

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМУ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В БУДІВЛЯХ

У теперішній час збільшення енергоємності сучасних будівель, а також нелюбова функція їхніх експлуатаційних режимів призвели до того, що радикальні методи управління режимом споживання теплової енергії для цих будівель, переросли в ефективний засіб.

У цьому розділі аналізуються можливості застосування експертних систем для регулювання режиму споживання теплової енергії в сучасних багатофункціональних будівлях. Пропонується приблизна структура глобальної експертної системи керування тепловою енергією для сучасних багатофункціональних будівель.

На сьогоднішній день зростання енергоємності сучасних будівель, а також інтенсифікація їхніх режимів експлуатації призвели до того, що традиційні методи управління режимом споживання теплової енергії для цих будівель перестали бути ефективним інструментом. У статті проаналізовано можливість використання експертних систем для регулювання споживання теплової енергії в сучасних багатофункціональних будівлях. Запропоновано апроксимаційну структуру гібридної експертної системи управління тепловою енергією для сучасних багатофункціональних будівель.

Ключові слова: *Житлові та громадські будівлі, тепла енергія, методи управління, енергоємність, матеріальні витрати, експертна система/*

Вступ

В умовах обмеженості енергетичних ресурсів для сталого і збалансованого розвитку країни все більшого значення набуває вирішення завдань оптимізації енергоспоживання. Ця оптимізація важлива не тільки для великих російських компаній (які забезпечують основну частку податкових надходжень до державного бюджету), але й для житлових будинків з метою зменшення споживання енергії. У цій статті розглядається комплексний підхід у сфері моніторингу та управління енергоспоживанням багатоквартирних будинків в рамках програми енергоменеджменту з використанням автоматизованої системи управління тепловою та електричною енергією.

Ускладнення структури, збільшення протяжності та зростання енергоємності сучасних будівель, а також інтенсифікації їхніх експлуатаційних режимів призвели до того, що традиційні методи управління, що застосовуються в цих будівлях, перестали бути ефективним засобом раціонального розподілу теплової енергії між споживачами. Це призвело до різкого зростання непродуктивних витрат матеріальних і енергетичних ресурсів, до зниження ступеня задоволення споживачів тепловою енергією.

Застосування інформаційних технологій під час вирішення задач економії споживання теплової енергії полягає в автоматизації процесів моніторингу та підтримки прийняття рішень при управлінні режимами теплозабезпечення. Складність ієрархічної структури систем теплозабезпечення, а також необхідність урахування невизначеностей впливу зовнішнього середовища та неузгодженість критеріїв на різних рівнях управління визначають різноманітність наукових напрямів і технічних рішень реалізації окремих задач автоматизації управління процесом теплозабезпечення.

Незважаючи на широке застосування інформаційних технологій для автоматизації розв'язання окремих задач у комунальній теплоенергетиці, на сьогоднішній час відсутній єдиний комплексний підхід до вирішення проблеми підвищення ефективності процесів прийняття рішень при управлінні теплозабезпеченням об'єктів соціально-бюджетної сфери. Удосконалення інформаційної підтримки процесів прийняття рішень дозволить підвищити ефективність прийнятих рішень щодо управління режимами теплозабезпечення, що, у свою чергу, дозволить скоротити споживання теплової енергії будівлею при забезпеченні комфортних умов в опалюваних приміщеннях.

Як об'єкти управління, сучасні житлові та громадські багатофункціональні будівлі належать до класу багатовимірних багатозв'язних нелінійних стохастичних систем із розподіленими параметрами,

специфічною особливістю яких є їх багаторівнева структура, високий рівень невизначеності структури, параметрів та станів об'єкта управління (будівлі), наявність у векторі управління як безперервних, так і дискретних компонент.

Управління розподілом теплової енергії

Наразі накопичено значний досвід з моделювання та оптимізації режиму розподілу теплової енергії в сучасних будівлях [3, 5]. Однак розроблені методи оптимізації є, як правило, детермінованими, не враховують реальні умови функціонування цих будівель, пов'язані з невизначеністю як об'єкта управління (будівлі), так і навколишнього середовища.

