

Т. Теслюк, І. Цмоць, Ю. Опотяк, В. Теслюк
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматизованих систем управління

АРХІТЕКТУРА БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ РЕГІОНУ

© Теслюк Т., Цмоць І., Опотяк Ю., Теслюк В., 2017

Визначено перелік задач, на розв’язання яких орієнтована багаторівнева система управління енергоефективністю регіону, сформульовано вимоги до реалізації компонентів кожного рівня системи. Показано, що компоненти управління технологічними процесами повинні забезпечувати опрацювання інтенсивних потоків даних у реальному часі засобами, які задовольняють обмеження щодо габаритів, енергоспоживання та вартості. Запропоновано розробляти багаторівневу систему управління енергоефективністю регіону за такими принципами: компонентно-ієрархічним, системної інтеграції, змінного складу обладнання, модульності, використання готових компонентів і базових проектних рішень, відкритості та сумісності. Розроблено архітектуру системи управління енергоефективністю регіону, яка складається з таких рівнів: енергоефективності регіону; управління фінансовою, господарською, адміністративною та виробничою діяльністю підприємств (установ); управління технологічними процесами.

Ключові слова: енергоефективність, багаторівнева система управління, технологічні процеси, архітектура, сховище даних, компоненти, принципи.

The list of problems that can be solved by multilevel system of energy efficiency of the region were determined. Requirements for the implementation of each system component were formulated. It was shown that the technological process control's components should provide processing of intensive data streams in real time. Also components have to satisfy limitations on size, power consumption and cost. A development of multilevel system of region's energy efficiency was proposed to carry out the following principles: component-hierarchical, system integration, equipment variable composition, modularity, using of ready-made components and basic design decisions, openness and interoperability. The system architecture of energy efficiency of the region was design. It consists of the following levels: energy efficiency of the region; management of financial, economic, administrative and production activities of enterprises (institutions); technological process control.

Key words: energy efficiency, multi-system management, processes, architecture, data storage, components, principles.

Постановка проблеми

Розвиток економіки регіону тісно зв'язаний з підвищенням її енергоефективності, яка залежить від: збалансованого і ощадливого споживання енергетичних ресурсів; технологій, обладнання та схем енергопостачання; структури споживання паливно-енергетичних ресурсів; рівня управління енергоефективністю і споживанням енергоресурсів. Для оцінювання енергоефективності економіки регіону використовуються низка показників, серед яких – валовий регіональний продукт, його енергоємність та ін.

Валовий регіональний продукт визначається як сума валової доданої вартості усіх видів економічної діяльності в основних цінах, включаючи чисті податки на продукти вироблені в регіоні. Енергоємність валового регіонального продукту – рівень витрат паливно-енергетичних

ресурсів на одиницю виробленого валового регіонального продукту та розраховується за методикою наведеною в [1–3].

Підвищення енергоефективності економіки регіону є комплексною проблемою, вирішення якої передбачає розроблення та реалізацію низки системних управлінських рішень як на регіональному рівні, так і на рівні окремих підприємств (організацій, установ). Важливим інструментом підвищення енергоефективності економіки регіону є використання інтелектуальних інформаційних технологій для побудови багаторівневої системи управління енергоефективністю регіону (БСУЕР). Така БСУЕР повинна забезпечувати:

- інформаційну взаємодію територіальних органів влади з підприємствами (організаціями, установами);
- комплексний моніторинг показників енергоефективності територій, підприємств (організацій, установ) регіону у режимі реального часу;
- інтеграцію та опрацювання інформаційних ресурсів про економічні, технічні, виробничі, екологічні та організаційні впливи як на рівні регіону, так і на рівні підприємства;
- інтеграцію функцій багаторівневого управління енергоефективністю регіону;
- формування для кожного рівня управління ефективних управлінських рішень, які ґрунтуються на результатах опрацювання великих обсягів інформації.

