

РЕЗ та ЕОЗ, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

Filippenko Inna, Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine, e-mail: filippenko@kture.kharkov.ua.

Evshev Vladislav, Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine, e-mail: tapr@kture.kharkov.ua.

Milyutina Svitlana, Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine, e-mail: tapr@kture.kharkov.ua

УДК 004.9:519.711

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.37175

Парфененко Ю. В.,  
Неня В. Г.,  
Бондаренко А. О.

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ РЕЖИМАМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Проведено аналіз методів та засобів, що застосовуються для підтримки прийняття рішень у теплоенергетиці. Розроблена системна модель, на основі якої запропонована інформаційна технологія підтримки прийняття рішень при управлінні режимами теплозабезпечення будівель соціально-бюджетної сфери. Використання запропонованої технології при регулюванні теплозабезпечення будівель соціально-бюджетної сфери дозволить проводити регулювання рівня теплоспоживання з урахуванням кліматичного та соціального факторів.

**Ключові слова:** системний аналіз, СППР, теплозабезпечення, енергозбереження, прогнозування, нечітка логіка, функціонування, інформаційна технологія.

### 1. Вступ

На сьогоднішній день існує гостра необхідність у зменшенні витрат первинних енергетичних ресурсів для задоволення потреб побутового сектору та закладів соціально-бюджетної сфери у централізованому теплозабезпеченні. Одним із заходів реалізації напрямів політики підвищення рівня енергетичної безпеки України, надійності та ефективності теплопостачання, сталого розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу країни є застосування систем обліку та засобів регулювання споживання енергетичних ресурсів в усіх галузях економіки та в комунально-побутовій сфері.

Значний потенціал енергозбереження міститься в заходах, що потребують вирішення таких задач, як контроль якості і обліку обсягів споживання теплової енергії для забезпечення теплового комфорту в опалювальному будинку; збір та постійний аналіз даних про витрати теплової енергії теплоносія, а також температури у подавальному і зворотному трубопроводах теплової мережі. Тому розроблення та впровадження систем автоматизованого контролю та управління теплозабезпеченням об'єктів бюджетної сфери на даний час є актуальною задачею.

Актуальність питання удосконалення процесів прийняття рішень при управлінні режимами теплозабезпечення будівель зумовлена важливістю для народного господарства, складністю структури систем теплозабезпечення та умов їх функціонування, що визначається множиною змінних у часі факторів систематичного та випадкового характеру.

Режим, необхідний для кінцевого споживача, можна забезпечити на стадії генерації теплової енергії лише у випадку індивідуального опалення. Переважна біль-

шість закладів соціально-бюджетної сфери міста є споживачами теплової енергії, що виробляється централізовано. Заклади соціально-бюджетної сфери функціонують за встановленим графіком роботи, тому підтримання оптимального режиму теплозабезпечення протягом усього опалювального сезону не є доцільним та викликає понаднормові витрати теплової енергії. Також іншим фактором впливу на витрати теплової енергії є кліматичний. Прийняття рішень щодо регулювання режиму теплозабезпечення повинно здійснюватися з урахуванням актуального графіку роботи закладу та зміни температури повітря навколишнього середовища. На сьогоднішній день зростає рівень оснащення закладів соціально-бюджетної сфери засобами обліку споживання теплової енергії та індивідуальними тепловими пунктами. Це надає технічну можливість регулювання рівня споживання теплової енергії на стороні споживача, проте прийняття рішень щодо регулювання потребує врахування невизначеності факторів впливу та необхідності доступу до даних в online-режимі, що потребує застосування відповідного інформаційного забезпечення. Таким чином виникає необхідність у розробленні інформаційної технології для підтримки прийняття рішень щодо управління теплозабезпеченням будівель.

### 2. Аналіз літературних джерел та постановка проблеми

Автоматизація процесів прийняття рішень при регулюванні теплозабезпечення будівель бере початок з 60-х років ХХ століття, коли електронно-обчислювальні машини застосовувалися для програмної чисельних методів параметрів теплових мереж на мові Асемблер.

