

І. Г. Цмоць, О. В. Скорохода, Я. П. Кісь<sup>1</sup>  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра автоматизованих систем управління,  
<sup>1</sup>кафедра інформаційних систем та мереж

## СИНТЕЗ ІНТЕГРОВАНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

© Цмоць І. Г., Скорохода О. В., Кісь Я. П., 2015

Розроблено базову чотирирівневу структуру ІАСУ підприємства та вибрано такі принципи її побудови: системності, змінного складу обладнання, модульності, відкритості, сумісності, розвитку, комплексу базових проектних рішень та ієрархічності. Показано, що синтез структури ІАСУ підприємства потребує системного аналізу, дослідження наявних реалізацій ІАСУ, аналізу взаємодії в єдиному інформаційному просторі підприємства бізнес-процесів, технічної підготовки й управління виробництвом і дослідження напрямів розвитку ІАСУ. Запропоновано синтез ІАСУ підприємства здійснювати на основі інтегрованого підходу та компонентно-ієрархічної технології, яка передбачає поділ процесу розроблення на ієрархічні рівні та види програмного та апаратного забезпечення.

**Ключові слова:** ІАСУ, системна інтеграція, компонентно-ієрархічна технологія, модульність.

The basic 4-level structure of IACS of company has been developed. Following principles of its construction have been selected: consistency, variable composition of equipment, modularity, transparency, compatibility, development, set of basic design solutions and hierarchy. It was shown that the synthesis of IACS structure of company requires system analysis, study of existing implementations of IACS, analyzing interactions in a single information space of the enterprise business processes, technical training and production management and research of directions of IACS development. It has been proposed to implement synthesis of IACS of company based on an integrated approach and component-hierarchical technology which envisages division of the development process into hierarchical levels and types of software and hardware.

**Key words:** IACS, system integration, component-hierarchical technology, modularity.

### Вступ. Загальна постановка проблеми

Сьогодні підприємства України працюють в умовах, які характеризуються зростанням конкуренції, збільшенням кількості партнерів на зовнішньому ринку, використанням нових технологій виробництва, швидкою зміною та нестабільністю зовнішнього середовища. Особливістю управління підприємством у таких умовах є швидке реагування на дію зовнішніх факторів – прийняття своєчасних управлінських рішень, які спрямовані на підвищення ефективності роботи підприємства та якості продукції, яку випускає підприємство. Забезпечити таке управління можливо розробленням та використанням інтегрованих автоматизованих систем управління (ІАСУ), які забезпечують управління як технологічними, так і організаційно-економічними процесами на підприємстві. Сучасний етап розвитку ІАСУ орієнтований на широке використання Web-технологій, баз даних, СУБД, сховищ та просторів даних, систем SCADA та інтелектуальних компонентів для аналітичної обробки, з метою оцінювання стану підприємства, визначення потенційних загроз і перспективних можливостей та на їх основі прийняття ефективних управлінських рішень.

У сучасних ІАСУ прийняття ефективних управлінських рішень здійснюється на основі опрацювання даних, об'єднаних у єдиний інформаційний простір, у якому виникає проблема

підтримки різних форматів даних, а також їх кодування. Ця проблема вирішується створенням на основі баз даних і СУБД інтегрованих предметно-орієнтованих сховищ даних. В основу концепції сховищ даних покладено ідею поділу даних, які використовуються для оперативного аналізу та для вирішення завдань інтелектуального аналізу. Крім того, в сховище даних входить база знань, в якій зберігається накопичений попередній досвід експлуатації ІАСУ. Для інтеграції даних на рівні підприємств використовуються простори даних, управління якими здійснюється на базі платформи підтримки просторів даних DSSP (DataSpace Support Platforms). На основі Web-технологій розробляються засоби доступу до даних на всіх ієрархічних рівнях ІАСУ.