При розробці БСУЕР доцільно орієнтуватися на широке використання телекомунікаційних і Web технологій, баз даних, СУБД, сховищ та просторів даних, компонентів збирання, оцінювання, оперативного аналітичного та інтелектуального опрацювання інформації, візуалізації результатів її опрацювання та прийняття управлінських рішень. Управлінські рішення, які формуються на кожному рівні управління БСУЕР, необхідно спрямовувати на оптимізацію структури споживання паливно-енергетичних ресурсів, зменшення енергоємності виробництва одиниці продукції, виконаних робіт і наданих послуг, скорочення рівня невиробничих втрат паливно-енергетичних ресурсів.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває проблема підвищення енергоефективності економіки регіону шляхом використання інтелектуальних інформаційних технологій та БСУЕР для формування ефективних управлінських рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

За останні роки здійснено багато досліджень та публікацій, присвячених питанням управління енергоефективністю економіки регіону на всіх рівнях – від управління технологічними та бізнес-процесами (виробничою, фінансовою, адміністративною та господарською діяльністю) на підприємстві до управління економікою регіону [4–12]. Розглянемо найважливіші з цих публікацій.

У роботах [4–6] проаналізовано багаторівневу структуру інтегрованої автоматизованої системи управління підприємством і багаторівневу розподілену структуру управління підприємствами регіону. Недоліком таких систем є відсутність на кожному рівні управління окремої бази даних та орієнтації структури системи на використання хмарних технологій.

У працях [7, 8] значну увагу приділено питанням дослідження енергоменеджменту як ефективного засобу підвищення енергоефективності підприємств та економіки регіону. Однак методи та засоби для реалізації енергоменеджменту сьогодні не повною мірою розроблені.

З аналізу публікацій [9, 10, 12] випливає, що для формування ефективних управлінських рішень у багаторівневих системах управління необхідно розробити засоби для оцінювання бізнес- і технологічних процесів та оперативного, аналітичного й інтелектуального опрацювання даних на всіх рівнях управління.

У роботах [9–11] розглянуто технічні та інженерні аспекти розроблення багаторівневих систем управління підприємствами, розглянуто сучасні технології збору, накопичення та опрацювання інформації і показано доцільність їх використання у системах управління енергоефективністю. Також там детально розглянуті провідні та безпроводні інтерфейси, сенсори, виконавчі механізми та мікроконтролерні системи. Проте у розглянутих працях недостатньо уваги

приділено питанням комплексного підходу до розроблення базових програмно-апаратних засобів та їх адаптації до задач управління енергоефективністю на всіх рівнях управління.

За результатами аналізу видно, що розроблення архітектури БСУЕР вимагає використання комплексного підходу, який охоплює сучасну елементну базу (мікропроцесори, мікроконтролери, програмовані логічні інтегральні схеми, сенсори, виконавчі механізми), інтелектуальні та інформаційні технології, архітектуру систем управління, мережеві та інтернет-технології.

Ціль та задачі дослідження

Ціль роботи – розроблення, орієнтованої на інтеграцію інформаційних ресурсів підприємств регіону, їх опрацювання та формування ефективних управлінських рішень, архітектури багаторівневої системи управління енергоефективністю регіону.

Для досягнення поставленої цілі необхідно розв'язати такі задачі:

визначити перелік задач для розв'язання БСУЕР;

сформулювати вимоги до реалізації компонентів кожного рівня БСУЕР;

вибрати принципи розроблення БСУЕР;

розробити архітектуру БСУЕР.

Основні результати дослідження

Задачі БСУЕР. Останні роки характеризуються інтенсивним впровадженням інформаційних технологій на підприємствах Львівської області, що забезпечило автоматизацію їх роботи та накопичення великих обсягів інформації про динаміку технологічних та бізнес-процесів. Для реалізації поставлених задач на підприємстві необхідно створити сховище даних розподіленого чи централізованого типу, забезпечити зберігання інформації, необхідної для аналізу енергоефективності та забезпечити доступ до неї відповідно до наданих повноважень. Опрацювання цієї інформації за допомогою технологій обчислювального інтелекту забезпечує отримання знань, на основі яких можна управляти підприємством і його енергоефективністю та прогнозувати його подальшу діяльність.

