

З.Х.Борукаев, к.т.н., вед. науч. сотр. ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины  
К.Б.Остапченко, к.т.н., доцент НТУУ «КПИ»  
О.И.Лисовиченко, к.т.н., доцент НТУУ «КПИ»

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭНЕРГОРЫНКА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕН НА РЫНКАХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ

### Часть 1. Общая формулировка задачи.

Приведено краткое обоснование необходимости разработки компьютерной модели анализа динамики энергорынка в условиях изменения цен на энергоносители.

**Ключевые слова:** модель, рынок электроэнергии, рынки природного газа, энергетического угля, топчного мазута, организационная система управления.

Наведено коротке обґрунтування необхідності розробки комп'ютерної моделі аналізу динаміки енергоринку в умовах зміни цін на енергоносії.

**Ключові слова:** модель, ринок електроенергії, рынки природного газу, енергетичного вугілля, топкового мазуту, організаційна система управління.

A brief rationale for the development of a computer model analysis of the dynamics of the energy market in a changing energy prices.

**Key words:** model, electricity market, the market for natural gas, steam coal, fuel oil, organizational management system.

Введение. Системное управление крупными хозяйственными комплексами государства, объединяющими множество взаимосвязанных подсистем - отраслей хозяйства, взаимодействующих как между собой, так и в различных сферах жизнедеятельности общества и сформировавшихся в виде сложных организационно-технических систем (СОТС), представляет собой довольно сложную проблему, исследованиям которой в течение многих десятилетий было посвящено большое количество работ. Однако нет оснований считать её до конца изученной и решенной. Поскольку и в настоящее время исследованиям различных теоретических и прикладных аспектов этой проблемы многими исследователями уделяется большое внимание.

К числу таких СОТС, моделированию процессов функционирования которой, как сложной системы, также было посвящено немало работ, относится топливно-энергетический комплекс (ТЭК) и система его управления. Как показано в [1, 2], её исследование возможно только на основе применения системного подхода.

Анализ методов и средств моделирования, разрабатываемых для решения многих задач управления, являющихся, как правило,

слабоформализуемыми, показывает, что новые подходы создаются путем развития и совершенствования традиционных технологий математического моделирования на основе применения современных информационных технологий построения компьютерных моделей функционирования элементов систем организационного управления и их взаимодействия. Таким образом, на основании анализа литературных источников, можно сделать вывод о том, что в современных условиях практически безальтернативным методом исследования функционирования сложных организационно-технических систем, с учетом особенностей взаимодействия составляющих его элементов, остается системный анализ. Его применение предполагает представление элементов СОТС также в виде сложных систем преобразующих воздействие на них взаимодействующих и взаимосвязанных элементов и внешней среды - входных переменных, в ответные воздействия системы в целом и каждого элемента на внешнюю среду - выходные переменные.

1. Уровни и области взаимодействия элементов систем организационного управления. Для того чтобы приступить к формальному описанию отношений элементов выделенной системы в процессе хозяйственного функционирования, необходимо определить основные уровни и области взаимодействия их систем организационного управления, а также задачи организационного управления, решение которых должно обеспечиваться соответствующими органами системы управления. На основе анализа литературных источников можно сделать вывод о том, что, как правило, выделяют следующие уровни и области взаимодействий в процессе формирования и принятия решений.

А). Международный (глобальный) уровень, на котором необходимо выделить такие области взаимодействия - геополитическая, геоэнергетическая, геоэкономическая, геоэкологическая, информационная. Основные задачи управления - подготовка и принятие международных институциональных норм и соглашений, направленных на обеспечение энергетической, экономической, экологической безопасности государства, а также создание необходимых информационных ресурсов для наиболее оптимального их решения.

Б). Государственный (межотраслевой). На этом уровне выделяют такие основные области взаимодействия - политическая, экономическая, энергетическая, экологическая, информационная. Основные задачи управления - создание Энергетической стратегии государства, подготовка и принятие институциональных норм и соглашений, обеспечивающих её реализацию, формирование равных условий экономического равновесия и роста для всех элементов и субъектов хозяйственной системы, создание условий для формирования конкурентных рынков ресурсов производства и продукции ТЭК, создание необходимых условий для информационного обмена объективной научной, технической и экономической информацией, формирование необходимых информационных ресурсов для поддержки

принятия решений.