Отримувані за допомогою цих методів оптимальні рішення щодо розподілу теплової енергії між споживачами відповідають тільки конкретним граничним умовам і перебувають, як правило, на межі допустимої області. Практично це призводило до того, що навіть незначні варіації граничних умов могли не тільки істотно змінити оптимальне рішення, а й вивести його з області технічно допустимих режимів, тобто призвести до аварійної ситуації. Природно, що такі оптимальні рішення є неприйнятними для практики.

Основна мета оперативного управління розподілом теплової енергії для сучасних житлових будинків полягає в забезпеченні якнайкращого задоволення вимог споживачів[1,2], що безперервно змінюються. Як відомо, наявні математичні моделі оптимального планування й керування в реальних умовах часто бувають непрацездатними. Особливо це стосується оперативно-календарного планування, у процесі якого виникає проблема реалізованості моделей і необхідності їх оперативного коригування з урахуванням інформації зворотного зв'язку про фактичне споживання теплової енергії. При цьому доводиться стикатися з невизначеністю цілей, що виникають у разі прагнення виконати одночасно недосяжні завдання на забезпечення споживачів необхідною кількістю теплової енергії, з одного боку, і забезпечення екстремального значення обраного економічного критерію, з іншого боку. Крім того, унаслідок впливу різних чинників, а також неповноти й неточності вихідної інформації виявляються нечітко визначеними основні системні параметри (витрата теплової енергії, обмеження, коефіцієнти). У зв'язку з цим фахівці планово-виробничих служб на практиці схильні використовувати свої власні правила рішення, що ґрунтуються на їхньому досвіді та інтуїції. Такі евристичні правила, хоча й не гарантують математичної оптимальності, виявляються адекватними реальним умовам.

У цьому напрямі нами досліджено нові підходи до розв'язання завдань планування і розподілу теплової енергії, що базуються на концепції нечітких множин. Пропоновані підходи дають змогу враховувати такі важко формалізовані чинники, як досвід та інтуїція[3].

Подальше вдосконалення системи планування, її ефективності та надійності пов'язані з переходом на нову інформаційну технологію і створенням на її основі якісно нових систем, що базуються на знаннях.

Як уже було зазначено вище, сучасна будівля з безперервним характером експлуатації є складною системою, що складається з десятків обслуговуючих служб. Метою диспетчеризації та управління будівлею з безперервною експлуатацією є забезпечення безаварійного, ритмічного і безперебійного функціонування всіх комунальних систем. Більшість конкретних рішень щодо дій цих систем приймає черговий диспетчер. Він постійно аналізує інформацію, що надходить до нього, щоб виявити відхилення від нормального функціонування систем. Якщо таке відхилення відбулося, то диспетчеру необхідно знайти причину його виникнення. Після виявлення причини диспетчер виробляє послідовність дій щодо усунення несприятливої ситуації, що виникла. Таким чином, диспетчер постійно виконує завдання стеження за ходом експлуатації, аналізу ситуації та планування дій. Крім того, йому доводиться періодично займатися низкою розрахункових обчислювальних завдань.

Побудова експертної системи

Досвід експлуатації автоматизованих систем оперативно-диспетчерського управління на низці сучасних будівель показав, що використовувані традиційні "жорсткі" формальні математичні моделі недостатньо адекватні об'єкту управління. Тому виникає необхідність створити диспетчерську керуючу експертну технологічну систему, що поєднає в собі такі переваги сучасних електронно-обчислювальні машини, як висока швидкодія, великий об'єм пам'яті та величезна обчислювальна потужність, а також акумулює в собі досвід і знання експерта - висококласного фахівця в даній галузі.

Функціонально диспетчерська керуюча експертна технологічна система призначена для допомоги диспетчеру в процесі його роботи, забезпечуючи його порадами - рекомендаціями щодо дій у ситуації, що склалася, оперативною і достовірною інформацією, а також можливістю виконувати завдання розрахункового характеру[6,8].

Умовно процес побудови експертної системи можна ділити на п'ять етапів (рис. 1)



Рисунок 1. - Етапи побудови експертної системи

Перший етап - це визначення цілей і завдань, для яких конструюється система. Тут, по-перше, встановлюється спектр завдань і їхні характерні особливості. Чітке технічне завдання на розроблювану систему допоможе надалі правильно окреслити сферу знань експерта, необхідних для визначення фактичної витрати теплової енергії. По-друге, важливо визначити потенційних користувачів системи, що також впливає на необхідний рівень роботи експертної системи і, отже, на рівень необхідних знань[8].