Для управління складними технологічними процесами та розподіленими технічними системами в ІАСУ як інструментальні засоби проектування використовується система SCADA, яка забезпечує виконання таких функцій: збір поточної інформації про роботу устаткування з давачів і контролерів; первинне перетворення зібраної інформації; збереження поточної інформації; використання поточної інформації для вирішення завдань управління виробництвом; організація зв'язку з пристроями, під'єднаними до інформаційної мережі; представлення поточної інформації у вигляді гістограм, таблиць, графіків; відображення стану приводів і технологічного устаткування.

Отже, розроблення ІАСУ для ефективного управління технологічними і організаційно-економічними процесами на підприємстві є актуальним завданням.

### **Аналіз остатніх досліджень та публікацій**

Питань розроблення компонентів та синтезу на їх базі ІАСУ підприємствами стосується багато публікацій [1–9]. У роботі [1] подано широкий та збалансований огляд технічних та інженерних аспектів розроблення автоматизованих систем, розглянуто сучасні технології автоматизації і показано доцільність їх використання для створення сучасних систем керування. Також там детально розглянуто промислові системи контролю; сенсори, виконавчі механізми та інші компоненти керування системою; засоби збереження та автоматичного збору інформації тощо.

У [2] розглянуто питання використання комп'ютерних систем для управління підприємством та взаємодії між його різними ієрархічними рівнями. Динамічний відгук на небезпеки є однією з ключових характеристик управління підприємствами, з якими традиційні системи управління підприємством справляються неефективно. Одним зі способів вирішення цієї проблеми є використання мультиагентних систем та парадигми спеціальних гнучких виробничих систем [3].

Питання інтеграції окремих компонентів ІАСУ розглянуто у [4, 6, 9], але не висвітлено питання інтеграції між рівнями системи.

У багатьох роботах [1–9] розглядається використання сучасних методів та засобів інтелектуального опрацювання даних для створення окремих компонентів ІАСУ. Зокрема, у [5, 6] описано використання штучних нейронних мереж для розроблення засобів інтелектуального управління виробничими процесами, але мало уваги приділено питанням інтелектуалізації на рівні фінансової та адміністративної діяльності.

З аналізу літературних джерел видно, що все ще недостатньо розкрито питання комплексного підходу до синтезу ІАСУ, інтелектуалізації та інтеграції компонентів у систему. Тому задача синтезу ІАСУ на основі сучасних телекомунікаційних та інформаційних технологій є актуальною.

### **Формування цілі статті**

*Метою статті* є формулювання вимог до компонентів ІАСУ підприємства, вибір принципів розроблення, видів та рівнів інтеграції, визначення основних етапів проектування ІАСУ підприємства та розроблення компонентно-ієрархічної технології її синтезу.

### **Виклад основного матеріалу**

*Базова структура ІАСУ підприємства.* Основними завданнями сучасних ІАСУ підприємств є інтеграція функцій управління технологічними та організаційно-економічними процесами, створення єдиного інформаційного простору з достовірною, повною та оперативною інформацією.

Центральним поняттям в ІАСУ є поняття «інтеграція». Інтеграція в ІАСУ визначається як спосіб організації окремих компонентів у одну систему, яка забезпечує узгоджену і цілеспрямовану їхню взаємодію, що зумовлює високу ефективність функціонування всієї системи. Інтеграція в ІАСУ здійснюється у таких напрямках: функціональному, організаційному, інформаційному, програмно-алгоритмічному, технічному та економічному.

Функціональна інтеграція забезпечує єдність цілей та узгодженість критеріїв і процедур виконання виробничо-господарських і технологічних функцій, пов'язаних із досягненням поставлених цілей. Основою функціональної інтеграції є: оптимізація функціональної структури всієї системи, декомпозиція системи на локальні підсистеми, формалізований опис функцій кожної підсистеми і протоколів взаємодії підсистем.

Організаційна інтеграція передбачає формування узгоджених управлінських рішень шляхом раціональної взаємодії управлінського персоналу на різних рівнях ієрархії ІАСУ.

Інформаційна інтеграція полягає у комплексному підході до створення єдиного інформаційного поля на основі об'єднання технологічного процесу збору, зберігання, передавання та опрацювання даних. Інформаційне забезпечення ІАСУ містить такі компоненти: систему класифікації та кодування, систему документації та інформаційну базу ІАСУ, яка є розподіленою ієрархічною системою взаємопов'язаних інформаційних баз.

