

УДК 519.83+519.86  
ББК 519

## **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СТИМУЛИРОВАНИЯ ИННОВАЦИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ.<sup>1</sup> ЧАСТЬ 1. ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ**

**Антоненко А. В.<sup>2</sup>, Лошкарев И. В.<sup>3</sup>,  
Панков В. С.<sup>4</sup>, Угольницкий Г. А.<sup>5</sup>**

*(Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону)*

*Рассматриваются оптимизационные модели согласования интересов в электроэнергетике. Представлена программная реализация моделей. На основе полученных результатов сформированы рекомендации и сделаны выводы о целесообразности ввода счетчиков электроэнергии нового поколения.*

Ключевые слова: оптимизационные модели, электроэнергетический сектор, математическое моделирование, программная реализация.

### **1. Введение**

Использование оптимизационных и теоретико-игровых моделей организационного управления представляется перспективным инструментом повышения эффективности электроэнергетической отрасли. В работе анализируется ряд моделей мотивационного управления в области стимулирования инноваций в коммерческом учёте электроэнергии. Анализ

---

<sup>1</sup> Работа поддержана РФФИ, проект №15-01-00432-а.

<sup>2</sup> Андрей Валерьевич Антоненко, кандидат технических наук, ассистент (andrei80586@yandex.ru).

<sup>3</sup> Илья Витальевич Лошкарев, ассистент (loshkarev.i@gmail.com).

<sup>4</sup> Владимир Сергеевич Панков, магистр прикладной математики и информатики (моб. тел. +79888987246).

<sup>5</sup> Геннадий Анатольевич Угольницкий, доктор физико-математических наук, профессор (ougoln@mail.ru).

литературных источников позволяет сделать следующие выводы [1]:

1. При управлении распределенным потреблением электроэнергии в условиях децентрализованного рынка достаточно активно используются математические модели и компьютерные системы поддержки решений на их основе.

2. Среди наиболее широко применяемых моделей можно выделить:

– модели прогноза различных параметров функционирования электроэнергетических систем и рынков электроэнергии (цены, нагрузки, потребление) [14];

– модели влияния различных факторов и подготовки данных (эконометрические, динамические) [7, 8];

– модели рынка и его отдельных участников, в том числе регуляторов и распределяющих компаний (экономико-математические, имитационные модели) [3];

– модели оценки инвестиций [16];

– модели и системы поддержки решений [2, 4–6, 9–13, 18–20];

– модели управления спросом [15, 16].

3. Большинство описанных моделей опирается на данные коммерческого учета потребления электроэнергии, для получения которых необходимо устанавливать интеллектуальные счетчики.

4. Наиболее важными с точки зрения решения практических задач, стоящих перед электроэнергетическими компаниями на конкурентном рынке, представляются задачи управления спросом. Именно инновации в управлении спросом могут дать наибольший эффект в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

5. Комплексное использование моделей и методов управления спросом позволяет не только решать задачи оперативного управления электроэнергетическими системами, но и обеспечить их долгосрочное устойчивое развитие, под которым понимается выполнение базовых социальных, экономических, экологических и технологических требований при условии согласования интересов всех участников рынка электроэнергии. Постановка и решение задач управления

устойчивым развитием электроэнергетической отрасли представляется магистральным направлением фундаментальных и прикладных научных исследований в электроэнергетике.

В ролях ведущего и ведомого в моделях иерархического управления могут выступать различные агенты, например: регулятор рынка – энергетическая компания, энергетическая компания – клиент, крупная оптовая компания – розничные продавцы электроэнергии, компания – филиалы и т.п.

Для решения практических задач управления спросом на электроэнергию представляется целесообразным использовать модели и механизмы управления организационными системами с учетом концепции управления устойчивым развитием. На первый план здесь выходят модели мотивационного управления, описывающие экономические механизмы стимулирования активных агентов. Изучение таких моделей осуществляется средствами теории контрактов [12], информационной теории иерархических систем [5], теории активных систем [2] (сейчас – теории управления организационными системами [9]).