С). Отраслевой уровень. Области взаимодействия такие же, как и на межотраслевом уровне. Основное отличие состоит в комплексном решении взаимосвязанных функциональных задач управления, непосредственно связанных с функционированием элементов и субъектов ТЭК. Они направлены на создание необходимых условий для реализации всех целей управления для достижения главной цели - обеспечения надёжного обеспечения потребителей энергией и энергетическими ресурсами требуемого качества и количества с учетом современных требований к энергоэкологической и экономической эффективности электроэнергетического производства.

Д). Региональный уровень. Области взаимодействия такие же, как и на предыдущих двух уровнях. Основные задачи управления связаны с решением задач обеспечения экономической, энергетической и экологической безопасности и социального развития регионов.

Основные задачи управления связаны с обеспечения экономической, энергетической и экологической безопасности и социального развития государства в целом и регионов.

Очевидно, что создание математической модели процесса функционирования элементов ТЭК, а также системы его организационного управления, в такой постановке с учетом всего многообразия его элементов и объектов, особенностей проявления их взаимосвязей на выделенных уровнях и в областях взаимодействий, представляет собой трудноразрешимую задачу.

В научной литературе опубликовано немало работ связанных с разработкой средств математического и компьютерного моделирования для системного исследования и анализа взаимодействия электроэнергетики и отраслей экономики в рыночных условиях. Большинство из них посвящено решению задач стратегического управления и планирования развитием и функционированием электроэнергетики в целях обеспечения энергетической безопасности, реформирования структур управления электроэнергетикой и формирования рынков электроэнергии и энергоресурсов.

Разработки средств математического и компьютерного моделирования для исследования качественного и количественного взаимного влияния энергетики и экономики начались в начале 70-х годов прошлого столетия во многих странах мира, столкнувшихся с энергетическим кризисом, вызванным резким скачком цен на энергоносители. Удорожание энергоносителей, а, следовательно, вторичной электрической энергии, обусловило необходимость решения целого комплекса задач в различных отраслях экономики, связанных с повышением энергоэффективности производства и потребления энергии, разработкой программ энергосбережения и энергосберегающих производственных технологий. Кроме этого большое развитие получили модели, предназначенные для решения задач долгосрочного прогнозирования развития энергетики с учетом взаимодействия с отраслями экономики и других исследовательских задач [3]. Наиболее известные среди них:

экономические модели ДРИ Брукхевен, включающая оптимизационную модель энергоснабжения БЕКОМ, макроэкономическую модель Хадсона – Юргенсона и статическую межотраслевую модель Иллинойского университета; модель ЭТА – МАКРО, разработанная в Стенфордском университете, состоящая из макроэкономической модели роста, имитирующей динамику рыночной и модели энергетических технологий [4]. В Западной Европе разработка и исследование аналогичных экономических моделей проводились в ФРГ в Юлихе (Центр ядерных исследований) и в Швейцарии в Цюрихе (Центр экономических исследований) для Европейского экономического сообщества. Более подробное описание известных моделей, разработка которых была осуществлена в те годы, дано в литературе [5]. Совершенствование и развитие указанных моделей продолжается и в настоящее время на основе использования современных информационных технологий.

В Российской Федерации, в настоящее время для решения различных исследовательских задач прогнозирования развития энергетики с учетом ее взаимодействия с экономикой наиболее широкое применение нашли модели МЕНЕК и Scaner (Институт энергетических исследований РАН, г. Москва) [6,7], МИДЛ и ИМПАКТ (Институт систем энергетики им. Мелентьева, СО РАН, г. Иркутск), ЭКОМОД (ВЦ РАН, г. Москва) [21], работы над созданием которых также были начаты еще в 80-х годах.