Подальше зростання потужностей обчислювальної техніки розширило коло задач, для автоматизації яких створювалися прикладні програми, проте їх призначенням був лише розрахунок відповідних параметрів. У 70–80 роки ХХ століття відбувся перехід від розробки модулів автоматизації вирішення окремих задач до реалізації стратегічних інформаційних систем, які у своєму складі мають компоненти організаційного, технічного забезпечення, бази даних та знань, пакети прикладних програм, а також моделі й методи обробки даних та знань, зокрема з використанням технології штучного інтелекту. Такі інформаційні системи складають клас систем підтримки прийняття рішень (СППР).

Значний вклад у реалізацію системного підходу до процесів підтримки прийняття рішень при функціонуванні та розвитку систем енергетики належить науковій школі Л. А. Мелентьєва. СППР, які розроблені та впроваджені в рамках діяльності наукової школи Л. А. Мелентьєва до середини 90 років, вирішують такі задачі, як [1]:

- комплексний аналіз режимів при функціонуванні енергетичних систем;
- розрахунку, аналізу та управління нестационарними режимами систем постачання теплової енергії від джерела до кінцевих споживачів;
- дослідження розвитку та реконструкції теплоенергетичних систем за умов енергетичної безпеки.

Приклади реалізації окремих задач прийняття рішень у теплоенергетиці з використанням інтелектуальних інформаційних технологій наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Реалізація СППР в задачах теплоенергетики

Задача СППР	Технологія реалізації
Підтримка прийняття рішень для забезпечення нормального режиму функціонування мережі тепlopостачання	Продукційні моделі, фреймові моделі [2]
Оцінка експлуатаційних показників елементів трубопровідних систем	Експертні системи [2]
Підтримка прийняття рішень щодо вибору оптимальних схем тепlopостачання з погляду еколого-економічної доцільності	Експертні системи [3]
Підтримка прийняття рішень щодо вибору ізоляційного матеріалу з погляду еколого-економічної доцільності	Системи на базі нечіткої логіки [4]
Підтримка прийняття рішень при управлінні комбінованими системами електро-, теплозабезпечення та вентиляції	Системи на базі нечіткої логіки [5]

Проведений огляд літературних джерел свідчить про ефективність використання методів теорії нечітких множин та нечіткої логіки при вирішенні окремих задач підтримки прийняття рішень у теплоенергетиці. Таким чином застосування сучасних інтелектуальних технологій дозволяє вирішувати широке коло задач підтримки прийняття рішень при управлінні функціонуванням та розвитком теплоенергетики та електроенергетики. Процес підтримки прийняття рішень пов'язаний з процесами моніторингу [6] та прогнозування [7].

Інтеграція інформаційних технологій в задачі управління системами теплозабезпечення надає можливість економії енергетичних ресурсів [8]. Такий підхід при реалізації задач управління теплозабезпеченням будівель дозволяє забезпечити оптимальність управління

за рахунок адаптації процесів прийняття рішень до змін, як зовнішніх умов навколишнього середовища, так і внутрішнього стану системи теплозабезпечення.

### 3. Об'єкт, мета й задачі дослідження

Об'єкт дослідження — процес управління режимами централізованого теплозабезпечення будівель.

Метою дослідження є підвищення ефективності підтримки прийняття рішень при управлінні режимами теплозабезпечення будівель.

Для досягнення мети необхідно вирішити задачі розроблення системних моделей процесу прийняття рішень та інформаційної технології підтримки прийняття рішень при управлінні режимами теплозабезпечення будівель.

### 4. Матеріали та методи розроблення інформаційної технології підтримки прийняття рішень при управлінні режимами централізованого теплозабезпечення

У даній роботі вирішується проблема оптимального теплозабезпечення будівель соціально-бюджетної сфери. Дані будівлі належать до однієї бюджетної установи та забезпечуються тепловою енергією від спільного тепlopункту. Матеріали для формування вхідних та результируючих множин даних сформовані на основі опитування спеціалістів з енергетичного менеджменту, а також технічного завдання, складеного спільно з головним інженером закладу.