Цель работы – создание программного комплекса для исследования достаточно простых математических моделей, которые могут быть использованы для решения практических задач мотивационного управления в электроэнергетике, и обсуждение проблем их идентификации.

Практическая значимость работы состоит в создании инструмента для анализа и идентификации параметров моделей стимулирования инноваций в электроэнергетике. В данной статье исследованы первые две модели (оптимизационные) из представленного ниже списка (теоретико-игровые модели рассматриваются во второй части статьи):

- классическая модель стимулирования с экспоненциальным видом функций дохода центра и затрат агента;
- классическая модель стимулирования с показательным видом функций дохода центра и затрат агента;
- теоретико-игровая модель с экспоненциальным видом функций дохода игроков;

- теоретико-игровая модель с показательным видом функций дохода игроков;
- теоретико-игровая модель Гермейера – Вателя с экспоненциальным видом функций дохода игроков;
- теоретико-игровая модель Гермейера – Вателя с показательным видом функций дохода игроков.

В составе программного комплекса все представленные модели численно решены:

- классическая модель стимулирования со степенным видом функций дохода центра и затрат агента;
- классическая модель стимулирования с экспоненциальным видом функций дохода центра и затрат агента;
- классическая модель стимулирования с показательным видом функций дохода центра и затрат агента;
- общий случай теоретико-игровой модели со степенным видом функций дохода игроков;
- общий случай теоретико-игровой модели с экспоненциальным видом функций дохода игроков;
- общий случай теоретико-игровой модели с показательным видом функций дохода игроков;
- частный случай теоретико-игровой модели со степенным видом функций дохода игроков;
- частный случай теоретико-игровой модели с экспоненциальным видом функций дохода игроков;
- частный случай теоретико-игровой модели с показательным видом функций дохода игроков;
- теоретико-игровая модель Гермейера – Вателя со степенным видом функций дохода игроков;
- теоретико-игровая модель Гермейера – Вателя с экспоненциальным видом функций дохода игроков;
- теоретико-игровая модель Гермейера – Вателя с показательным видом функций дохода игроков;
- теоретико-игровая иерархическая модель.

## **2. Модели стимулирования инноваций в электроэнергетике**

В качестве примера инновации рассматривается установка компьютеризованных электросистем «Аргус», обеспечивающих автоматизацию учета потребления электроэнергии и ряд функций управления нагрузкой. Применение данного оборудования позволяет увеличить эффективность использования установленной электрической мощности объектов до 30%, повысить уровень пожарной безопасности объектов, снизить затраты на эксплуатацию систем электроснабжения объектов до 15% и увеличить их срок эксплуатации. Максимальная эффективность применения оборудования достигается при строительстве новых и реконструкции старых объектов. Оборудование имеет европейский и российский сертификаты соответствия, его применение одобрено и рекомендовано НП «Центр энергосбережения и инновационных технологий» Ростовской области и ОАО «Донэнерго»

Однако остается открытым вопрос о субъекте финансирования установки компьютеризованных электросистем (интеллектуальных счетчиков) «Аргус» для различных категорий потребителей. Для его решения целесообразно использовать различные классы моделей стимулирования.

### **2.1. КЛАССИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТИМУЛИРОВАНИЯ**

В классической модели стимулирования [4] инноваций, центр компенсирует агенту затраты на совершение действий, приносящих доход центру. Введём следующие обозначения:

$u$  – доля установленных счетчиков от максимального числа (100%-й обеспеченности);

$c(u)$  – затраты агента на установку счетчиков (выпуклая функция);

$s(u)$  – компенсация центром затрат агента.