Підвищити рівень управління енергоефективністю регіону, скоординувати роботу всіх підприємств можна лише інтегруванням усіх управлінських функцій в єдину систему управління. Застосування БСУЕР повинно покращити структуру споживання паливно-енергетичних ресурсів, зменшити енергоємність виробництва одиниці продукції, виконаних робіт і наданих послуг, скоротити рівень невиробничих втрат паливно-енергетичних ресурсів.

Для забезпечення управління енергоефективністю економіки регіону БСУЕР повинна забезпечувати розв'язання таких задач:

- розроблення енергетичної політики та стратегії енергоефективності регіону та підприємств;
- створення єдиного інформаційного простору для підприємств і організацій регіону з достовірною, повною та оперативною інформацією;
- збирання у реальному часі, зберігання та попереднє опрацювання даних про стан технологічних та бізнес процесів;
- збирання і попереднє опрацювання даних із давачів у мовах завад і неповної інформації;
- прогнозування, управління технологічними процесами та виконавчими механізмами;
- налаштування параметрів технічних засобів залежно від умов навколишнього середовища;
- складання та аналіз енергобалансів виробництва та споживання енергоносіїв;
- енергоаудит економіки регіону та розроблення інвестиційних енергозберігаючих проектів;
- формування звітів із енергоефективності та створення їх шаблонів;
- інтегрування різноманітних даних за допомогою баз, сховищ даних та інтернет-серверів;
- захист даних у системі від несанкціонованого доступу;
- моделювання процесів і інтелектуальне опрацювання накопичених даних;
- аналіз накопичених даних і визначення шляхів зменшення технологічних і невиробничих втрат енергоресурсів;

- планування та прогнозування розвитку енергоефективності економіки регіону;
- оптимізація структури споживання паливно-енергетичних ресурсів;
- візуалізація багатовимірних даних щодо енергоефективності і представлення результатів опрацювання даних у вигляді графіків і діаграм;
- вдосконалення системи регіонального управління енергоефективністю і споживанням енергоресурсів;
- формування та контроль управлінських рішень.

Вимоги та принципи розроблення БСУЕР. Аналіз задач, які покладаються на БСУЕР, показує, що під час розв'язання задач управління технологічними процесами та виконавчими механізмами вимагається опрацювання інтенсивних потоків даних у реальному часі засобами, які задовольняють обмеження щодо габаритів, енергоспоживання та вартості. Зокрема це задачі фільтрування та відновлення втрачених даних, попереднього та інтелектуального їх опрацювання. Особливостями таких задач є: постійність і висока інтенсивність надходження вхідних даних; великий обсяг обчислень з переважанням обчислювальних операцій над логічними; високі вимоги до точності результатів; можливість розпаралелення процесу обчислення.

Однією з найпоширеніших вимог до компонентів технологічного рівня є забезпечення високої швидкодії. Ця вимога виникає при використанні компонентів БСУЕР для розв'язання задач у реальному часі, що накладає певні обмеження на час розв'язання задачі T_p . Розв'язувати задачу необхідно без накопичення затримок за час, який не повинен перевищувати часу надходження даних $T_{обм}$, тобто:

$$T_p \leq T_{обм}.$$

Час $T_{обм}$ залежить як від обсягу N , розрядності n і частоти Fd надходження вхідних даних, так і від кількості k каналів та їх розрядності nk . Такий час визначають за формулою:

$$T_{обм} = \frac{Nn}{F_d kn_k}.$$

Для розв'язання задачі у реальному часі продуктивність комп'ютерних засобів має бути:

$$\Pi \geq \frac{\beta R F_d kn_k}{Nn},$$

де R – складність алгоритмів розв'язання задач; β – коефіцієнт врахування особливостей засобів реалізації алгоритму розв'язання задачі.