Однако при решении задач организационного управления электроэнергетическим комплексом в краткосрочной перспективе зачастую возникают задачи управления, необходимость решения которых обусловлена необходимостью учета динамики колебания цен на энергоносители. В частности это могут быть задачи перераспределения инвестиций в добывающие отрасли, диверсификации рынков энергоресурсов, задачи управления функционированием ОРЭ в части формирования оптовых цен покупки электроэнергии у генерирующих компаний т.д.

Поиск взаимосогласованного и взаимоприемлемого решения таких задач невозможно осуществить без проведения системного анализа текущих процессов взаимодействия рынков электроэнергии и энергоресурсов.

Поэтому в данной работе мы ограничимся рассмотрением вопросов формулировки одной из частных задач анализа взаимодействия экономики и энергетики, а, именно, анализа взаимного влияния рынков электроэнергии и энергоносителей. Влияние решений других уровней управления, безусловно сказывается на функционировании ТЭК, но в основном при решении задач перспективного развития, а также на этапе регулирования цен на внутреннем и внешнем рынках энергоносителей и электрической энергии. Поэтому можно считать, что в определенной степени результаты регуляторных управленческих решений на этих уровнях, выраженные в виде конкретных оптовых цен и тарифов на электроэнергию и энергоресурсы, в данном исследовании будут косвенно учитываться.

2. Общая формулировка задачи. Очевидно, что число факторов, существенным образом влияющих на состояние отраслей ТЭК как внешних, так и внутренних достаточно велико. К их числу относят цены на производимые и потребляемые материальные ресурсы, в том числе и энергетические, цены на трудовые, финансовые и информационные ресурсы, ставки основных налогов, сборов и пошлин. В данной работе мы ограничимся рассмотрением случая, когда в каждой из отраслей выделим только один фактор, являющийся системообразующим, изменения которого отражается на состоянии других отраслей и экономики в целом. А, именно – цена на соответствующем рынке производимого продукта - электроэнергии, энергетического угля, природного газа, топочного мазута.

Принятие решений по управлению взаимодействием указанных рынков в таких условиях обуславливает необходимость создания системы информационного обеспечения, основанной на непрерывном, с определенной дискретностью времени, исследовании процессов взаимодействия рынков электроэнергии и энергоресурсов путем применения специализированных средств математического и компьютерного моделирования для анализа динамики ценовых колебаний и последующего прогноза развития ситуации. Решение задачи такого класса сложности требует разработки математической и информационной моделей взаимодействия рынков электроэнергии и энергоносителей, и на основе их применения компьютерной модели анализа и прогноза динамики рынков электроэнергии и энергоносителей.

Согласно ныне действующей модели Оптового рынка электроэнергии (ОРЭ) Украины (энергорынок), затраты тепловых электростанций являются определяющими при формировании конкурентной оптовой цены покупки электроэнергии у генерирующих компаний на ОРЭ. Учитывая то обстоятельство, что доля топливной составляющей в себестоимости электроэнергии тепловых электростанций (ТЭС) и теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) достигает 80%, представляется целесообразным выделить в ТЭК и объединить в сложную подсистему тепловую электроэнергетику и отрасли, обеспечивающие добычу и поставку основных органических энергоносителей для ее функционирования – энергетического угля, природного газа, топочного мазута в Украине, для моделирования динамики влияния изменения цен на указанные энергоносители на формирование оптовых цен покупки и продажи электроэнергии и прогноза оптовой цены покупки электроэнергии на ОРЭ в текущем месяце на последующий.

На рис.1,2,3,4 для иллюстрации представлены графики, отражающие динамику изменения срезвзвешенных месячных цен покупки на электроэнергию у компаний ТЭС и ТЭЦ в 2011 г., энергетический уголь, природный газ и топочный мазут за период 2011-2013гг.

