

¹В. Ф. ²Чекурін, ³М. Г. Притула, ⁴О. М. Химко¹Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України,²Kujawy and Pomorze University in Bydgoszcz,³Центр математичного моделювання ІППММ ім. Я. С. Підстригача НАН України,⁴Національний університет “Львівська політехніка”

МЕТОДОЛОГІЯ MES І КОМП'ЮТЕРИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ГТС

© Чекурін В. Ф., Притула М. Г., Химко О. М., 2014

Розглянуто засади побудови систем оперативного управління виробництвом у рамках концепції MES та проаналізовано можливості її застосування для створення систем автоматизації управління газотранспортними системами

Ключові слова: операційне управління виробництвом, комп'ютеризовані системи управління виробництвом, газотранспортні системи

MES METHODOLOGY AND COMPUTERIZATION CONTROL OF GAS TRANSMISSION SYSTEMS

© Chekurin V., Prytula M., Khymko O., 2014

Fundamentals for creation of manufacturing execution systems and their application for automation of the management by gas transmission systems have been considered in the paper.

Key words: manufacturing operations management, manufacturing execution systems, gas transmission systems

Вступ

Газотранспортна система (ГТС) – це складний комплекс магістральних газопроводів і підземних сховищ газу, оснащених компресорними станціями та іншими технологічними елементами. Складові частини ГТС у сукупності утворюють цілісний інженерний об'єкт, функціонування якого визначають різномірні за своєю природою процеси – комерційні, інформаційні, технологічні та фізичні. Щоб ефективно керувати роботою цієї системи, необхідна автоматизація технологічних процесів і управління виробничою діяльністю підприємства на всіх рівнях – від дільниць і цехів аж до рівня бізнес-логістики та стратегічного планування.

Останнім часом нового розвитку набули теорія і практика систем оперативного управління виробництвом – англ. Manufacturing Execution Systems (MES). Високопродуктивні комп'ютери, GRID-системи, інформаційно-обчислювальні мережі, сучасні технології програмування створили умови для виходу на абсолютно інший якісний рівень автоматизації управління виробничими системами з використанням MES. Тому можливості застосування MES у газотранспортних системах ось уже декілька років привертають пильну увагу науковців, експлуатаційників і управлінців цієї галузі [1].

Метою статті є аналіз концептуальних засад, методології побудови та принципів функціонування систем оперативного управління виробництвом та можливостей їхнього застосування для автоматизації управління ГТС.

Стандарти управління виробничо-комерційними системами

MES – система комп'ютеризації оперативного управління виробництвом

MES – це спеціалізована прикладна програмна система, призначена для комп'ютеризації управління виробництвом, яка розв'язує задачі аналізу виробничих процесів на різних рівнях управління, синхронізації, координації і оптимізації цих процесів. MES функціонує в реальному часі,

забезпечуючи контроль усіх складових частин виробничої системи, – входів, виходів, персоналу, матеріальних та фінансових ресурсів, технологічного обладнання і технологічних процесів [2–4]. Одна із функцій MES – трансляція технологічної інформації на адміністративний рівень та передавання інформації у зворотному напрямку з корпоративного рівня на оперативний рівень і трансляція її звітти в розподілену систему газотранспортних підприємств, підрозділів, технологічних об'єктів. MES реалізує ці функції, забезпечуючи взаємодію прикладних програмних систем бізнес-логістики і планування, таких як ERP (Enterprise Resource Planning), із системами автоматизації технологічних процесів PAS (Process Automation Systems), таких як SCADA чи batch-рішення.

Стандарт ANSI/ISA-95

Метою стандарту ANSI/ISA-95 є інтеграція верхніх рівнів управління підприємством (корпорацією) з безпосереднім виробництвом продукту [5]. Стандарт у деталях визначає абстрактну модель виробничого підприємства, яка охоплює функції контролю технологічних процесів і бізнес-функції та електронний інформаційний обмін між ними, вводить необхідні для цього термінологію, систему понять та концептуальну структуру.

Стандарт ANSI/ISA-95 складається із декількох частин.

Частина перша (ANSI/ISA-95.00.01-2000 – Models and Terminology) вводить концептуальні основи, термінологію та моделі для інтеграції верхніх ланок управління підприємством із системами контролю технологічних процесів. Друга частина (ANSI/ISA-95.00.03-2005 – Object Model Attributes) містить додаткові деталі і приклади, які ілюструють і уточнюють першу частину.

Ці дві частини разом із частиною п'ятою (ISA-95.05-2007 – Business to Manufacturing Transactions визначають обмін інформацією між бізнес-процесами та виробництвом.

Частини третя (Models of Manufacturing Operations Management) і четверта (Object models and attributes for Manufacturing Operations Management), яка зараз є у стадії розроблення, визначають типові функції оперативного управління виробництвом, які можна реалізувати з використанням MES. Ці дві частини доповнюють частини 1, 2 та 5, вводячи моделі, необхідні для обміну даними, які потрібні для управління експлуатацією обладнання, якістю продукції та запасами матеріалів, комплектуючих і готової продукції: ієрархічні моделі функцій планування управління виробництвом, ієрархічні моделі технологічного обладнання, моделі функцій виробництва, моделі інформаційних потоків, об'єктні моделі, що визначають об'єкти, їхні атрибути та відношення між ними, моделі операцій, які визначають операційні елементи, їхні функції та інформаційні потоки між ними.

