техноинновациями**, осуществлявшая отдельные виды

инноватики  $\alpha_m, \%$ , оценивается (рис. 5) трендом вида

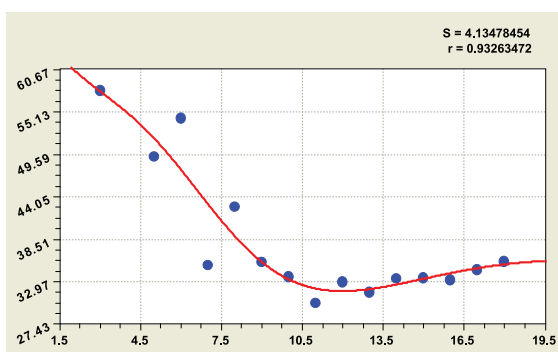
$$\alpha_m = 75,20856 \exp(-0,15321 t^{0,49030}) - 3332964,7 t^{21,41105} \exp(-28,22390 t^{0,33975}). \quad (6)$$

Колебание было в прошлом, и на прогноз оно не влияет. По первой составляющей формулы (6) наблюдается дальнейший спад по закону экспоненциальной гибели.

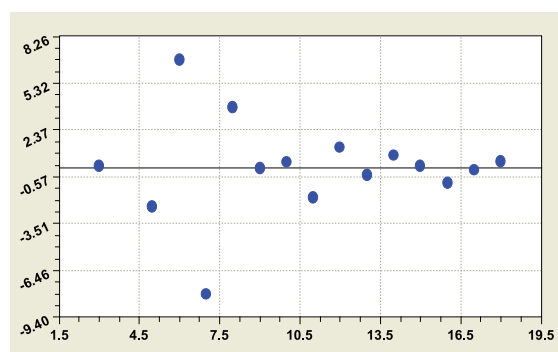
**Критерии оценки.** Они необходимы для сравнительного анализа параметров системы

(экономической или иной с участием человека, то есть так называемой эргатической системы) и выбора наиболее адекватного из

них для последующего проводимого ежегодно итерационного научно-технологического и социально-экономического мониторинга.



Тенденция по модели (6)



Остатки после модели (6)

Рис. 5. Динамика из организаций, выполнявших технологические инновации, по отдельным видам технологических инноваций, по тренду (6)

**Максимальная относительная погрешность**  $\Delta_{\max}$  показывает не только адекватность составной модели, но и характеризует качество процесса управления системой. При этом должно соблюдаться условие, чтобы структурно-параметрическая идентификация исходной закономерности была проведена до максимально возможного количества составляющих (в зависимости от точности измеренных или расчетных исходных данных).

Этот критерий одновременно является важнейшим для оценки замены табличной модели типа таблицы на её математические модели.

Остальные три критерия позволяют выяснить картину поведения в прошлом, то есть в статистически учетный период.

**Значимость**  $\alpha_1$  трендовой (среднестатистической по динамике физической величины, принципиально отличающейся от средних арифметических и иных средних величин) закономерности **факторной функции** характеризует стабильность и устойчивость будущего функционирования системы. Как говорил В.В. Путин: держать тренд.

Этот оценочный показатель детерминированной части (%) факторной функции (может быть более одной составляющей) вычисляется как отношение расчетных значений, в нашем примере первой или первых двух составляющих, к общему расчетному результату, то есть по математическому выражению

$$\alpha_1 = 100Y_1/Y, \quad (13)$$

где  $Y_1$  – первая или первые две составляющие тренда;  $Y$  – расчетное значение параметра системы по общей модели.

**Коэффициент приспособляемости**  $k$  изучаемой системы к внешней (в данной статье к экономической) среде показывает устойчивость в прошлом по отношению к разным внешним и внутренним возмущениям.

Этот оценочный показатель исчисляется по формуле

$$k_{i>1} = Y_{i>1} / Y_1, \quad (14)$$

где  $Y_1$  – трендовая закономерность;  $i$  – номер составляющей общей закономерности.