Програмно-алгоритмічна інтеграція передбачає наявність взаємопов'язаних комплексів моделей, алгоритмів, операційних систем, прикладних програм і їх спільне використання на всіх рівнях ієрархії.

Технічна інтеграція полягає у використанні єдиного комплексу спільних апаратних засобів для управління агрегатами, апаратами, установками та виконавчими механізмами шляхом збору та опрацювання даних на всіх рівнях ієрархії.

Економічна інтеграція полягає в досягненні найвищого економічного ефекту через цілеспрямоване та узгоджене функціонування всіх компонентів ІАСУ.

Інтеграція процесів на підприємстві усуває бар'єри між технологічними і управляючими рівнями та забезпечує підвищення ефективності виробництва. Для управління підприємствами розроблена базова структура ІАСУ, яка наведена на рис. 1, де ФГАД – фінансова, господарська та адміністративна діяльність.

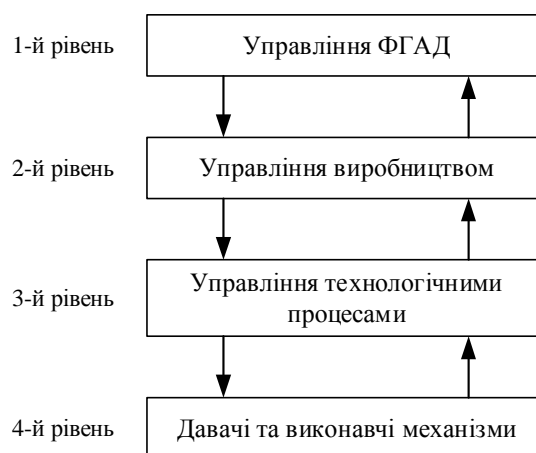


Рис. 1. Базова структура ІАСУ підприємства

Базова структура ІСАУ підприємства побудована у вигляді ієрархічної чотирирівневої структури, в якій першим рівнем є управління фінансовою, господарською та адміністративною діяльністю. На цьому рівні управління здійснюється планування та аналіз виробничої діяльності організації з використанням програмних засобів IRP – Intelligent Resource Planning (системи інтелектуального планування), ERP – Enterprise Resource Planning (планування ресурсів підприємства) і MRP – Material Requirements Planning (системи планування потреб у матеріалах).

Другий рівень управління забезпечує управління виробництвом, для чого використовуються програмні засоби MES – Manufacturing Execution Systems (системи управління виробничими процесами), які застосовуються для синхронізації, координації, аналізу та оптимізації випуску продукції.

Третій рівень управління пов'язаний з управлінням технологічними процесами та контролем і управлінням параметрами обладнання. Для розв'язання таких задач використовують системи SCADA, основною функцією яких є створення інтерфейсу оператора та збір даних про виробничий процес. Для контролю та управління технологічним процесом використовується інструментальне забезпечення, яке є сукупністю пристроїв, каналів зв'язку та алгоритмічно-програмних засобів.

Четвертий рівень управління пов'язаний з безпосереднім управлінням агрегатами, апаратами, установками та виконавчими механізмами. Цей рівень управління характеризується використанням програмних засобів DCS – Distributed Control System (розподілена система керування) та PLC – Programmable Logic Controller (програмований логічний контролер). На цьому рівні управління широко використовується розподілена система введення/виведення та децентралізована обробка даних з використанням PLC.

**Вимоги та принципи синтезу ІАСУ.** Синтез ІАСУ підприємства доцільно здійснювати на основі інтегрованого підходу та ієрархічно-компонентної технології. У межах цієї технології розробляються компоненти ІАСУ, які інтегрують функції керування технологічними та організаційно-економічними процесами підприємства та регіону. Використання інтегрованого підходу, який охоплює сучасні методи та засоби аналітичної обробки даних, моделювання, прогнозування та прийняття рішень, забезпечує підвищення якості, зменшення вартості та часу проектування [8].