Ці моделі окреслюють межі між MES і системами PAS (знизу) та ERP (згори) та визначають функції ERP та MES, які слід застосувати для виконання конкретних задач і дані, якими ці прикладні програми обмінюються між собою та PAS під час реалізації цих функцій.

Стандарт ANSI/ISA 88

Стандарт ANSI/ISA-95 визначає взаємодію MES-систем із ERP-системами. Для організації взаємодії PAS та MES можна застосовувати стандарт ANSI/ISA-88 [6]. Він був попередником ANSI/ISA-95, тому в стандарті ANSI/ISA-95 враховано концептуальні засади ANSI/ISA-88. Метою ANSI/ISA-88 є усунення проблем, що виникають на шляху автоматизації технологічних процесів періодичного (рецептурного) виробництва – складність управління таким виробництвом, відсутність єдиної його моделі, несумісність обладнання і програмного забезпечення засобів автоматизації різних постачальників тощо.

Стандартом ANSI/ISA-88 Batch Control усунено ці проблеми введенням єдиних термінології, моделей, структур даних та мови опису технологічних процесів рецептурних виробництв. Стандарт є універсальним — його застосування не залежить ні від ступеня автоматизації виробництва, ні від типу обладнання, яке використовують. Він надає необхідний інструментарій (набір шаблонів) для проектування архітектури систем автоматизації періодичних виробництв (так званих batch systems) як для простих, так і для складних виробничих систем.

Стандарт базується на концепції, за якою визначення продукту (рецептура) є відокремлена від конкретних особливостей технологічного обладнання. Це надає можливості проектування гнучких систем автоматизації технологічних процесів, які називають batch-системами. Хоч стандарт було розроблено спеціально для періодичних виробництв, декларується можливість його застосування для дискретних й неперервних виробництв.

Стандарти ANSI/ISA 88, ANSI/ISA 95 та XML

XML (англ. eXtensible Markup Language) — введена Консорціумом WWW мова розмітки, що визначає правила кодування документів у форматі, який забезпечує їхню машинну обробку, зберігаючи їх читабельними для людей. Щоб розширити можливості стандарту, міжнародна організація World Bench Forum (WBF) ініціювала створення засобів для реалізації стандартів ANSI/ISA-88 та ANSI/ISA-95 у форматі XML. Результатом цього стало створення наборів схем XML за назвами BatchML (Batch Markup Language), який реалізує стандарт ANSI/ISA-88 [7], та B2MML (Business to Manufacturing Markup Language), який реалізує стандарт ANSI/ISA 95 [8].

BatchML визначає XML елементи (Batch lists, Enumeration sets, Master Recipes, Control Recipes, Recipe building blocks, Equipment elements), необхідні для формалізованого опису партії продукту, процесу її виготовлення – рецептури, інформації про обладнання.

B2MML визначає такі XML-схеми: B2MML-Common (загальні), B2MML-Personnel (персонал), B2MML-Equipment (обладнання), B2MML-Maintenance (технічне обслуговування та ремонт), B2MML-Material (матеріали), B2MML-ProcessCapability (процесні можливості), B2MML-ProcessSegment, B2MML-ProductDefinitions (визначення продукту), B2MML-ProductionSchedule (графік виробництва), B2MML-ProductionPerformance (продуктивність виробництва).

Модель функціональної ієрархії виробничих підприємств Функції рівнів моделі

Стандарт ANSI/ISA-95 – основана на п'ятирівневій моделі функціональної ієрархії виробничої структури, в основу якої покладено модель PERA (Purdue Enterprise Reference Architecture) виробничого підприємства [9]. Ця модель схематично показана на рис. 1.

Нульовий рівень моделі визначає технологічні процеси. Технологічний процес формується певною сукупністю фізичних (хімічних, біологічних) процесів, які реалізують у заданій послідовності. Внаслідок цього відбувається перетворення матеріалів, комплектуючих, енергії, зусиль та інтелекту людей у кінцевий продукт. Реалізація технологічних процесів відбувається з використанням технологічного обладнання, функціонування якого, а відтак і параметри фізичних процесів можна змінювати, регулюючи в такий спосіб параметри технологічних процесів.

Перший рівень моделі відповідає за безпосереднє керування фізичними процесами та первинний контроль їхніх параметрів. Тут використовуються виконавчі пристрої (актуатори) та первинні перетворювачі фізичних величин (сенсори).

Виконавчі пристрої, реагуючи на вхідні сигнали, що надходять із другого рівня, визначають режими роботи технологічного обладнання, які забезпечують параметри фізичних процесів, необхідні для реалізації визначених технологічних процесів.