**Коэффициент динамичности**  $K_d$  поведения системы показывает характеристику стабильности в прошлом и возможную устойчивость к внешним воздействиям в будущем до горизонта инерционного прогноза.

Указанный критерий самоуправления вычисляется по соотношению

$$K_d = \left( \sum_{i \geq 2}^m y_i + \varepsilon \right) / y_{\text{тр}}, \quad (15)$$

где  $y_{\text{тр}}$  – тренд из нескольких не волновых составляющих;  $\varepsilon$  – абсолютная погрешность (остатки), то есть разница между фактически измеренными значениями параметров системы по данным таблицы и рассчитанными значениями по конкретным моделям.

### Вывод

Предлагаемая методология исследования при проведении научно-технической экспертизы, по своей функциональной структуре будущего поведения, вполне позволяет оценивать системы мер в известном документе «Долгосрочный прогноз научно-технологического развития Российской Федерации (до 2025 года)», а затем итерационно проводить мониторинг и уточнять



ежегодно программу научно-технологического развития и диверсификации технологической базы экономики России.

### Список литературы

1. Индикаторы инновационной деятельности: 2012. стат. сб. – М.: НИУ «Высшая школа экономики», 2012. – 472 с.
2. Индикаторы науки: 2011. стат. сб. – М.: НИУ «Высшая школа экономики», 2011. – 368 с.
3. Россия в цифрах – 2012 г. Copyright © Федеральная служба государственной статистики.
4. Мазуркин П.М. Закономерности простых чисел. – Германия: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 280 с.
5. Мазуркин П.М. Активность потребления электроэнергии в Советском Союзе и приспособляемость отраслей экономики к промышленности // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – № 10. – С. 25–34.
6. Мазуркин П.М. Анализ трендов технологического развития и волновых возмущений советской электроэнергетики // Современные наукоемкие технологии. – 2011. – № 6. – С. 53–60.
7. Мазуркин П.М. Потребление электроэнергии в бывшем Советском Союзе без диверсификации и нормализации производства // Международный журнал экспериментального образования. – 2011. – № 10. – С. 24–31.
8. Мазуркин П.М. Прогнозирование российской электроэнергетики: держать тренд и/или гасить волны колебательного возмущения // Современные наукоемкие технологии. – 2011. – № 5. – С. 37–48.

### References

1. Indicators of innovative activity: 2012, statistical collection. Moscow, National research university «The Higher School of Economy», 2012. 472 p.

2. Science indicators: 2011, statistical collection. Moscow, National research university «The Higher School of Economy», 2011. 368 p.

3. Russia in figures – 2012 of Copyright © Federal State Statistics Service.

4. Mazurkin P.M. Regularities of simple numbers. Germany, Palmarium Academic Publishing, 2012. 280 p.

5. Mazurkin P.M., Activity of electricity consumption in the Soviet Union and adaptability of branches of economy to the industry. The International magazine of applied and basic researches, 2011, no. 10, pp. 25–34.

6. Mazurkin P.M., Analysis of trends of technological development and wave indignations of the Soviet power industry. Modern high technologies, 2011, no. 6, pp. 53–60.

7. Mazurkin P.M., Electricity consumption in the former Soviet Union without diversification and production normalization. The International magazine of experimental education, 2011, no. 10, pp. 24–31.

8. Mazurkin P.M., Forecasting of the Russian power industry: to hold a trend and/or to extinguish waves of oscillatory indignation. Modern high technologies, 2011, no. 5, pp. 37–48.

### Рецензенты:

Салихов М.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автомобильных дорог, ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола;

Колупаев Б.И., д.б.н., профессор кафедры водных ресурсов, ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола;

Савин К.Н., д.э.н., профессор кафедры «Экономический анализ и качество», ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов.

Работа поступила в редакцию 08.11.2013.