Для розв'язання поставлених завдань використовуються методи системного аналізу, методи штучного інтелекту, технології структурного та модульного програмування, елементи теорії алгоритмів та множин.

### 5. Результати досліджень розроблення інформаційної технології підтримки прийняття рішень при управлінні режимами централізованого теплозабезпечення

**5.1. Системна модель процесу підтримки прийняття рішень при управлінні режимами теплозабезпечення будівель.** Аналіз системи тепlopостачання як об'єкта управління наведено в роботі [9]. Системну модель вирішення задачі підтримки прийняття рішень при управлінні режимами централізованого теплозабезпечення представимо з використанням методології SADT на основі нотацій IDEF0 і IDEF3 [10].

На рис. 1. зображено контекстну діаграму процесу підтримки прийняття рішень в нотації IDEF0.

Контекстна діаграма є вершиною деревовидної структури системної моделі та передбачає декомпозицію на взаємопов'язані функціональні блоки.

Діаграму декомпозиції процесу «Прийняття рішень при управлінні режимами теплозабезпечення будівель» зображено на рис. 2.

Декомпозиція передбачає розбиття процесу прийняття рішень на функціональні блоки: «Збір даних про зовнішнє середовище», «Моніторинг поточного стану функціонування теплозабезпечення закладу», «Формування цільових параметрів управління», «Формування рішення», «Реалізація рішення».



Рис. 1. Контекстна діаграма «Прийняття рішень при управлінні режимами теплозабезпечення будівель»