Застосування засобів обробки даних безпосередньо біля давачів і виконавчих механізмів накладає жорсткі обмеження на їхні масогабаритні характеристики. Одночасно до таких засобів висуваються жорсткі вимоги до споживаної потужності, що впливає на габарити джерел живлення та засобів відведення тепла, форматів даних і команд, ємності пам'яті та інтерфейсів зв'язку між компонентами системи.

Крім того, до таких компонентів висувають високі вимоги щодо живучості та надійності. Компоненти БСУЕР повинні забезпечувати перевірку працездатності та швидку локалізацію неполадок. Проблема високої живучості компонентів БСУЕР виникає у разі їх використання у системах управління важливими і територіально віддаленими об'єктами.

Зменшення масогабаритних характеристик, енергоспоживання, підвищення надійності та швидкодії компонентів комп'ютерних засобів можна досягти їх реалізацією у вигляді системи на кристалі (SoC) та надвеликих інтегральних схем (НВІС). При НВІС-реалізації компонентів БСУЕР вони повинні забезпечити високу ефективність використання обладнання, яка враховує кількість виводів інтерфейсу, однорідність структури, кількість і локальність зв'язків, зв'язує продуктивність з витратами обладнання та оцінює елементи пристрою за продуктивністю [2].

Задача розроблення апаратних компонентів реального часу, орієнтованих на НВІС-реалізацію, з високою ефективністю використання обладнання зводиться до мінімізації апаратних затрат, кількості виводів інтерфейсу, збільшення однорідності структури та регулярності зв'язків.

Під час апаратної реалізації алгоритмів розв'язання задачі високої ефективності використання обладнання досягають узгодженням інтенсивності надходження вхідних $Pd=knFd$, де k – кількість каналів надходження вхідних даних; n – розрядність каналів надходження даних; Fd – частота надходження даних, із обчислювальною інтенсивністю апаратних засобів $Da=mnhFk$, де m – кількість трактів опрацювання; nh – розрядність трактів опрацювання; Fk – тактова частота опрацювання даних.

Для ефективного відлагодження комп'ютерних компонентів БСУЕР під час їх розроблення необхідно ввести засоби, які забезпечать керуваність (можливість запустити, зупинити та продовжити роботу з будь-якої адреси), спостережуваність (слідкування за її поведінкою та зміною внутрішніх станів) і передбачуваність (встановлення у стан, з якого всі наступні стани можуть бути передбачені).

Розробляють БСУЕР за такими принципами [12, 13]:

- компонентно-ієрархічним, який передбачає поділ процесу розроблення на ієрархічні рівні та види забезпечення (алгоритмічне, апаратне та програмне);
- системного інтегрування, що використовує як горизонтальне, так і вертикальне інтегрування компонентів систем управління енергоефективністю регіону та підприємств;
- інтегрування інформаційних та інтелектуальних технологій, комп'ютерних, комунікаційних і алгоритмічних засобів;
- змінного складу обладнання, що передбачає наявність ядра БСУЕР та змінних програмно-апаратних модулів, за допомогою яких ядро адаптується до вимог конкретного застосування;
- модульності, який передбачає розроблення компонентів БСУЕР у вигляді функціонально завершених модулів, що мають вихід на стандартний інтерфейс;
- готових компонент і базових проектних рішень під час розроблення БСУЕР;
- відкритості, за яким БСУЕР розробляється із врахуванням можливості нарощування та поновлення функцій;
- сумісності, який передбачає використання стандартних провідних і безпроводних інтерфейсів для зв'язку між компонентами системи.