Для забезпечення ефективного управління підприємствами необхідно здійснити:

- збір, архівацію та попередню оцінку даних;
- формування звітів організацій і установ з енергоефективності, а також забезпечити засоби для створення шаблонів таких звітів;
- інтеграцію різноманітних даних за допомогою баз даних, СУБД, сховищ та просторів даних, доступ до яких здійснюється засобами Web-технологій;
- захист даних від несанкціонованого доступу;
- електронне документування;
- оперативна й інтелектуальна обробка даних, моделювання технологічних та організаційно-економічних процесів;
- дослідження даних на предмет зменшення обсягу технологічних і невиробничих втрат енергоресурсів;
- аналітичне оцінювання та прогнозування фінансово-економічного стану підприємства;
- оптимізацію структури споживання паливно-енергетичних ресурсів;
- візуалізацію багатовимірних даних, подання даних і результатів обробки у вигляді графіків і діаграм;
- вдосконалення системи управління підприємством;
- автоматизацію підготовки, контролю та виконання управлінських рішень.

В основу розроблення ІАСУ підприємства пропонується покласти такі принципи [6]:

- системності, за якого між компонентами ІАСУ утворюються такі зв'язки, що забезпечують цілісність і взаємодію з іншими системами;
- змінного складу обладнання, що передбачає наявність ядра ІАСУ та змінних програмно-апаратних модулів, за допомогою яких ядро адаптується до вимог конкретного застосування;
- модульності, який передбачає розроблення компонентів ІАСУ у вигляді функціонально завершених модулів, що мають вихід на стандартний інтерфейс;
- відкритості, за якого ІАСУ створюється із урахуванням можливості поповнення і оновлення функцій без порушення її функціонування;
- сумісності, який передбачає використання інформаційно-технологічних інтерфейсів, завдяки яким ІАСУ може взаємодіяти з іншими системами;
- використання для розроблення ІАСУ комплексу базових проектних рішень;

- принцип незалежності окремих підсистем визначає можливість введення в дію і функціонування окремих підсистем незалежно від інших підсистем;
- принцип ієрархічності реалізує комплексний підхід до автоматизації всіх рівнів проектування;
- принцип розвитку забезпечує вдосконалення і оновлення складових частин ІАСУ, а також взаємодію і розширення взаємозв'язків з компонентами різного рівня і функціонального призначення.

**Системна інтеграція під час синтезу ІАСУ.** В основу проектування сучасних ІАСУ покладена системна інтеграція, яка ґрунтується на системному підході, що охоплює всі рівні інтеграції процесів, об'єктів, суб'єктів та інфраструктури з урахуванням вимог конкретного застосування та ефективності їх застосування [6–9].

Під час проектування ІАСУ використовується як горизонтальна, так і вертикальна інтеграція автоматизованих систем та їхніх компонентів. Горизонтальна інтеграція передбачає об'єднання автоматизованих систем на одному рівні ієрархії, а вертикальна – об'єднує засоби автоматизованих систем сусідніх рівнів ієрархії.

В ІАСУ використовуються такі види забезпечення: організаційне, інформаційне, математичне, програмне алгоритмічне та технічне. Розроблення ІАСУ передбачає інтеграцію цих видів забезпечення.

Організаційна інтеграція – це раціональне об'єднання діяльності персоналу на всіх ієрархії ІАСУ з метою узгодження управлінських рішень.

Функціональна інтеграція полягає у розробленні загальної функціональної структури системи та її декомпозиції на функціональні підсистеми. При цьому необхідно забезпечити єдність локальних цілей функціонування, узгодженість функцій та критеріїв ефективності всіх компонентів. Під час реалізації функціональної інтеграції використовують методи декомпозиції та агрегування.

Інформаційна інтеграція передбачає створення умов доступу до всіх необхідних даних, узгодженості форматів даних, їх структурування, ідентифікації та уніфікації представлення.

Програмна інтеграція полягає у сумісному функціонуванні та взаємодії складових програмного забезпечення.

Технічна інтеграція – це раціональне об'єднання технічних засобів для забезпечення збору, передавання, збереження, опрацювання та циркуляції технологічної, економічної та командної інформації між компонентами системи.