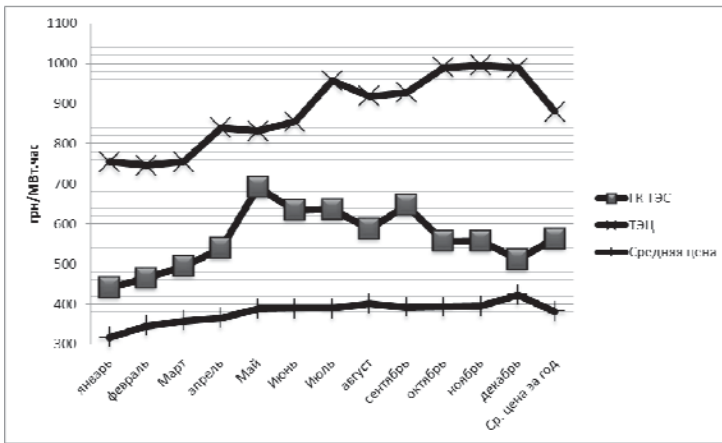


Рис. 1. Динамика цен покупки электроэнергии.

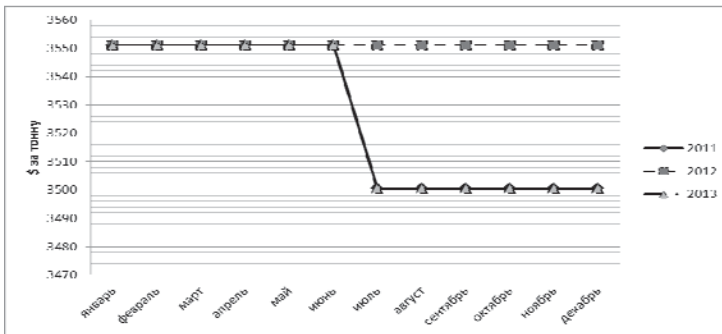


Рис. 2. Динамика рынка природного газа

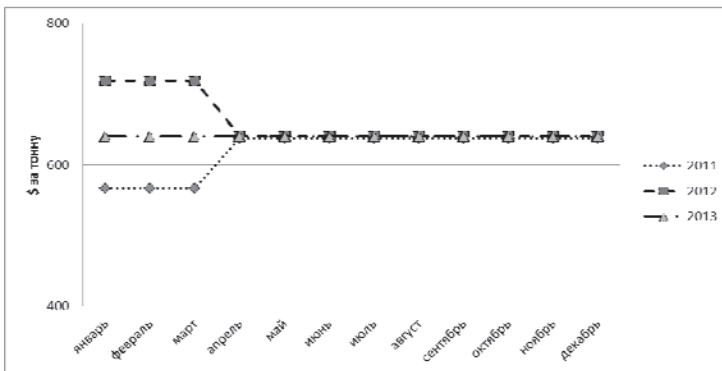


Рис. 3. Динамика рынка энергетического угля

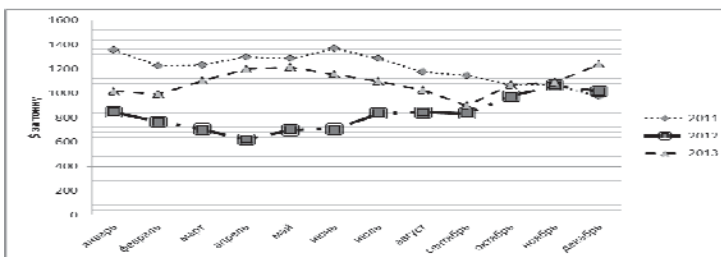


Рис.4. Динамика рынка топочного мазута

Проведение исследований динамики цен на электроэнергию, в зависимости от изменения цен на энергоносители, требует разработки специализированных средств математического и компьютерного моделирования для анализа и прогноза динамики цен на энергоносители, учета влияния изменения цен на энергоносители, при определении Регулятором рынка прогнозной оптовой цены продажи электроэнергии на ОРЭ в текущем месяце на последующий, в виде компьютерной модели мониторинга, анализа и прогноза взаимного влияния динамики цен на электроэнергию и энергоресурсы [9]. Постановка такой задачи исследования связана также и с тем, что тепловая электроэнергетика приобретает энергоносители по складывающимся рыночным ценам на соответствующих рынках энергетического угля, природного газа и топочного мазута, а продает электроэнергию по, утверждаемым Регулятором рынка электроэнергии, фиксированным тарифам, которые должны своевременно и корректно учитывать динамику изменения цен на энергоносители. Применение такой компьютерной модели возможно и для решения задач управления запасами энергоресурсов генерирующими компаниями.