Модель имеет вид-

$$(1) F(u) = H(u) - s(u) \rightarrow \max, s(u) \in S(u);$$

$$(2) f(u) = s(u) - c(u) \rightarrow \max, 0 \leq u \leq 1.$$

Решение модели:

$$(3) \quad s^*(u) = \begin{cases} c(u) + \delta, & u = u^*, \\ 0, & u \neq u^*; \end{cases}$$

где  $\delta$  – мотивирующая надбавка, а

$$F(u^*) = \max_{0 \leq u \leq 1} F(u) = \max_{0 \leq u \leq 1} [H(u) - c(u)].$$

Рассмотрим различные виды функций дохода центра ( $H(u)$ ) и затрат агента ( $c(u)$ ):

1. Степенные функции дохода центра и затрат агента:

$$(4) \quad H(u) = au^\alpha, \quad 0 \leq \alpha \leq 1;$$

$$(5) \quad c(u) = bu^\beta, \quad \beta \geq 1.$$

Здесь  $a$  – доход центра при 100%-м охвате территории счетчиками;  $b$  – затраты агента на 100%-ю обеспеченность счетчиками;  $\alpha$ ,  $\beta$  – модельные параметры. Найдём аналитическое решение данной модели:

$$(6) \quad F(u) = H(u) - c(u) = au^\alpha - bu^\beta,$$

тогда (14) является точкой максимума, так как справедливо (8):

$$(7) \quad 0 = \frac{dF}{du} = \alpha au^{\alpha-1} - \beta bu^{\beta-1} \Rightarrow u^* = \left( \frac{\alpha a}{\beta b} \right)^{\frac{1}{\beta-\alpha}},$$

$$(8) \quad \frac{d^2 F(u^*)}{du^2} = \alpha(\alpha-1)u^{\alpha-2} - \beta(\beta-1)u^{\beta-2} < 0.$$

Оптимальная доля установленных счётчиков составит

$$u^* = \left( \frac{\alpha a}{\beta b} \right)^{\frac{1}{\beta-\alpha}}.$$

2. Экспоненциальные функции дохода центра и затрат агента:

$$(9) \quad H(u) = a(1 - e^{-\alpha u}), \quad \alpha > 0;$$

$$(10) \quad c(u) = b(e^{\beta u} - 1), \quad \beta > 0.$$

Здесь  $a$  – доход центра при 100%-м охвате территории счетчиками;  $b$  – затраты агента на 100%-ю обеспеченность счетчиками;  $\alpha$ ,  $\beta$  – модельные параметры. Найдём аналитическое решение данной модели:

$$(11) F(u) = H(u) - c(u) = a(1 - e^{-au}) - b(e^{\beta u} - 1),$$

тогда (12) – точка максимума, так как справедливо (13):

$$(12) 0 = \frac{dF}{du} = aae^{-au} - \beta be^{\beta u} \Rightarrow u^* = \frac{\ln\left(\frac{aa}{b\beta}\right)}{\alpha + \beta},$$

$$(13) \frac{d^2F(u^*)}{du^2} = -\alpha^2 ae^{-au} - \beta^2 be^{\beta u} < 0.$$

Оптимальная доля установленных счётчиков составит

$$u^* = \frac{\ln\left(\frac{aa}{b\beta}\right)}{\alpha + \beta}.$$

3. Показательные функции дохода центра и затрат агента:

$$(14) H(u) = a(1 - \alpha^u), \quad 0 < \alpha < 1;$$

$$(15) c(u) = b(\beta^u - 1), \quad \beta > 1.$$

Здесь  $a$  – доход центра при 100%-м охвате территории счетчиками;  $b$  – затраты агента на 100%-ю обеспеченность счетчиками;  $\alpha$ ,  $\beta$  – модельные параметры. Найдём аналитическое решение данной модели:

$$(16) F(u) = H(u) - c(u) = a(1 - \alpha^u) - b(\beta^u - 1),$$

тогда (17) – точка максимума, так как справедливо (18):

$$(17) 0 = \frac{dF}{du} = a \ln(\alpha) \alpha^u - b \ln(\beta) \beta^u \Rightarrow u^* = -\frac{\ln\left(-\frac{a \ln(\alpha)}{b \ln(\beta)}\right)}{\ln(\alpha) - \ln(\beta)},$$

$$(18) \frac{d^2F(u^*)}{du^2} = -a(\ln(\alpha))^2 \alpha^u - b(\ln(\beta))^2 \beta^u < 0.$$

Оптимальная доля установленных счётчиков составит

$$u^* = -\frac{\ln\left(-\frac{a \ln(\alpha)}{b \ln(\beta)}\right)}{\ln(\alpha) - \ln(\beta)}.$$

Несмотря на существование явных аналитических решений модели, была осуществлена ее программная реализация для анализа и содержательной интерпретации зависимости решений от параметров. Подробное обсуждение этой идеи проводится в заключении к работе.