Під час проектування ІАСУ на основі системної інтеграції використовують сім рівнів інтеграції.

*Перший рівень* – інтеграція підприємств і бізнес-процесів, яка зводиться до інтеграції замовлень, інформаційного забезпечення виробництва, тестування продукції та моніторингу бізнес-процесів. Для реалізації цього рівня інтеграції використовуються WEB та комунікаційні технології.

*Другий рівень* – користувацький, який забезпечує інтеграцію засобів і способів для інтерактивної взаємодії користувачів з ресурсами системи. Для реалізації користувацького інтерфейсу використовують такі інструментарії: системи управління вікнами (WMS – Window Manager System); спеціалізовані системи; системи управління інтерфейсом користувача (UIMS – User Interface Management Systems).

*Третій рівень* – архітектурний, на якому визначається оптимальна архітектура системи за допомогою інтеграції інформаційних технологій, комп'ютерних, комунікаційних і алгоритмічних засобів. Для визначення оптимальної архітектури використовують моделювання та перспективні інформаційні технології.

*Четвертий рівень* – інтеграція даних і додатків, яка зводиться до побудови і застосування сховищ даних і віртуальних сховищ даних. Для реалізації цього рівня інтеграції використовується фільтрація, структурування та стандартизація даних, універсальна стратегія доступу до даних, WEB та інтелектуальні технології обробки даних.

*П'ятий рівень* – інтеграція апаратно-програмних платформ, яка зводиться до оптимального вибору стандартних платформ та організації їх взаємодії в складі ІАСУ.

*Шостий рівень* – інтеграція апаратно-програмних компонентів, які визначають характеристики комп'ютерних систем. Для реалізації цього рівня інтеграції використовуються базові архітектури, стандартизовані компоненти, інтерфейси та об'єктно-орієнтовані технології доступу до баз даних.

*Сьомий рівень* – конструктивно-технологічний, на якому з урахуванням стандартів технологічної та конструктивної сумісності здійснюється інтеграція конструктивних компонентів різних рівнів складності.

**Методологія синтезу ІАСУ підприємства.** З погляду системного аналізу концептуально ІАСУ підприємства можна подати шестіркою компонентів:

$$P_{IACV} = \{N_{IACV}, P_{IACV}, A_{IACV}, I_{IACV}, E_{IACV}, S_{IACV}\},$$

де  $N_{IACV}$  – призначення ІАСУ;  $P_{IACV}$  – цілі ІАСУ;  $A_{IACV}$  – загальносистемні характеристики ІАСУ;  $I_{IACV}$  – вхід ІАСУ;  $E_{IACV}$  – вихід ІАСУ;  $S_{IACV}$  – методологія синтезу ІАСУ підприємства.

Основним компонентом концептуальної моделі є методологія синтезу ІАСУ  $S_{IACV}$  підприємства, яка реалізується через конкретні технології, стандарти, методики та інструментальні засоби, які забезпечують реалізацію життєвого циклу проекту (ЖЦП або ALM – Application Lifecycle Management) системи. Розглянемо послідовність реалізації запропонованої методології створення ІАСУ підприємства.

1. *Визначення платформи ЖЦП ІАСУ підприємства.* Під час вибору платформи ЖЦП ІАСУ підприємства враховувалися, передусім, такі характеристики системи:

- сфера застосування (наукомісткі проекти ІАСУ або бізнес-додатки);
- методи розроблення (ітеративні та каскадні);
- можливість розподіленої роботи й адміністрування прав учасників;
- документування;
- масштабованість;
- організація і вартість тестування, вартість упровадження і супроводу.

На основі порівняння перерахованих характеристик платформ ЖЦП [6] для розроблення ІАСУ підприємства вибрано платформу RUP (Rational Unified Process).

2. *Обґрунтування технології створення проекту ІАСУ.* Вибір CASE- технології ґрунтувався на таких її можливостях:

- поліпшення якості створюваного програмного забезпечення за рахунок застосування графічних засобів моделювання предметної області, формування і контролю початкового коду;
- зменшення тривалості створення проекту.