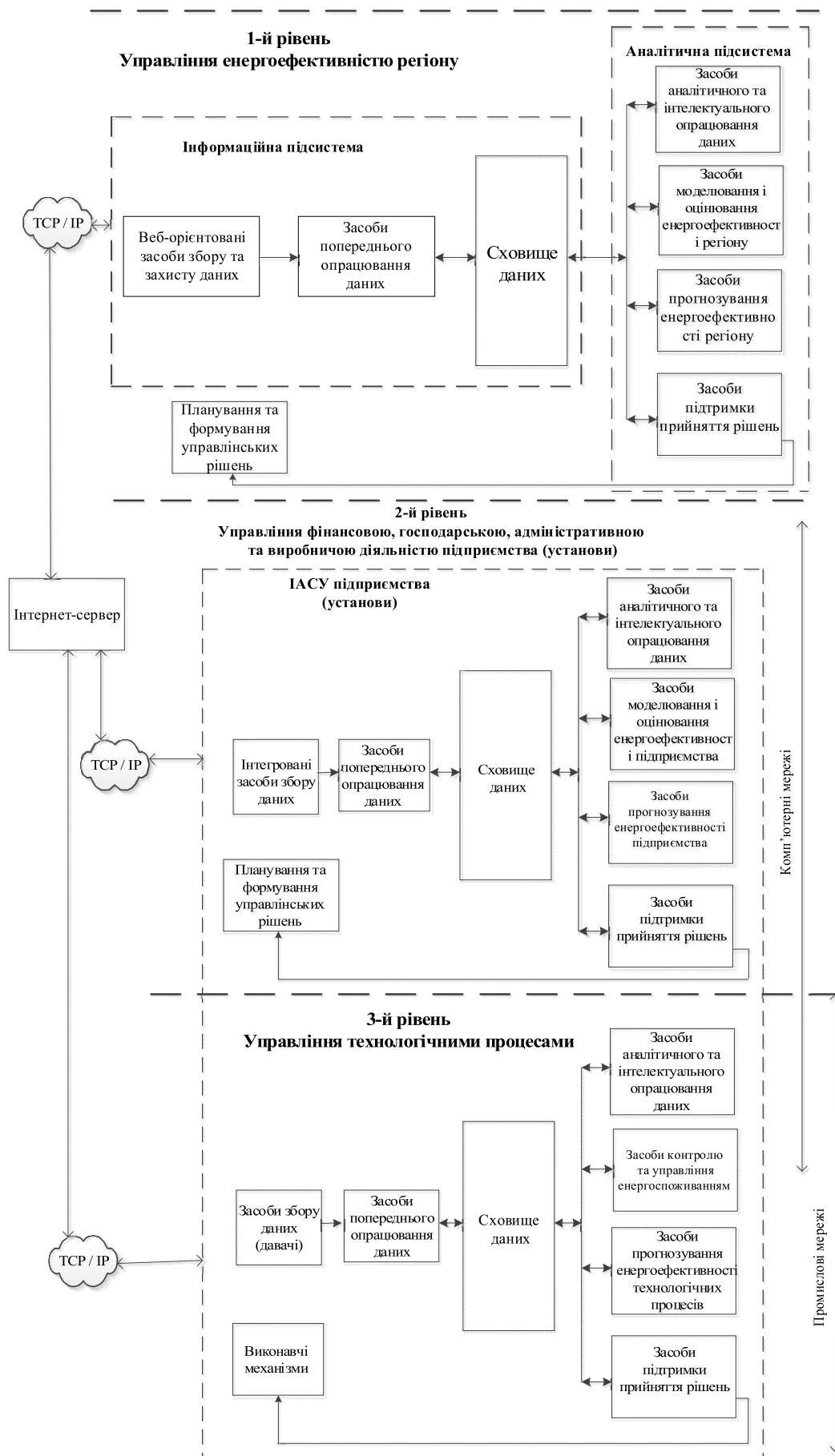
Архітектура БСУЕР. Сучасні інформаційні інтелектуальні технології та системи все більше використовуються в управлінні створенням ефективного середовища для управління технологічними процесами та виконання бізнес-процесів (управління фінансовою, господарською, адміністративною та виробничою діяльністю) як на підприємстві, так і в регіоні. Інформаційна інтелектуальна система поступово перетворюється із зручного інструмента збирання, збереження та опрацювання даних на інструмент для підтримки прийняття управлінських рішень на всіх рівнях управління. Керівники, що використовують такі системи, концентруються не на задачах інтегрування та опрацювання даних, а на формуванні управлінських рішень. Вони отримують можливість зосередитися на задачах управління енергоефективністю та значною мірою абстрагуються від інформаційних технологій.