Другий етап - виділення основних концепцій предметної області, що відображає знання експертів. Виокремлення таких концепцій дає змогу проаналізувати - знаннями якого типу оперує експерт під час визначення необхідної витрати теплової енергії. Це допоможе інженеру зі знань вибрати ті формальні засоби представлення знань і процедури одержання рішень, які найбільше підходять для моделювання процесу ухвалення рішень експертом у галузі експлуатації комунальних систем будівель.

Третій етап - вибір мови представлення знань і розв'язувача, які, на наш погляд, значною мірою зумовлюють успіх створення експертної системи для точного визначення витрат теплової енергії.

Четвертий етап - це безпосередньо побудова бази знань експертної системи. Інженер зі знань, будучи фактично перекладачем між експертом і комп'ютером, заносить знання в галузі експлуатації будівель, отримані від експерта і записані мовою подання знань

П'ятий етап - полягає в перевірці роботи експертної системи. Перевірку здійснюють шляхом розв'язання експертною системою контрольних завдань з управління режимом споживання теплової енергії.

Еволюція поглядів на проблему управління складними системами в контексті застосування тих чи інших формалізмів для побудови адекватних моделей керованих об'єктів, пройшовши через етап створення необхідності врахування в них людського фактору, призвела фахівців у галузі будівництва та інженерії до формування концепції побудови "інтелектуальних" будівель.

Експертні системи, як напрямки ідеології класичного штучного інтелекту, що найактивніше розвиваються, здатні, імітуючи "людський" спосіб міркування, розв'язувати задачі управління не гірше за людину - експерта. Причому подібні системи, розумно поєднуючи переваги людини - машинних діалогових систем з евристичними моделями, набувають низки принципово нових і надзвичайно важливих властивостей. Це, насамперед, можливість представляти знання експертів мовою, близькою до природної мови людського спілкування, розв'язувати задачі на основі цих знань і, мабуть, найголовніше - верифікувати цілі управління, тобто підтверджувати правильність ухваленого рішення [7].

Річ у тім, що рівень складності експлуатації сучасних будівель, невизначеність параметрів їхнього функціонування, велика розмірність завдань їхнього управління не дають змоги створити таку універсальну базу знань експертної системи, яка була б здатна видавати рішення, адекватні позаштатним ситуаціям, які часто виникають і виходять за рамки регламенту.

Шляхи виходу із ситуації, що склалася, природно, було шукати в наданні експериментальній системі певного динамізму, у сенсі можливості гнучкішого й оперативнішого реагування на зміну комфортних умов усередині приміщень будівлі в режимі реального часу. І більше того, періодично оновлювані моделі бази знань мають давати змогу на основі аналізу тенденцій зміни параметрів зовнішнього повітря прогнозувати можливі зміни параметрів у приміщеннях і генерувати відповідні рішення.

З метою оперативного опрацювання даних у середовищі реального часу і розв'язання на цій основі задачі управління тепловим режимом у сучасних будівлях, загальну задачу управління нами декомпоновано на низку вузькоспрямованих підзадач, таких як:

- розпізнавання всіх експлуатаційних подій, однозначно пов'язаних із тими чи іншими непередбачуваними проблемами, що призводять до суттєвої зміни в режимі споживання теплової енергії;
- арбітраж пріоритетів цих подій;
- аналіз події з метою розпізнавання та виявлення відповідної непередбаченої проблеми;
- арбітраж пріоритетів основних завдань;
- координація вищевказаних процесів.

Від своєчасності та оперативності розпізнавання непередбачуваних експлуатацій від того, наскільки складно вирішити традиційні проблеми в будівлі, багато в чому залежить ефективність управління режимом споживання теплової енергії[3].

Традиційно для розв'язання задачі оптимального управління використовують накопичений досвід диспетчерських служб, попередньо підготовлений план експлуатаційних робіт.