3. *Обґрунтування методу проектування функціональної моделі проекту ІАСУ.* Об'єктно-орієнтований метод проектування функціональної моделі вибраний на підставі таких його можливостей:

- реалізація структурної декомпозиції бізнес-процесів підприємства;
- моделювання динамічної поведінки ІАСУ залежно від подій, що виникають в ній.

Об'єктно-орієнтована функціональна модель ІАСУ розглядається як сукупність об'єктів, що взаємодіють у часі. Для об'єктно-орієнтованого проектування функціональної моделі ІАСУ вибрано уніфіковану мову моделювання UML.

4. *Функціональна модель ІАСУ підприємства.* Основні етапи розроблення функціональної моделі підприємства такі:

- бізнес-моделювання;
- визначення функціональних і нефункціональних вимог;
- аналіз і проектування;
- реалізація;
- тестування;
- розгортання.

Кожен етап передбачав виконання завдань для досягнення кінцевої мети функціонального моделювання – розроблення програмного забезпечення ІАСУ підприємства.

5. *Синтез структури ІАСУ підприємства.* Синтез структури ІАСУ підприємства здійснювався за допомогою розробленої методики синтезу, що ґрунтується на результатах системного аналізу. Згідно з цією методикою виконували такі роботи:

- дослідження наявних реалізацій ІАСУ;
- аналіз взаємодії в єдиному інформаційному просторі підприємства бізнес-процесів, технічної підготовки та управління виробництвом;
- дослідження напрямів розвитку ІАСУ.

6. *Дослідження наявних реалізацій ІАСУ підприємства.* Розглядалися три структури ІАСУ, що впроваджуються на підприємствах.

Перша структура основана на використанні локальних автоматизованих інформаційних систем, що автоматизують окремі бізнес-процеси на підприємстві. Обмін наборами даними здійснюється через паперову технічну документацію.

Друга структура характеризується переважною автоматизацією фінансових і обліково-господарських бізнес-процесів підприємства. Методи інтеграції систем ґрунтуються на організації спеціальних груп працівників для обробки даних паперової технічної документації або на програмному обміні через файли даних, призводять до численних помилок і втрати актуальності інформації.

Третя структура основана на інтеграції в єдиному інформаційному просторі підприємства тільки бізнес-процесів, конструкторської та технологічної підготовки виробництва виробів. Передавання наборів даних з PDM-системи (Product Data Management – система управління даними про вироби) в ERP-систему (Enterprise Resource Planning – планування ресурсів підприємства) здійснюється на основі структурованих файлів або за допомогою прикладного API- інтерфейсу (Application Programming Interface – прикладний програмний інтерфейс).

7. *Аналіз взаємодії бізнес-процесів, технічної підготовки й управління виробництвом у єдиному інформаційному просторі підприємства.* Аналіз взаємодії бізнес-процесів виявив необхідність комплексної інтеграції у єдиному інформаційному просторі підприємства бізнес-процесів, технічної підготовки виробництва і багатьох фінансових і обліково-господарських процесів. А управління персоналом, бухгалтерський облік, економічний аналіз і прогнозування, електронна комерція не потребують оперативного управління у межах єдиного інформаційного простору підприємства, оскільки вони потрібні для реалізації стратегічних завдань. Для організації взаємодії у межах єдиного інформаційного простору підприємства бізнес-процесів CAD/CAM/CAE/PDM/FRP/MRP/MES- і ERP-систем пропонується використання програмних методів інтеграції.

8. *Дослідження напрямів розвитку ІАСУ підприємства.* Основними напрямками розвитку ІАСУ є:

- інтеграція у межах єдиного інформаційного простору підприємства бізнес-процесів, технічної підготовки та оперативного управління виробництвом;
- розвиток єдиних процедур адміністрування і управління документообігом на стадіях життєвого циклу виробів;
- постачання комплексних рішень автоматизації підприємств на основі інтеграції ІАСУ і ERP-систем, підвищення ефективності та зниження вартості впровадження для середніх і малих підприємств.