Для управління енергоефективністю економіки регіону розроблено архітектуру БСУЕР, яку наведено на рисунку, де TCP/IP – стек протоколів обміну. Архітектура БСУЕР є розподіленою та забезпечує:

- спільне використання апаратних і програмних ресурсів;
- масштабованість і відкритість архітектура, яка передбачає додавання нового апаратного і програмного забезпечення різних виробників, котрі відповідають стандартам мережевої моделі OSI;
- паралельність виконання кількох процесів;
- стійкість до збоїв у системі дублюванням обробки на декількох комп'ютерах;
- прозорий доступ до ресурсів відповідно до наданих повноважень.

Структура БСУЕР є ієрархічною тривірневою.

Перший рівень – управління енергоефективністю регіону реалізується з використанням інформаційно-аналітичної системи, яка складається з інформаційної та аналітичної підсистем. Основними компонентами інформаційної підсистеми є: веб-орієнтовані засоби збирання та захисту даних, засоби попереднього опрацювання даних і сховище даних (Data Warehouse).



Архітектура БСУЕР

Для наповнення сховища даних інформацією використовується інформаційні ресурси нижніх рівнів управління. В аналітичній підсистемі використовуються такі засоби: аналітичного та інтелектуального опрацювання даних, моделювання, оцінювання та прогнозування енергоефективності регіону, підтримки прийняття рішень, планування та формування управлінських рішень.

Управління енергоефективністю регіону та підприємств організовується за міжнародним стандартом енергоменеджменту ISO 50001:2011 “Системи управління енергією (Енергоменеджмент). Вимоги. Рекомендації до використання” [3]. В цьому стандарті чітко визначено ті кроки, які необхідно вжити для досягнення вищої енергоефективності та енергобезпеки підприємства. Також ним визначаються вимоги щодо виміру, документального оформлення, звітності з використання та споживання енергії, вимоги до енергетичного обладнання та до персоналу, що відповідальний за підвищення енергоефективності. Стандартом ISO50001 визначено спеціальний алгоритм — “Plan-Do-Check-Act”, який описує замкнене коло заходів з реалізації системи енергоменеджменту — Energy Management System (EnMS). Етап Plan передбачає перед початком будь-якого процесу удосконалення аналіз поточної ситуації на виробництві та формування задачі виходячи з ключових показників енергоспоживання і загальної політики в регіоні. Етап Do – впровадження запланованих дій. Етап Check – моніторинг та повторне виконання замірів основних енергетичних параметрів. Ґрунтовний аналіз і порівняння отриманих результатів, формування висновків про наявність чи відсутність позитивних зрушень. Етап Act – при виявленні перших позитивних результатів вони повинні бути консолідовані та підсилені подальшими діями персоналу в цьому напрямку. Для реалізації управління на першому рівні використовується програмно-технічний комплекс HMI/SCADA zenon. Даний комплекс використовується створення систем візуалізації, керування і збору даних.

Другий рівень – управління фінансовою, господарською, адміністративною та виробничою діяльністю підприємств (установ) реалізується з використанням таких компонентів: інтегрованих засобів збору даних, засобів попереднього опрацювання даних, сховища даних, засобів аналітичного та інтелектуального опрацювання даних, моделювання, оцінювання та прогнозування енергоефективності підприємства, засобів підтримки прийняття рішень, планування та формування управлінських рішень. Для об’єднання комп’ютерних засобів на другому рівні використовуються засоби комп’ютерних мереж. Інформацію з цього рівня за допомогою інтерфейсів передають на перший рівень управління та у сховище даних.