### **3. Программная реализация модели**

Для реализации программ был выбран язык программирования C#. Среда разработки Microsoft Visual Studio 2008 на платформе .NET.

В C# входит много полезных особенностей – простота, объектная ориентированность, типовая защищенность, «сборка мусора», поддержка совместимости версий и многое другое. Ввиду достаточно удобного объектно-ориентированного дизайна, C# является хорошим выбором для быстрого конструирования различных компонентов.

Visual Studio включает в себя редактор исходного кода с поддержкой технологии IntelliSense и возможностью простейшего рефакторинга кода. Встроенный отладчик может работать и как отладчик уровня исходного кода, и как отладчик машинного уровня. Остальные встраиваемые инструменты включают в себя редактор форм для упрощения создания графического интерфейса приложения, веб-редактор, дизайнер классов и дизайнер схемы базы данных. Visual Studio позволяет создавать и подключать сторонние дополнения (плагины) для расширения функциональности практически на каждом уровне.

Для создания пользовательского интерфейса были использованы следующие средства языка C#: Form, Button, GroupBox, Label, Panel, RadioButton, TextBox, TabControl, PictureBox, DataGridView.

Структура программного комплекса показана на рис. 1.



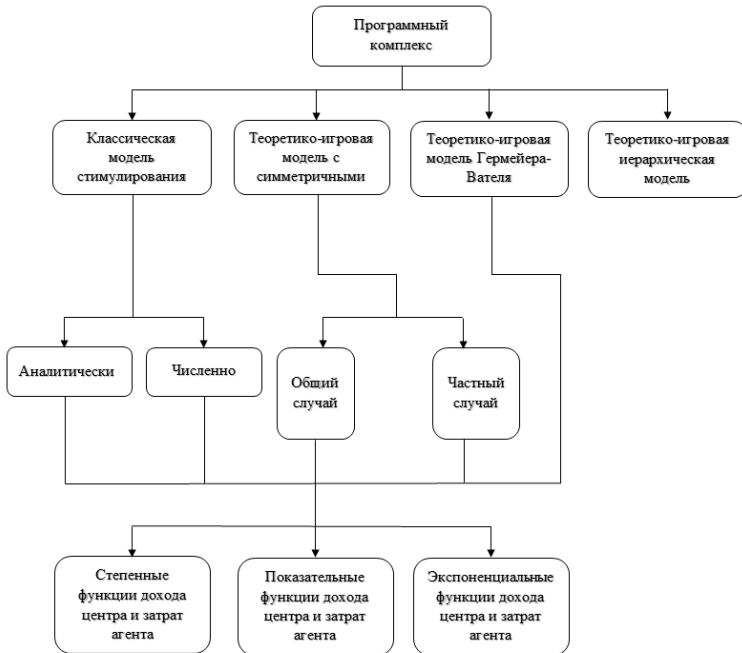


Рис. 1. Структура программного комплекса

#### 4. Выполнение расчётов и анализ результатов

Результаты расчетов представлены на рис. 2–5. В процессе работы были исследованы модели, значения параметров  $\alpha$  и  $\beta$  в которых изменялись в интервале от 0 до 10000; с учетом ограниченности числа графиков в основном показаны случаи интервалов  $0 \leq \alpha \leq 1$ ,  $0 \leq \beta \leq 10$ , где результаты наиболее наглядны.