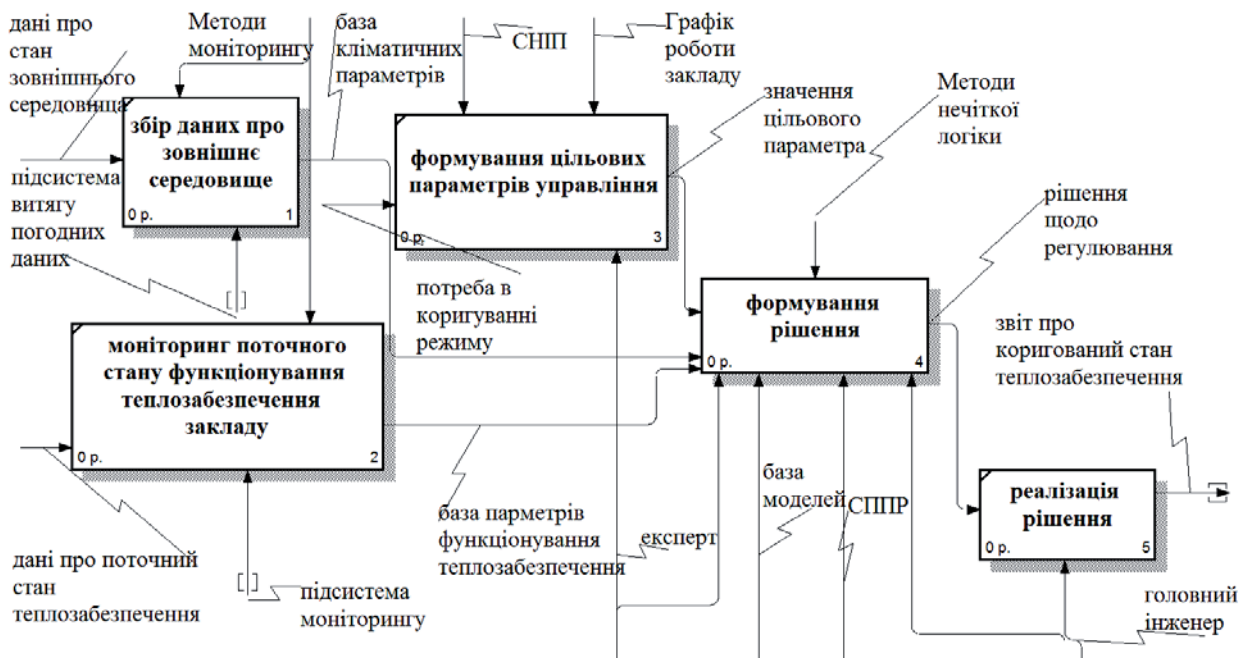


Рис. 2. Діаграма декомпозиції процесу прийняття рішень

Формування цільових параметрів управління виконується експертами з енергозбереження з метою виділення параметрів регулювання режиму теплозабезпечення, факторів впливу на режим теплозабезпечення будівель. На основі опитування експерта проведено нечітку характеристику змінних, які закладено в основу функціонального блоку «Формування рішення», декомпозицію якого зображено на рис. 3.

Процес «Формування рішення» вимагає реалізації функціональних блоків: «Збір

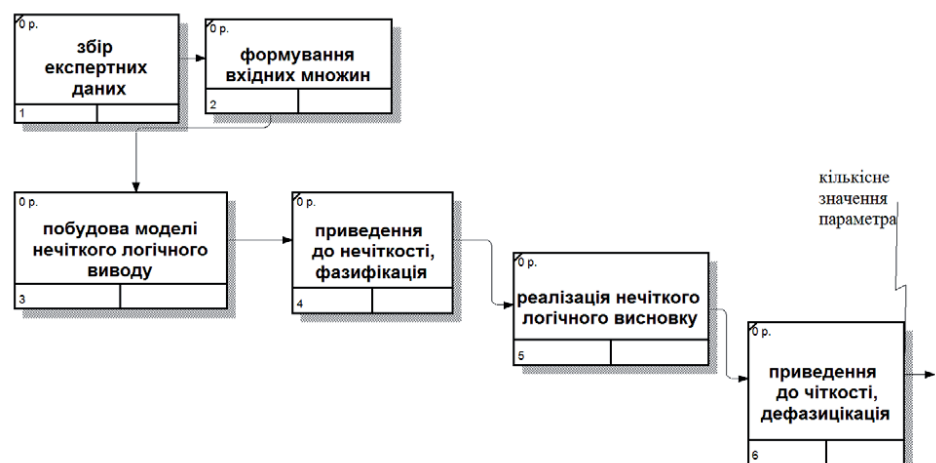


Рис. 3. Діаграма декомпозиції «Формування рішення»

експертних даних», «Формування вхідних множин», «Побудова моделі нечіткого логічного виведення» (декомпозиція цього блоку показана на рис. 4), «Приведення до нечіткості. Фазифікація», «Реалізація нечіткого логічного висновку», «Дефазифікація», у результаті якого одержуємо кількісне значення регулюючого параметра.

забезпечує впорядкування зібраних даних та здійснює їх валідацію. ІП4 виконує збереження даних, які пройшли перевірку у базі даних. ІП5 запускається на виконання при формуванні на основі записів архівних даних моніторингу масивів даних, що складаються тренувальну, тестову та перевірочну множини. ІП6 можна розділити