9. *Інформаційна модель ІАСУ підприємства.* Під час побудови інформаційної моделі ІАСУ необхідно встановити взаємозв'язок властивостей матеріальних об'єктів з характеристиками їхніх функціональних структурних елементів, які, своєю чергою, залежать від властивостей цих об'єктів. Вказаний взаємозв'язок є основною ознакою цілісності єдиної інформаційної моделі ІАСУ. Стосунки між структурними елементами в інформаційній моделі ІАСУ пропонується фіксувати у вигляді ієрархічних представлень. Це дає змогу, об'єднуючи структурні елементи з формуванням системних зв'язків, відбивати одночасно як структурні, так і параметричні стосунки, що виключає необхідність аналітичного опису зв'язків за допомогою рівнянь. Запропонована технологія деревоподібного представлення даних ґрунтується на функціональній моделі ІАСУ підприємства.

**Компонентно-ієрархічна технологія синтезу ІАСУ.** ІАСУ підприємства розробимо на основі компонентно-ієрархічної технології, яка передбачає поділ процесу розроблення на ієрархічні рівні та види забезпечення (алгоритмічне, апаратне та програмне) [6]. Для реалізації цієї технології використовується метод декомпозиції, який передбачає розподіл ІАС на окремі компоненти. На кожному рівні ієрархії розв'язують задачі відповідної складності, що характеризуються як одиницями інформації, так і алгоритмами обробки. За складністю розв'язувані задачі ділять на три ієрархічні рівні. Зростанню номера рівня ієрархії відповідає збільшення деталізації алгоритмічних, апаратних і програмних засобів. На вищих рівнях ієрархії одиниці інформації, алгоритми, програмні та апаратні засоби являють собою впорядковані сукупності одиниць інформації та композиції алгоритмів, програмних і апаратних засобів нижчих рівнів ієрархії (табл. 1). Методологія послідовної декомпозиції, яка використовується для розроблення ІАС, відображає процес розроблення “зверху вниз” [6]. У результаті декомпозиції отримуємо багаторівневу ієрархічну структуру, в якій кожна задача верхнього рівня має пріоритет над задачами нижнього рівня. Використання принципів багаторівневої ієрархії в ІАСУ забезпечує виділення таких функціональних рівнів управління:

- управління підприємством (фінансова, господарська та адміністративна діяльність);
- управління виробництвом (синхронізація, координація, аналіз та оптимізація випуску продукції);
- управління технологічними процесами, контроль і управління параметрами обладнання;
- управління агрегатами, апаратами, установками та виконавчими механізмами.

На першому ієрархічному рівні ІАСУ розв'язуються системні задачі управління підприємством. Цей рівень позначимо як  $C_{IAC}^1$ , де одиниця означає перший рівень ієрархії.

Другий рівень ієрархії ІАСУ утворюють підсистеми: 1 – реєстрації, збору та попередньої обробки даних; 2 – збереження даних; 3 – аналітичної обробки даних; 4 – прийняття рішень.

Третій ієрархічний рівень – це апаратні та програмні модулі, які реалізують основні алгоритми обробки даних.

Таблиця 1

**Рівні та види розробок ІАСУ**

Ієрархічний рівень	Види забезпечення та виконувані розробки		
	Алгоритмічне	Апаратне	Програмне
1	Концепція функціонування ІАСУ	Структура апаратних засобів ІАСУ	Структура програмних засобів ІАСУ
2	Алгоритми функціонування підсистем	Структура апаратних засобів підсистем	Структура програмного забезпечення підсистем
3	Алгоритми роботи модулів	Схеми апаратних модулів	Програмні модулі

Компонентно-ієрархічну структуру ІАС можна описати за допомогою такого виразу:

$$C_{IACU}^1 = \bigcup_{i=1}^n C_{IACU}^{2i} \bigcup_{j=1}^m C_{IACU}^{3j},$$

де  $C_{IACU}^{2i}$ ,  $C_{IACU}^{3j}$ , – засоби відповідно другого та третього ієрархічних рівнів;  $n$  – кількість типів підсистем;  $m$  – кількість типів апаратно-програмних модулів.