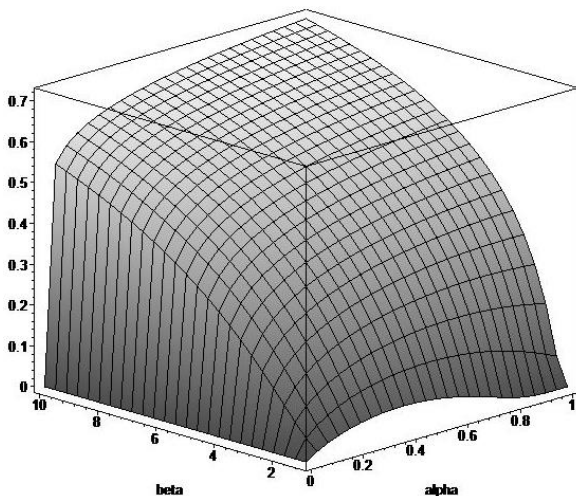


Рис. 2. Вид функции объема инноваций: степенная;  
Доход ( $a$ ) – 10, затраты ( $b$ ) – 20,  $\alpha$  изменяется от 0 до 1,  
 $\beta$  от 0 до 10

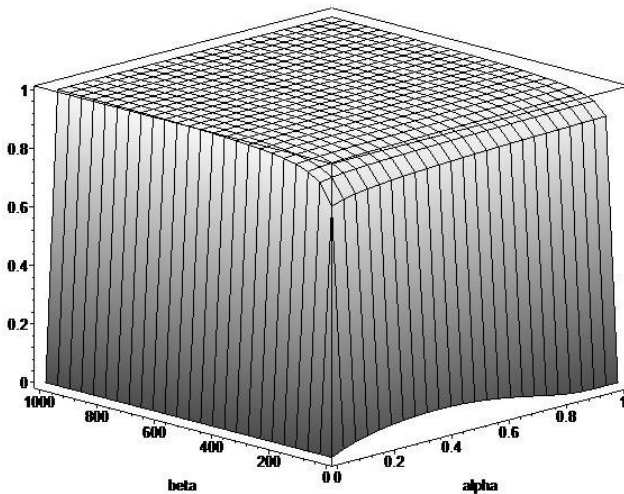


Рис. 3. Вид функции объема инноваций: степенная;  
Доход ( $a$ ) – 10, затраты ( $b$ ) – 20,  $\alpha$  изменяется от 0 до 1,  
 $\beta$  от 0 до 1000

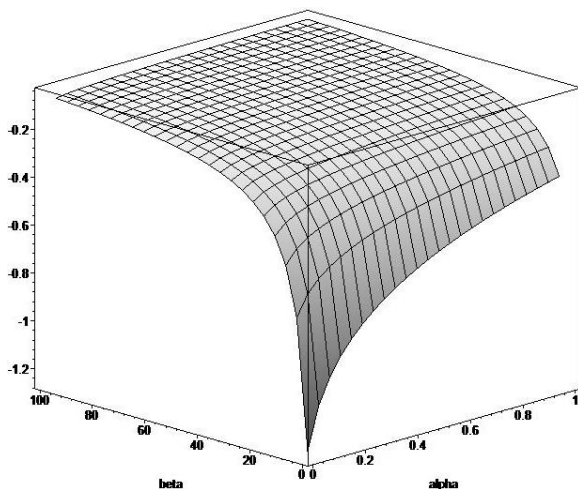


Рис. 4. Вид функции объема инноваций: экспоненциальный;  
Доход ( $a$ ) – 10, затраты ( $b$ ) – 20,  $\alpha$  изменяется от 0 до 1,  
 $\beta$  от 0 до 100

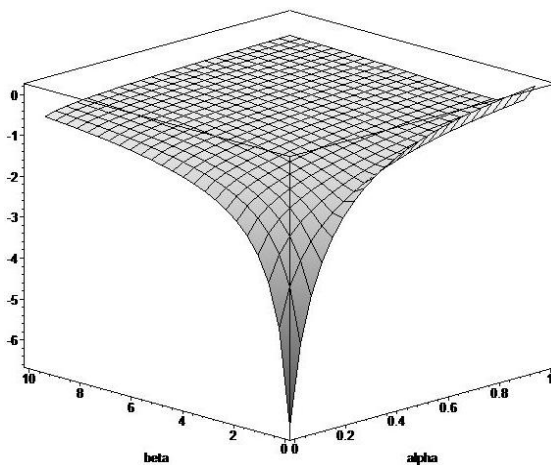


Рис. 5. Вид функции объема инноваций: экспоненциальный;  
Доход ( $a$ ) – 10, затраты ( $b$ ) – 20,  $\alpha$  изменяется от 0 до 1,  
 $\beta$  от 0 до 10