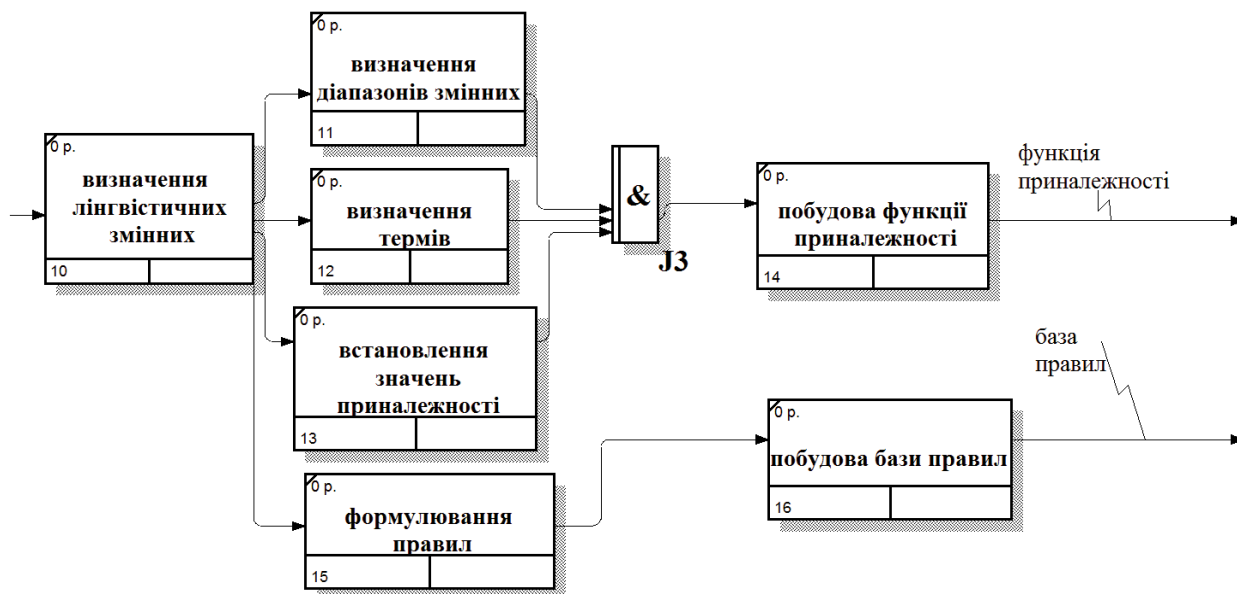


Рис. 4. Діаграма декомпозиції «Побудова моделі нечіткого логічного виводу»

**5.2. Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень при управлінні режимами теплозабезпечення будівель.** Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень при управлінні режимами централізованого теплозабезпечення будівель зображена на рис. 5.

на процеси навчання нейронної мережі на основі даних, сформованих ІП5 та використання навченої нейронної мережі для прогнозування потреб будівлі у тепловій енергії, який реалізується за запитом на розрахунок прогнозованого значення теплоспоживання. Підтримка

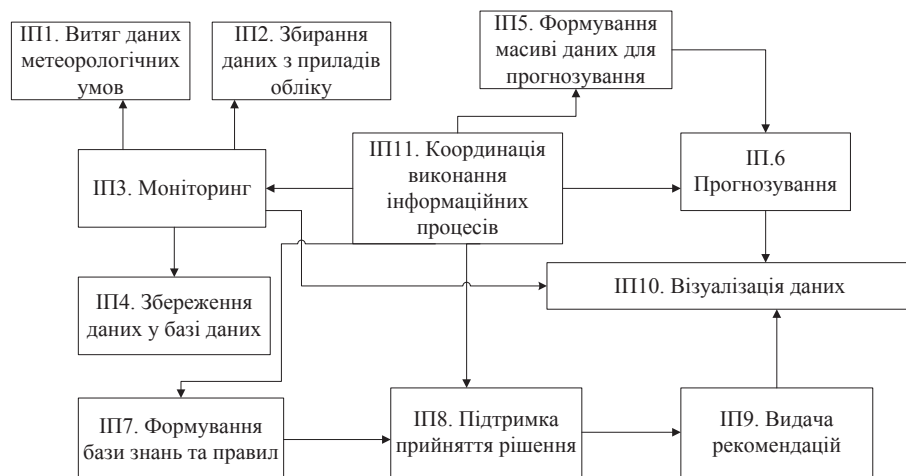


Рис. 5. Схема інформаційної технології підтримки прийняття рішень при управлінні режимами теплозабезпечення

Розглянемо інформаційні процеси ІП1-ІП11, що забезпечують реалізацію запропонованої технології. ІП1 відповідає за витяг даних метеорологічних умов навколишнього середовища з тематичного web-сайту. ІП2 виконує збирання даних з лічильника теплової енергії, за допомогою спеціального пристрою [11]. Надання запитів на виконання ІП1 та ІП2 реалізовує ІП3, який також