Однак практична реалізація оперативного й оптимального управління режимом споживання теплової енергії для сучасних будівель не дає змоги отримати бажаних результатів, ритмічність управління та стабільність забезпечення всіх споживачів у необхідній кількості тепловою енергією, що супроводжується порушенням комфортності окремих споживачів і оперативності роботи системи теплопостачання будівлі загалом.

У зв'язку з цим розроблено гібридну експертну систему, засновану на ком- комплексної експлуатації будівлі, яку буде реалізовано на підставі досвіду і знань експертів у цій галузі та методів оптимізації.

Цю гібридну експертну систему призначено для розв'язання задач управління і регулювання режиму споживання теплової енергії на основі поєднання знань експертів і умов оптимізації, що забезпечують розроблення практично прийнятних рецептур управління[4].

Структура гібридної експертної системи

Структура гібридної експертної системи включає такі блоки (рис. 2):

1. Експертна система. Вона складається з баз знань, баз даних, блоку логічного виведення і блоку інтерфейсу з користувачем[5].
2. Блок оптимізаційних розрахунків.

Для організації режиму управління тепловою енергією в гібридній експертній системі бере участь диспетчер. Він виконує такі дії:

- заповнення файлу даних, що містить поточні значення показників щодо витрат теплової енергії, передача файлу в оптимізаційний блок;
- активація процедур оптимізації;
- інтерпретація результатів оптимізації.

База знань містить правила, якими користуються експерти під час складання оптимальних прогнозних значень витрат теплової енергії.

База даних системи містить поточні дані щодо витрат теплової енергії. Блок логічних порівнянь реалізує процедуру порівняння експертних і архівних даних.

Блок інтеграції з будівлею містить у собі діалогову систему і підсистему пояснень щодо розбіжності експертних і архівних даних з витрат теплової енергії будівлею.

Діалогова підсистема дає змогу здійснювати введення та інтерпретацію даних, які можуть вводитися з центрального банку даних.

Підсистема пояснень за розбіжністю експертних і архівних даних формує текст пояснення рекомендованих рецептур на основі трасування логічного висновку.

Блок оптимізованих розрахунків дає змогу розв'язати задачу оптимізації, що полягає у визначенні таких співвідношень між кліматичними параметрами внутрішнього повітря, за яких витрата теплової енергії на забезпечення цих кліматичних умов була б оптимальною.

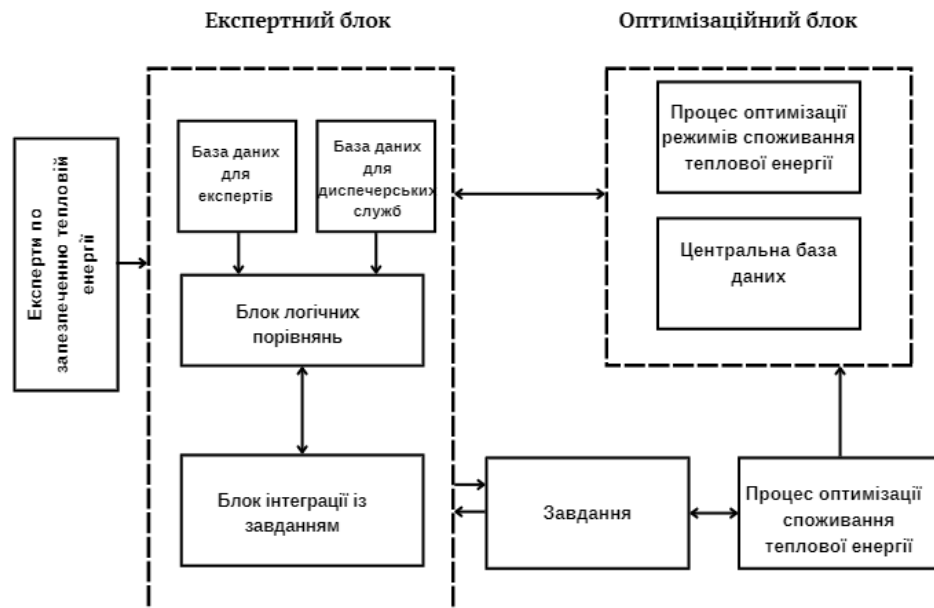


Рисунок 2 - Приблизна схема гібридної експертної системи управління тепловою енергією в сучасних будівлях

Сеанс роботи з гібридною експертною системою починається з введення діалоговою підсистемою поточних даних щодо витрат теплової енергії, які передаються в базу даних. Блок логічного виведення на основі поточних даних формує допустимі значення витрати і допустимі норми відхилення. Якщо значення, що видає система, різко відрізняється, то підсистема пояснень формує причину відхилення. Оптимізаційний блок на основі стандартного пакета оптимізації виконує розрахунок у межах допустимих норм.