Экономически параметр  $\alpha$  можно трактовать как «коэффициент отдачи» (КО) от инноваций – это внешний параметр, влияние центра на который отсутствует. С ростом КО увеличивается возможная прибыль центра. Более интересен параметр  $\beta$ . При малых его значениях (менее 10) наибольшее влияние оказывает КО, однако с ростом параметра  $\beta$  объем инноваций и, как следствие, прибыль центра уже практически не зависят от КО, что видно на рисунках. Поэтому параметр  $\beta$  можно условно назвать «коэффициентом массовости» (КМ). Иными словами, в случае массовой установки счетчиков нового поколения уровень отдачи для центра растет. Из графиков видно, что максимум объема инноваций при достаточно больших значениях КМ не превышает значения  $u = 1$ . Можно сказать, что при больших (более 100) значениях КМ влияние КО нивелируется и центр может рассчитывать на максимальное значение прибыли от установки счетчиков.

После анализа примеров для данной модели был получен набор выводов и рекомендаций.

1. *Степенные функции дохода центра и затрат агента.* Затраты агента составляют половину дохода центра:  $a = 10$ ,  $b = 20$ ;  $0 \leq \alpha \leq 1$ , шаг по  $\alpha = 0,1$ ;  $1 \leq \beta \leq 10$ , шаг по  $\beta = 1$ .

Итог: максимум  $u^*$  достигается при использовании максимально возможных значений КО и КМ.

2. *Степенные функции дохода центра и затрат агента.* Доход центра вдвое больше затрат агента:  $a = 20$ ,  $b = 10$ ;  $0 \leq \alpha \leq 1$ , шаг по  $\alpha = 0,1$ ;  $1 \leq \beta \leq 10$ , шаг по  $\beta = 1$ .

Итог: максимум  $u^*$  достигается при использовании значений параметров таких, что  $2\alpha \geq \beta$ , иначе наиболее выгодно использовать максимальные возможные значения КО и КМ.

3. *Экспоненциальные функции дохода центра и затрат агента.* Затраты агента равны доходу центра:  $a = b = 1$ ;  $0,2 \leq \alpha \leq 2$ , шаг по  $\alpha = 0,2$ ;  $0,2 \leq \beta \leq 2$ , шаг по  $\beta = 2$ .

Итог: максимум  $u^*$  достигается при использовании минимального значения параметра  $\beta$ , при параметре  $\alpha$  таком, что:  $\alpha > \frac{\beta}{2}$  (в общем случае  $\alpha > \frac{\beta}{k}$ , где  $k = b/a$ ).

*4. Показательные функции дохода центра и затрат агента.*

Затраты агента равны доходу центра:  $a = b = 1$ ;  $0,1 \leq \alpha \leq 0,9$ , шаг по  $\alpha = 0,1$ ;  $1 \leq \beta \leq 10$ , шаг по  $\beta = 1$ .

Итог: максимум  $u^*$  достигается при использовании значений параметра  $\beta$ , близких к 1 справа и при минимально возможных значениях КО.

*5. Показательные функции дохода центра и затрат агента.*

Затраты агента составляют половину дохода центра:  $a = 10$ ,  $b = 20$ ;  $0,1 \leq \alpha \leq 0,9$ , шаг по  $\alpha = 0,1$ ;  $1 \leq \beta \leq 10$ , шаг по  $\beta = 1$ .

Итог: максимум  $u^*$  достигается при использовании значений КО, близких к 1 справа, и при минимально возможных значениях КО.