підтримка прийняття рішень ІП8 здійснюється методом нечіткого логічного виведення на основі сформованих з використанням експертного опитування бази знань та правил при виконанні ІП7. ІП9 відповідає за перетворення результату нечіткого логічного виведення у форму рекомендації, яка може бути прийнята до виконання. ІП10 забезпечує візуалізацію даних моніторингу, прогнозування та рекомендацій щодо коригування режиму теплозабезпечення у зручному для користувача СППР вигляді. ІП11 реалізує координацію виконання інформаційних процесів ІП3, ІП5 ІП6 ІП7, ІП8, забезпечуючи обмін даними між цими інформаційними процесами, а також запускає їх на виконання за запитом користувача.

Таким чином запропонована технологія об'єднує в собі моделі та алгоритмічне забезпечення моніторингу параметрів функціонування теплозабезпечення будівель та метеорологічних умов навколишнього середовища, прогнозування теплоспоживання будівель, а також підтримки



прийняття рішень з метою видачі рекомендацій щодо необхідності коригування встановленого режиму теплозабезпечення в індивідуальному тепловому пункті, та візуалізації даних.

Моделі та інформаційне забезпечення окремих процесів інформаційної технології підтримки прийняття рішень поєднуються в підсистеми. Схему взаємодії підсистем СППР при управлінні режимами централізованого теплозабезпечення будівель з користувачами зображено на рис. 6.

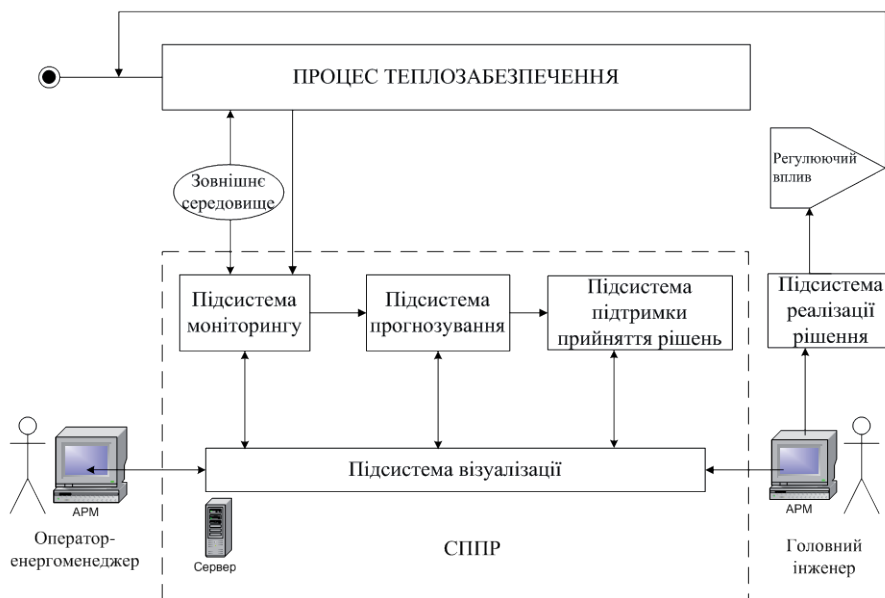


Рис. 6. Схема взаємодії СППР з користувачами та процесом теплозабезпечення

### 6. Обговорення результатів розроблення інформаційної технології підтримки прийняття рішень при управлінні режимами теплозабезпечення будівель

Запропонована СППР складається з підсистем моніторингу, прогнозування, підтримки прийняття рішень та візуалізації, які об'єднано в єдину web-систему (рис. 6). Це надає можливість авторизованого доступу з будь-якого робочого місця, підключеного до мережі Internet. Координація між окремими підсистемами здійснюється за допомогою програмних агентів.