На другому рівні управління для планування, аналізу і управління виробництвом використовують програмні засоби: IRP – Intelligent Resource Planning (системи інтелектуального планування), ERP – Enterprise Resource Planning (планування ресурсів підприємства), MRP – Material Requirements Planning (системи планування потреб в матеріалах) і MES – Manufacturing Execution Systems (системи управління виробничими процесами).

Третій рівень – управління технологічними процесами – реалізується з використанням таких компонентів: засобів збирання даних (давачів), засобів попереднього опрацювання даних, сховища даних, засобів аналітичного та інтелектуального опрацювання даних, засобів контролю та управління енергоспоживанням, прогнозування енергоефективності технологічних процесів і засобів підтримки прийняття рішень, планування та формування управлінських рішень. Для об’єднання компонентів на третьому рівні використовуються засоби комп’ютерних та промислових мереж. Інформація з даного рівня за допомогою інтерфейсів передається на перший рівень управління та у сховище даних.

На третьому рівні для управління технологічними процесами та виконавчими механізмами використовується системи SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерське управління та збирання даних) і ACKOE – автоматизована система контролю якості та обліку споживання електроенергії. Система SCADA, як правило, використовується для створення інтерфейсу оператора та збирання даних виробничого процесу. Для контролю та управління параметрами споживання електроенергії використовуються інструментальне забезпечення, яке є сукупністю пристроїв, каналів зв’язку, алгоритмічно-програмних засобів. Особливістю управління

параметрами споживання електроенергії на цьому рівні є використання економічного методу управління. Особливістю цього методу управління є те, що він розглядає енергоспоживання як головний ланцюжок управління ринком електроенергії, який, своєю чергою, є сукупністю технологічного процесу, обліково-фінансового процесу енергоспоживання, а також політично-економічного процесу. За економічного методу управління енергоспоживанням використовують: диференційовані за часом доби тарифи; оперативний контроль за електроспоживанням як із боку енергосистеми, так і з боку споживача; безпосереднє управління навантаженням організації для вирівнювання графіка. Для безпосереднього управління виконавчими механізмами використовують програмні засоби DCS – Distributed Control System (розподілена система керування) та PLC – Programmable Logic Controller (програмований логічний контролер).

В основу розроблення БСУЕР покладено принцип системної інтеграції, що охоплює всі рівні процесів, об'єктів, суб'єктів та інфраструктури з врахуванням вимог конкретного застосування. Системне інтегрування здійснюють з використанням компонентно-орієнтованої технології, яка передбачає поділ процесу розроблення на ієрархічні рівні та види забезпечення (алгоритмічне, апаратне та програмне). Для реалізації цієї технології використовують метод декомпозиції, що передбачає розбиття апаратно-програмних засобів на рівні. На кожному рівні ієрархії розв'язують задачі відповідної складності, які характеризуються як алгоритмами розв'язання, так і засобами її реалізації. На нижніх рівнях ієрархії збільшується деталізація алгоритмічних, апаратних і програмних засобів. При цьому на вищих рівнях ієрархії програмні та апаратні засоби являють собою впорядковану композицію програмних і апаратних засобів нижчих рівнів ієрархії. Методологія послідовної декомпозиції, яку використовують для розроблення БСУЕР, відображає процес розроблення “згори донизу”.

Під час розроблення БСУЕР використовують як горизонтальне, так і вертикальне інтегрування систем управління і компонентів. Горизонтальне інтегрування передбачає об'єднання систем управління на одному рівні ієрархії, а вертикальне об'єднує засоби систем управління сусідніх рівнів ієрархії. Крім того, для синтезу БСУЕР використовують такі види інтегрування: організаційне, функціональне, інформаційне, програмне та технічне.