*6. Показательные функции дохода центра и затрат агента.*

Доход центра вдвое больше затрат агента:  $a = 20$ ,  $b = 10$ ;  $0,1 \leq \alpha \leq 0,9$ , шаг по  $\alpha = 0,1$ ;  $1 \leq \beta \leq 10$ , шаг по  $\beta = 1$ .

Итог: максимум  $u^*$  достигается при использовании значений КО, близких к 1 справа, и при минимально возможных значениях КО.

## **5. Заключение**

В статье исследованы следующие модели:

- классическая модель стимулирования с экспоненциальным видом функций дохода центра и затрат агента;
- классическая модель стимулирования с показательным видом функций дохода центра и затрат агента.

В составе программного комплекса реализовано решение следующих моделей:

- классическая модель стимулирования со степенным видом функций дохода центра и затрат агента;
- классическая модель стимулирования с экспоненциальным видом функций дохода центра и затрат агента;
- классическая модель стимулирования с показательным видом функций дохода центра и затрат агента.

Представлены тестовые примеры, проведён анализ решения. На основе результатов работы программного комплекса можно сделать следующие выводы.

Для классической модели стимулирования были рассмотрены три вида функций.

Для степенного вида функций дохода центра и затрат агента в случае, когда  $a \leq b$  (доход центра не превышает затрат агента), максимум целевой функции достигается при использовании максимальных значений КО и КМ. Если же  $a > b$ , то в целом тенденция роста решения при росте КО и КМ сохраняется, но при этом в случае, когда  $\alpha \geq \beta / 2$ , решение гарантированно принимает максимальное значение.

В случае экспоненциального вида функций дохода центра и затрат агента влияние КО и КМ на решение зависит от значения параметров  $a$  и  $b$ . Если  $a = b$ , то максимум решения достигается при использовании минимального значения КМ и при параметре  $\alpha$  таком, что  $\alpha > \beta$ . Если  $a < b$ , то максимум решения достигается при использовании минимального значения КМ и при параметре  $\alpha$  таком, что  $\alpha > \beta / k$ , где  $k = b / a$ . Если  $a > b$ , то максимум решения достигается при использовании минимального значения КМ и при параметре  $\alpha$  таком, что  $\alpha > k\beta$ , где  $k = b / a$ .

В случае показательного вида функций дохода центра и затрат агента влияние КО и КМ на решение не зависит от значения параметров  $a$  и  $b$ . При любом их соотношении максимум решения достигается при значении КМ таком, что  $\beta = 1 + \varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – сколь угодно малое число, и при использовании минимального значения КО.

В случае модели со степенным видом функций решение модели растёт по параметрам  $a_i$ ,  $\alpha_i$  и убывает по параметрам  $b_i$ .

В случае модели с показательным видом функций решение модели зависит от конкретного сочетания параметров  $a_i$  и  $\beta$ .

В случае модели с экспоненциальным видом функций решение модели убывает по параметрам  $\beta$  и  $b_i$ , растёт по параметрам  $a_i$ , а по параметрам  $\alpha_i$  сначала растёт, а затем убывает.

Предложена интерпретация модельных параметров  $\alpha$ ,  $\beta$  как коэффициентов «отдачи» и «массовости» соответственно. С ростом КО увеличивается возможная прибыль центра. При малых значениях КМ основную роль по-прежнему играет КО, а

при их увеличении на объем инноваций и соответствующую прибыль влияет уже КМ.

В целом показано, что для различных функций доходов и затрат и сочетания их числовых параметров оптимальными оказываются различные доли внедрения интеллектуальных счетчиков электроэнергии.

Рассмотренные классы моделей с различными видами функций описывают качественно различные ситуации. Используя данные о влиянии модельных параметров на решение, можно провести идентификацию представленных параметров с помощью экспертных оценок.