Оператор-енергоменеджер здійснює перегляд даних моніторингу, які заносяться в базу даних в автоматичному режимі, а також має можливість їх редагування та занесення у випадку збоїв в роботі терміналів збирання даних. Головний інженер має доступ до даних моніторингу та прогнозування, аналізуючи результат роботи підсистеми підтримки прийняття рішень та передаючи прийняте рішення щодо регулювання режиму теплозабезпечення на виконання.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на удосконалення підсистеми реалізації рішення, підвищення ступеню її автоматизації, використанні нечітких регуляторів, що дозволить забезпечити оперативність виконання прийнятого рішення.

### 7. Висновки

У даній роботі вирішено актуальну задачу підвищення ефективності підтримки прийняття рішень при управлінні режимами теплозабезпечення будівель шляхом впровадження інформаційних технологій. Проведено аналіз методів та засобів підтримки прийняття рішень у теплоенергетиці. Розроблено системні моделі підтримки прийняття рішень на базі нечіткої логіки.

Запропоновано інформаційну технологію підтримки прийняття рішень при управлінні режимами теплозабезпечення будівель. Використання даної технології дозволить підвищити ефективність регулювання теплозабезпечення будівель та уникнути понаднормового теплоспоживання.

### Література

1. Воропай, Н. И. Системные исследования в энергетике: Ретроспектива научных направлений СЭИ-ИСЭМ [Текст] / отв. ред. Н. И. Воропай. — Новосибирск: Наука, 2010. — 686 с.
2. Пахомов, П. И. Технология поддержки принятия решений при управлении инженерными коммуникациями [Текст] / П. И. Пахомов, В. А. Немтинов. — М.: Машиностроение, 2009. — 124 с.
3. Shu, H. Study on the decision-making of district cooling and heating systems by means of value engineering [Text] / H. Shu, L. Duanmu, C. Zhang, Y. Zhu // Renewable Energy. — 2010. — Vol. 35, № 9. — P. 1929–1939. doi:10.1016/j.renene.2010.01.021
4. Ратушняк, О. Г. Управление змістом інноваційних проектів термомодернізації будівель [Текст]: монографія / О. Г. Ратушняк. — Вінниця: ВНТУ, 2010. — 128 с.
5. Nieto-Morote, A. A fuzzy ahp multi-criteria decision-making approach applied to combined cooling, heating, and power production systems [Text] / A. Nieto-Morote, F. Ruz-Vila // International Journal of Information Technology & Decision Making. — 2011. — Vol. 10, № 03. — P. 497–517. doi:10.1142/s0219622011004427
6. Wemstedt, F. An Agent-Based Approach to Monitoring and Control of District Heating Systems [Text] / F. Wemstedt, P. Davidsson // Proceedings of the 15th international conference on Industrial and engineering applications of artificial intelligence and expert systems: Developments in Applied Artificial Intelligence. — 2002. — P. 801–811. doi:10.1007/3-540-48035-8\_77
7. Schellong, W. Energy Demand Analysis and Forecast [Text] // W. Schellong // Energy Management Systems. — 2011. — Chapter 5. — P. 101–122. doi:10.5772/21022
8. Fantino, M. DHC and ICT: potentialities and opportunities of a synergy [Electronic resource] / M. Fantino, A. Poggio, M. Noussan // Proceedings of the 2nd International DHC Research Conference REdevelop, REcreate, REthink, Bruxelles, Nov. 11, 2013. — Brussels, Belgium, 2013. — http://www.euroheat.org/Admin/Public/Download.aspx?file=Files%2FFiler%2FPresentations%2F20131105\_DHCplusConference%2F131106\_1\_0900\_1030+Fantino.pdf
9. Парфененко, Ю. В. Аналіз функціонування системи теплопостачання як об'єкта управління [Текст] / Ю. В. Парфененко, В. Г. Неня, О. І. Пономаренко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. — 2010. — № 57. — С. 264–268.