Висновки

Розроблена архітектура БСУЕР орієнтована на розв'язання задач: створення єдиного інформаційного простору з достовірною, повною та оперативною інформацією; збирання у реальному часі, зберігання та попереднього опрацювання даних; прогнозування процесів і енергоефективності на кожному рівні управління; захист даних у системі; оптимізації структури споживання паливно-енергетичних ресурсів; візуалізації багатовимірних даних; формування та контролю управлінських рішень.

Компоненти рівня управління технологічними процесами повинні забезпечувати опрацювання даних у реальному часі з врахуванням обмежень щодо габаритів, енергоспоживання та вартості.

Розробляти архітектуру БСУЕР запропоновано за такими принципами: компонентно-ієрархічним, системної інтеграції, змінного складу обладнання, модульності, використання готових компонентів і базових проектних рішень, відкритості та сумісності.

Розроблено архітектуру БСУЕР, яка складається з таких рівнів управління: перший – енергоефективністю регіону, другий – фінансовою, господарською, адміністративною та виробничою діяльністю підприємств (установ), третій – технологічними процесами.

1. Комплексна державна програма енергозбереження України / Затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 05.02.1997 № 148 зі змінами та доповненнями. 2. Маслікевич М. Р., Сердюк Б. М. Сутність оцінки енергоефективності підприємства // Актуальні проблеми економіки та управління. – Випуск 5, 2011. 3. Про затвердження Методики розроблення галузевих, регіональних програм енергоефективності та програм зменшення споживання енергоресурсів бюджетними установами шляхом їх раціонального використання / Наказ Національного

агентства України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів від 17 березня 2009 року № 33. 4. Медиковський М. О., Цмоць І. Г., Цимбал Ю. В. Інформаційно-аналітична система для управління енергоефективністю підприємств Львова // *Актуальні проблеми економіки*. – К., 2016. – №1(175)2014. – С. 379–384. 5. Медиковський М. О., Цмоць І. Г., Цимбал Ю. В. Засоби інтелектуальної обробки даних у системі управління енергоефективністю економіки // *Актуальні проблеми економіки*. – 2013. – № 12 (150). – С. 271–277. 6. Медиковський М. О., Цмоць І. Г., Подольський М. Р. Обґрунтування принципів побудови та розроблення узагальненої структури інформаційно-аналітичної системи для оцінювання, прогнозування та управління енергоефективністю економіки регіону // *Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Комп’ютерні науки та інформаційні технології”*. – 2013. – № 751. – С. 40–51. 7. Аракелов В. Е., Кремер А. И. Методические вопросы экономики энергоресурсов. – М: Энергоатомиздат, 1990. – 188 с. 8. Ганжа В. Л. Основы эффективного использования энергоресурсов. – Мн.: Белорусская наука, 2007. – 452 с. 9. Цмоць І. Г., Скорохода О. В. Визначення задач і формування вимог до інтелектуальних компонентів інтегрованих АСУ // *Технічні вісті*. – 2014/2(40), 2(34). – С.53–54. 10. Інтелектуальні компоненти інтегрованих автоматизованих систем управління: монографія / М. О. Медиковський, Р. О. Ткаченко, І. Г. Цмоць та ін. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 315 с. 11. Грицик В. В., Опотяк Ю. В., Цмоць І. Г. Інтегрований підхід до розробки високоефективних апаратних засобів інформаційних технологій обробки сигналів реального часу // *Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць*. – Вип. 6 (47). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 84–95. 12. Цмоць І. Г., Теслюк В. М., Теслюк Т. В. Модель визначення пріоритетності виконання інвестиційних енергозберігаючих проектів на підприємстві // *Актуальні проблеми економіки*” Київ. – № 1(187)2017. – 2017 – С. 398–408. 13. Коваль С. П. Энергосбережение на предприятии. Внедрение стандарта ISO 50001 [Електронний ресурс] / С. П. Коваль // ЭСКО – 2912/ – № 4. – Режим доступу: http://esco-ecosys.narod.ru/2012_4/art.14.