### Литература

1. АНТОНЕНКО А.В., УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Модели мотивационного управления в электроэнергетике и проблемы их идентификации* // Управление большими системами. – 2014. – №47. – С. 92–124.
2. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Теория активных систем: состояние и перспективы*. – М.: Синтег, 1999. – 128 с.
3. БУРКОВ В.Н., ГУБКО М.В., НОВИКОВ Д.А. *Организационные механизмы управления в электроэнергетике* // Управление развитием крупномасштабных систем. – М.: Изд-во физ.-мат. лит-ры, 2012. – С. 261–278.
4. БУРКОВ В.Н., КОРГИН Н.А., НОВИКОВ Д.А. *Введение в теорию управления организационными системами*. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 264 с.
5. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б., ВАТЕЛЬ И.А. *Игры с иерархическим вектором интересов* // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. – 1974. – №3. – С. 54–69.
6. ГОРЕЛИК В.А., ГОРЕЛОВ М.А., КОНОНЕНКО А.Ф. *Анализ конфликтных ситуаций в системах управления*. – М.: Радио и связь, 1991. – 288 с.
7. ДОУГЕРТИ К. *Введение в эконометрику*. – М.: Инфра-М, 1999. – 465 с.
8. ЛЬЮНГ Л. *Идентификация систем. Теория для пользователя*. – М.: Наука, 1991. – 432 с.

9. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
10. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Иерархическое управление устойчивым развитием // Общественные науки и современность*. – 2010. – 336 с.
11. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Устойчивое развитие организаций*. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 320 с.
12. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Модели конфликтов*. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 320 с.
13. УГОЛЬНИЦКИЙ Г.А. *Математическое моделирование сложных систем // Научное наследие Ю.А.Жданова и современные проблемы моделирования сложных социосистем (на материалах Юга России)*. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ, 2012. – С. 32–41.
14. BAYON L., SUAREZ P., MATIAS J.M. et al. *Influence of forecasting electricity prices in the optimization of complex hydrothermal systems // Journal of Computational and Applied Mathematics*. – 2009. – No. 232. – P. 262–274.
15. FOLEY A.M., GALLACHOIR B.P., HUR J. et al. *A strategic review of electricity systems markets // Energy*. – 2010. – No. 35. – P. 4533–4530.
16. HASANI M., HOSSEINI S.H. *Dynamic assessment of capacity investment in electricity market considering complementary capacity mechanisms // Energy*. – 2011. – No. 36. – P. 277–293.
17. LAFFONT J.-J., MARTIMORT D. *The Theory of Incentives. The Principal-Agent Model*. – Princeton, 2002. – 440 p.
18. MIRZA F.M., BERGLAND O. *The impact of daylight saving time on electricity consumption: Evidence from southern Norway and Sweden // Energy Policy*. – 2011. – No. 39. – P. 5008–5025.
19. SHI L., ZENG M., Li L. *A Novel Electricity Marketing Model Integrating Intelligent Disaster-Recovery System // Systems Engineering Procedia*. – 2012. – No. 4. – P. 133–142.
20. STADLER M., KRAUSE W., SONNENSCHNEIN M. et al. *Modelling and evaluation of control schemes for enhancing load shift of electricity demand for cooling devices // Environmental Modelling and Software*. – 2009. – No. 24. – P. 285–295.



**SOLVING PROBLEM OF INNOVATION FUNDING  
INCENTIVE IN ELECTRICITY POWER INDUSTRY. PART  
1.OPTIMIZATION MODELS**

**Andrey Antonenko**, Southern Federal University, Rostov-on-Don,  
Ph.D., Assistant (andrei80586@yandex.ru)

**Ilya Loshkarev**, Southern Federal University, Rostov-on-Don,  
Assistant (loshkarev.i@gmail.com)

**Vladimir Pankov**, Rostov-on-Don, M.Sc. (+79888987246)

**Gennady Ugolnitsky**, Southern Federal University, Rostov-on-Don,  
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor  
(ougoln@mail.ru)

*Abstract: We study optimization models of interest coordination in the electric power industry. Algorithms are implemented in applied software. Analysis of computer simulations provides motivation for deployment of the new generation of electricity meters.*

**Keywords:** optimization models, electric power industry, mathematical modeling, software implementation.

*Статья представлена к публикации  
членом редакционной коллегии В.И. Зоркальцевым*

*Поступила в редакцию 15.01.2015.  
Опубликована 30.11.2015.*