База знань містить неформальні експертні розрахунки, в основі яких лежить побудова "абстрактного" плану з витрат теплової енергії.

Згідно з цим планом процес розв'язання задачі розбивається на три рівні. Принцип, на підставі якого здійснюють вибір компонентів внутрішніх параметрів на кожному рівні, полягає в тому, щоб якісні та кількісні параметри теплової енергії відповідали необхідним на цьому рівні значенням. Такий підхід дає змогу виокремити цілі в розв'язанні задачі, які можна реалізувати укрупнено, у загальному вигляді. Для реалізації цих цілей процедуру формування прогнозного значення витрат теплової енергії можна розбивати на такі етапи:

- аналіз параметрів зовнішнього повітря, теплової енергії та внутрішнього повітря;
- формування та визначення оптимізаційних параметрів;
- формування оптимального вихідного значення витрати теплової енергії. Система постійно зіставляє вихідні значення із вмістом бази знань,

стежити, щоб не були порушені норми граничних допустимих значень. Під час розв'язання задачі на будь-якому етапі можна повернутися на початок і скоригувати оптимальне вихідне значення, потім знову розв'язати задачу.

Якщо отримане значення різко відрізняється від архівних даних, а також пояснення не задовольняє експерта, то він вносить необхідні корективи у вихідні дані і процес рішення починається спочатку.

Висновок: Впровадження системи енергетичного менеджменту централізованого теплозабезпечення з урахуванням сучасних вимог до оперативності прийняття рішень та їх якості вимагає підвищення рівня інтелектуальної підтримки роботи персоналу, відповідального за управління централізованим теплозабезпеченням в ІТП. Інструментальні засоби можуть бути застосовані для вирішенні задачі підтримки прийняття рішень при управлінні централізованим теплозабезпеченням закладів соціально-бюджетної сфери на стороні споживача, так як вони не

охоплюють весь комплекс задач, які виникають в процесі прийняття рішень при управлінні теплозабезпеченням будівель. Вирішення задачі підтримки прийняття рішень при управлінні централізованим теплозабезпеченням об'єктів соціально-бюджетної сфери на стороні споживача потребує розроблення комплексу моделей та інформаційної технології підтримки прийняття рішень. На основі аналітичного огляду сучасного стану наукових досліджень у галузі застосування інформаційних технологій для підвищення ефективності управління централізованим теплозабезпеченням сформульовано змістовну постановку задачі дослідження. Удосконалення процесу управління централізованим теплозабезпеченням можливе шляхом розроблення систем підтримки прийняття рішень. Реалізація підтримки прийняття рішень при управлінні централізованим теплозабезпеченням на місцевому рівні потребує проведення моніторингу теплозабезпечення, визначення прогнозованого значення споживання теплової енергії, розрахунку поточного розподілу теплоносія а також формування рекомендацій щодо управління теплозабезпеченням

Список використаних джерел:

1. Аглиулин А. Х., Поплавский Д. В., Потачев С. В. Системы энергоучета с использованием цифровых технологий. Часть 1 [Текст] / А. Х. Аглиулин, Д. В. Поплавский, С. В. Потачев. // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. – 2001. – Вып. №1 – С. 56–62.
2. Алгоритмы и системы нечеткого вывода при решении задач диагностики городских инженерных коммуникаций в среде Matlab [Текст] / Л. А. Демидова, В. В. Кураковский, А. Н. Пылькин. – М.: Радио и связь, Горячая линия - Телеком, 2005. – 365 с.: ил.
3. Алтунин А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография [Текст] / А. Е. Алтунин, М.В. Семухин. – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2000. – 352 с.
4. Ананькина Е.А. Контроллинг как инструмент управления предприятием [Текст] / Е.А. Ананькина и др.; Под ред. Н.Г. Данилочкиной. – М. : Аудит, ЮНИТИ, 1998. – 279 с.
5. Апраушева Н. Н. Три алгоритма естественной кластеризации объектов. Вычислительный центр АН СССР. – Москва, 1986.
6. Мамедов Н.Я. Ймовірісно-статистичні характеристики режиму нерівномірного споживання теплової енергії для будівель // Вісник ТДСУ, Томськ: 2009, №2, с. 152-159.
7. Табуничиков Ю.А., Бродач М.М. Математичне моделювання та оптимізація теплової ефективності будівель. - М.: АВОК-ПРЕСС, 2002.-194с.
8. Xingping Z. The Relationship Between Energy Consumption and Economic Growth in China Based on ANFIS [Text] / Z. Xingping, M. Yuling // Intelligent Systems and Applications. – 2009. – ISA 2009. International Workshop on 23-24 May 2009. – P. 1-4.
- 9.

M.O. Poveda¹, student

O.B. Kudinova¹, student

¹National Technical University of Ukraine
"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

APPLICATION OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES TO REGULATE THE MODE OF HEAT ENERGY CONSUMPTION IN BUILDINGS

At present, the increase in energy intensity of modern buildings, as well as the non-uniformity of their operating modes, have led to the fact that radical methods of managing the mode of heat energy consumption for these buildings have become an effective tool.

In this section, we analyze the possibilities of using expert systems to regulate the mode of heat energy consumption in modern multifunctional buildings. An approximate structure of a global expert system for thermal energy management for modern multifunctional buildings is proposed.

To date, the growth of energy intensity of modern buildings, as well as the intensification of their operating modes, has led to the fact that traditional methods of managing the mode of heat energy consumption for these buildings have ceased to be an effective tool. The article analyzes the possibility of using expert systems to regulate heat energy consumption in modern multifunctional buildings. An approximation structure of a hybrid expert system for thermal energy management for modern multifunctional buildings is proposed.

Keywords: Residential and public buildings, thermal energy, management methods, energy intensity, material costs, expert system.

References

1. Agliulin A. X., Poplavsky D V., Potachev S.. V. *Energy accounting systems using digital technologies. Part 1* [Text] / A. X. Agliulin, D. V. Poplavsky, S. V. Potachev. (in Russian) // *Energy efficiency: experience, problems, solutions*. - 2001. - Vip. №1 - C. 56-62.
2. *Algorithms and systems of fuzzy inference when solving problems of diagnostics of urban engineering communications in the Matlab environment* [Text] / L.A. Demidova, V.V. Kirakovskiy, A.N. Pylkin. - Moscow: Radio and Telecommunications, Hot Line - Telecom, 2005. - 365 p.: illustration.
3. Altunin A.E. *Models and algorithms of decision making in fuzzy conditions: Monograph* [Text] / A.E. Altunin, M.V. Semukhin. - Tyumen: Tyumen State University Press, 2000. - 352 c.
4. Anankina E.A. *Controlling as a tool for enterprise management* [Text] / E.A. Anankina et al; Edited by N.G. Danilochkina. - M. : Audit, UNITI, 1998. - 279 c.
5. Aprausheva N. N. *Three algorithms of natural clustering of objects. Computer center of the USSR Academy of Sciences*. - Moscow, 1986.
6. Mamedov H.Y. *Immediate statistical characteristics of thermal energy consumption mode for buildings* // *Visnik TDSU, Tomsk*: 2009, ' 2, p. 152-159.
7. Tabunshchikov Y.A., Brodach M.M. *Mathematical Modelling and Optimization of Thermal Efficiency of Building Structures*. - Moscow: AVOK-PRESS, 2002. Burger, C.; Kuhlmann, A.; Richard, P.; Weinmann, J. *Blockchain in the Energy Transition A Survey Among Decision Makers in the German Energy Industry*; Deutsche Energie-Agentur GmbH German Energy Agency: Berlin, Germany, 2016.
8. Xingping Z. *The Relationship Between Energy Consumption and Economic Growth in China Based on ANFIS* [Text] / Z. Xingping, M. Yuling // *Intelligent Systems and Applications*. – 2009. – ISA 2009. International Workshop on 23-24 May 2009. – P. 1-4.