10. Menzel, C. The IDEF Family of Languages [Text] / C. Menzel, R. J. Mayer // Handbook on Architectures of Information Systems. — Springer Science + Business Media, 1998. — P. 215–249. doi:10.1007/3-540-26661-5\_10
11. Окопний, Р. П. Пристрій збирання і передачі даних функціонування теплової мережі [Текст]: тези доп. / Р. П. Окопний, Ю. В. Парфененко // Радіоелектроніка і молодь в XXI столітті: 16-й міжнародний молодіжний форум., 17–19 квітня 2012 р. — X., 2012. — Т. 2. — С. 105–106.

#### ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РЕЖИМАМИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОБЕСПЕЧЕНИЯ

Проведен анализ методов и средств, которые применяются для поддержки принятия решений в теплоэнергетике. Разработана системная модель, на основе которой предложена информационная технология поддержки принятия решений при управлении режимами теплообеспечения зданий социально-бюджетной сферы. Использование предложенной технологии при регулировании теплообеспечения зданий социально-бюджетной сферы позволит производить регулирование уровня теплоснабжения с учетом климатического и социального факторов.

**Ключевые слова:** системный анализ, СППР, теплообеспечение, энергосбережение, прогнозирование, нечеткая логика, функционирование, информационная технология.

*Парфененко Юлія Вікторівна, асистент, кафедра комп'ютерних наук, Сумський державний університет, Україна, e-mail: yuliyap86@list.ru.*

*Неня Віктор Григорович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра комп'ютерних наук, Сумський державний університет, Україна, e-mail: nenja\_vg@mail.ru.*

*Бондаренко Антон Олегович, кафедра комп'ютерних наук, Сумський державний університет, Україна, e-mail: all.in.ice@ya.ru.*

*Parfenenko Yuliya, Sumy State University, Ukraine, e-mail: yuliyap86@list.ru.*

*Nenia Victor, Sumy State University, Ukraine, e-mail: nenja\_vg@mail.ru.*

*Bondarenko Anton, Sumy State University, Ukraine, e-mail: all.in.ice@ya.ru.*

УДК 373.1:004

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.37103

Гончаренко Н. Н.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ФОРМИРОВАНИЕМ SMART-УЧЕБНИКА В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

*Автор предлагает методические идеи, описывает специфику и этапы организации учебного процесса, основанного на самостоятельном создании учащимися интерактивных смарт-учебников на основе сетевых технологий. Показан пример использования современных образовательных мультимедиа-ресурсов. Использование сетевых технологий и интерактивного обучения, направленных на организацию управления познавательной деятельности учащихся, актуальных в свете информатизации образования.*

**Ключевые слова:** смарт-учебник, общество Smart, smart-образование, первичный этап изучения, стадии обсуждения, цель, образовательные ресурсы, процесс обучения.

### 1. Введение

Современное информационное общество постепенно трансформируется в Smart-общество (Smart Society), о чем отмечают социологи, философы, специалисты ИТ-сферы, педагоги и т. д. Под этим понятием понимают новое качество общества, в котором совокупность использования подготовленными людьми технических средств, сервисов и Интернета приводит к качественным изменениям во взаимодействии субъектов, что позволяет получать новые эффекты — социальные, экономические и другие преимущества для лучшей жизни [1, 2].

На сегодняшний день цифровые технологии активно вошли в нашу повседневную жизнь. Они стремительно развиваются, и следить за их развитием, а еще важнее — осваивать их — важная задача, которая поставлена перед нами.

Теоретические аспекты, дизайн и использование цифровых, интерактивных мультимедийных материалов

в учебном процессе остается актуальной проблемой [3]. До недавнего времени оставались методические и технологические вопросы относительно возможности работы со смарт-уроками вне класса (дома, в библиотеке), а также обоснование среды смарт-обучения в системах дистанционного обучения. Реализация этих возможностей позволит ученику работать (даже отдаленно) над уроками самостоятельно, решая задачи, устанавливая связь с преподавателем и формируя личные мультимедийные среды, на персональном ПК.

### 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

В современной научной литературе вполне достаточно охвачены теоретические аспекты интерактивного учебного комплекса, сосредоточенные на прикладном программном обеспечении для разработки дидактических