Алгоритми роботи апаратно-програмних засобів на кожному рівні ієрархії подаються у вигляді функціональних графів  $F = (\Phi, \Gamma)$ , де  $\Phi = \{\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n\}$  – множина функціональних операторів,  $\Gamma$ -закон відображення зв'язків між операторами. Таке подання дає змогу сформулювати список алгоритмів і визначити доцільність реалізації їх програмними або апаратними засобами.



Обробка семантично неузгоджених даних потребує застосування різноманітних інформаційних технологій. Тому в ІАСУ управління енергоефективністю економіки області доцільно використовувати інтегровану інформаційну технологію обробки інформації:

$$IT_{SFC} = \{IT_{DW}, IT_{WEB}, IT_{ITSM}, IT_{OLAP}, IT_{EDMS}, IT_{DM}, IT_{KDD}\},$$

де  $IT_{DW}$  – технологія інформаційних сховищ (Data Warehouse);  $IT_{WEB}$  – WEB-технології;  $IT_{ITSM}$  – управління IT-послугами (IT Service Management);  $IT_{OLAP}$  – технологія оперативної аналітичної обробки (OLAP – On-Line Analytical Processing);  $IT_{EDMS}$  – технологія автоматизації ділових процесів (EDMS – Enterprise Document Management System);  $IT_{DM}$  – технологія інтелектуального аналізу даних (DM – Data Mining);  $IT_{KDD}$  – технологія, яка формує з даних нові нетривіальні знання у формі моделей, залежностей та законів (KDD – Knowledge Discovery in Databases).

### Висновки та перспективи подальших наукових розвідок

1. Показано, що синтез структури ІАСУ підприємства ґрунтується на результатах системного аналізу, дослідженнях реалізацій ІАСУ, аналізі взаємодії в єдиному інформаційному просторі підприємства бізнес-процесів, технічної підготовки й управління виробництвом.
2. Запропоновано синтез ІАСУ підприємства здійснювати на основі системної інтеграції з використанням таких принципів побудови: системності, змінного складу обладнання, модульності, відкритості, сумісності, розвитку, комплексу базових проектних рішень та ієрархічності побудови.
3. Розроблено компонентно-ієрархічну технологію синтезу ІАСУ підприємства, яка передбачає поділ процесу розроблення на ієрархічні рівні та види забезпечення (алгоритмічне, апаратне та програмне).

1. Groover Mikell P. *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing*. Prentice Hall Press, 2007. 2. Rehg James A., and Henry W. Kraebber. *Computer-Integrated Manufacturing*, 2005. Prentice Hall, 2012. 3. Leitão Paulo. *Agent-based distributed manufacturing control: A state-of-the-art survey // Engineering Applications of Artificial Intelligence* 22.7 (2009): 979–991. 4. Panetto, Hervé, and Arturo Molina. *Enterprise integration and interoperability in manufacturing systems: Trends and issues // Computers in industry* 59.7 (2008): 641–646. 5. Dagli Cihan H., ed. *Artificial neural networks for intelligent manufacturing*. Springer Science & Business Media, 2012. 6. *Інтелектуальні компоненти інтегрованих автоматизованих систем управління: монографія / Медиковський М. О., Ткаченко Р. О., Цмоць І. Г., Цимбал Ю. В., Дорошенко А. В., Скорохода О. В. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 280 с.* 7. Цмоць І. Г., Скорохода О. В. *Визначення задач і формування вимог до інтелектуальних компонентів інтегрованих АСУ // Технічні вісті : наук.-техн. журнал* 2014/2(40), 2(34). – С. 53–54. 8. Цмоць І. Г. *Принципи побудови інтегрованих автоматизованих систем управління / Цмоць І. Г., Медиковський М. О., Демида Б. А. // зб. наук. пр. міжнар. наук. конф. “Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI’2012”. – Євпаторія, 2012. – С. 125–127.* 9. Цмоць І. Г. *Системна інтеграція при проектуванні автоматизованих систем управління / Цмоць І. Г., Демида Б. А., Струк Є. С. // зб. наук. пр. міжнар. наук. конф. “Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI’2013”. – Євпаторія, 2013. – С. 311–313.*