Исходные данные для разработки компьютерной модели, частично представленные в виде графиков на рис. 1-4, сформированы на основе материалов, представленных в источниках [10-14].

Результаты работ, связанных с разработкой методического, информационно-технологического и программного обеспечения будут представлены в последующих публикациях.

1. Макаров А.А., Меленьтьев Л.А. Методы исследования и оптимизация энергетического хозяйства.-Новосибирск :Наука, 1973.- с.
2. Меленьтьев Л.А. Системные исследования в энергетике. - М.:Наука, 1983г.– 455 с.
3. Гершензон М.А. Моделирование динамики межотраслевых связей энергетики и экономики.- Наука:Сибирское отд.-1983 г.-239 с.
4. Манн А.С. Эта-Макро: Модель взаимодействия энергетики и экономики//Экономика и математические методы.-1978, Т.14, вып.5.-С.867 – 886.
5. Кононов Ю.Д. Энергетика и экономика (Проблемы перехода к новым источникам энергии).- М.: Наука.-1981.-188 с.
6. Макаров А.А., Шапот Д.В., Лукацкий А.М., Малахов В.А. Инструментальные средства для количественного исследования взаимосвязей энергетики и

економики//Економика и математические методы.- 2002.-38, №1.-С.45-56.

7. Макаров А.А. Веселов Ф.В. «SCANNER» - инструмент для ориентации в энергетическом будущем.gosbook.ru>node/71433

8. Петров А.А., Поспелов И.Г., Поспелова Л.Я., Хохлов М.А. Экомод – интеллектуальный инструмент разработки и исследования динамических моделей экономики// Труды второй всероссийской научно – практической конференции ИММОД – 2005.СПб:ФГУП ЦНИИТС.-2005, Т.1.- С. 32-41.

9. Борукаев З.Х., Евдокимов В.Ф., Остапченко К.Б., Шатров В.Ф. Компьютерные системы организационного управления в энергетикею- Киев: Энергетика и электрификация, 2002.- 66 с.

10. www.er.energy.gov.ua

11. Інформаційний бюлетень НКРЕ .-№№ 1-12, 2011-2013гг.

12. Дані ДП «Вугілля України»

13. Энергетика.Энергсбережение.Энергоаудит.-№№ 1-12, 2011-2013гг.

14. www.bensol.ru

*Поступила 20.08.2014р.*

УДК 681.3.06(075)

О.В. Кузьмін, к.т.н., доцент каф. АСУ Національного університету «Львівська політехніка», м.Львів,

С.О.Кузьмін, магістр каф. ОМ факультету кібернетики Київського національного університету, м.Київ

## **ОЦІНКА ЧАСУ ПЕРЕДАЧІ ПОВІДОМЛЕНЬ В СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ КЛАСТЕРНОЇ СТРУКТУРИ**

У статті наведений алгоритм, за яким можна визначити час передачі повідомлень в сенсорних мережах кластерної структури.

В статье приведен алгоритм, который дает возможность определить время передачи сообщений в сенсорных сетях кластерной структуры.

In this article the algorithm which allows to determine time for messages transmission in sensor networks of cluster structure is shown.

**Ключові слова** – сенсор, мережа, кластер.

**Ключевые слова** –сенсор, сеть, кластер.

**Keywords** – sensor, network, cluster.

### **Вступ**

Основне призначення сенсорних мереж – збір інформації з навколишнього середовища. Сенсорна мережа складається з множини нодів (мікропроцесорних пристроїв), до складу яких входять датчики вимірювання фізичних величин, і які взаємодіють між собою на основі радіозв'язку.

В даній роботі розглядається кластерна структура побудови і