Первинні перетворювачі (сенсори), які діють на цьому рівні, подають свої вихідні сигнали на другий рівень функціональної ієрархії. Ці сигнали містять об'єктивні дані про параметри фізичних процесів, характеристики продукту, який виготовляється, стан та режими роботи технологічного обладнання і параметри стану довкілля. Процеси першого рівня проходять у реальному часі фізичних процесів, тобто їхні параметри змінюються на часових періодах порядку секунд і менших.

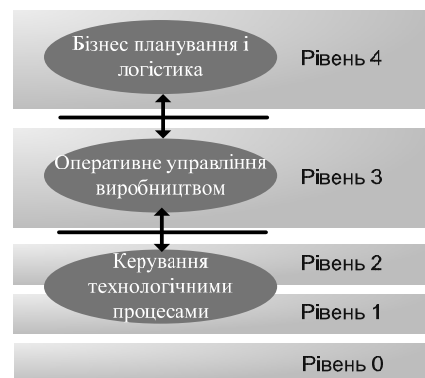


Рис. 1. Модель функціональної ієрархії

Другий рівень відповідає за контроль і моніторинг параметрів фізичних процесів нульового рівня, режимів роботи та стану технологічного обладнання, характеристик продукту, стану довкілля тощо. Для цього він використовує сигнали, які надходять із першого сенсорного рівня. Апаратура і програмне забезпечення другого рівня виробляють сигнали керування технологічним обладнанням відповідно до команд оперативного управління, які надходять із третього рівня. Ці сигнали керують виконавчими пристроями першого рівня, які, своєю чергою, повертають сигнали зворотного зв'язку на другий рівень. Процеси другого рівня характеризуються часовими проміжками порядку годин, хвилин, секунд і меншими.

Третій рівень функціональної ієрархії забезпечує оперативне управління виробничим підприємством (англ. Manufacturing Operations Management – MOM). Тривалості процесів третього рівня визначаються днями, робочими змінами, годинами, хвилинами і секундами. Цей рівень є проміжним між першим і другим та четвертим рівнем. На цьому рівні формуються алгоритми керування технологічним обладнанням, параметрами технологічних процесів, виробничим персоналом, матеріальними ресурсами, енергією та готовою продукцією.

Четвертий рівень функціональної ієрархії бізнес-логістика і планування охоплює управління комерційними процесами, які визначають виробничу діяльність усього підприємства. Менеджмент корпоративного рівня має на меті перспективне (стратегічне) і короткотермінове (тактичне) планування виробництва, постачання, збуту, управління модернізацією та розвитком виробництва тощо. Процеси четвертого рівня діють на часових відрізках тривалістю місяці, тижні, дні.

Обмін даними між рівнями

Однією із основних функцій MES як програмно-технічної системи є автоматизація передавання інформації між рівнями 2 та 4. Комітет ISA SP95, що розробив стандарт ISA/ANSI-95, власне і мав на меті зниження ризиків, коштів і зусиль, пов'язаних із запровадженням інформаційного інтерфейсу між менеджментом на рівні бізнес-процесів, MOM та керуванням технологічними процесами. Вирішення цього завдання забезпечило можливість прямої взаємодії програмно-технічних систем корпоративного рівня, наприклад, ERP-систем із системами рівня MOM, наприклад MES, та PAS системами, наприклад, спеціалізованими batch-рішеннями.

Слід підкреслити, що на рівнях виробництва (рівні 1 та 2 моделі функціональної ієрархії) та бізнес-процесів (рівень 4) циркулює істотно відмінна інформація як за її природою й походженням, так і за часовими параметрами й формами представлення. Тож однією із головних функцій рівня оперативного управління підприємством є передавання інформації між рівнями виробництва і бізнесу.

Третій та четвертий рівні обмінюються між собою інформацією про виробничі потужності, визначення операцій, оперативні плани, продуктивність виробництва (рис. 2). Дані про виробничі потужності визначають наявні ресурси і вільні виробничі потужності (персонал, виробниче обладнання, матеріальні активи тощо), доступні для використання у виробництві.

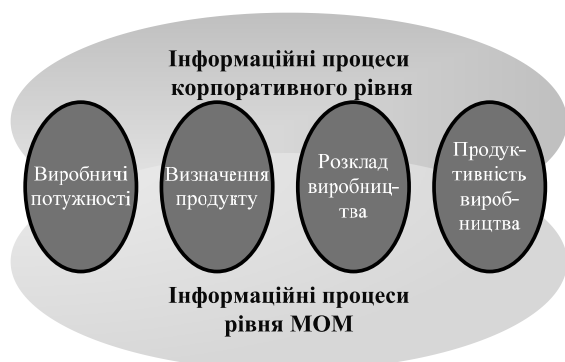


Рис. 2. Обмін даними між рівнями 3 та 4 моделі функціональної ієрархії

Під визначенням операцій розуміють детальні алгоритми виготовлення продукції. Оперативні плани визначають часовий розклад усіх видів виробничої діяльності (виробничі процеси, складування, постачання, збут тощо). Продуктивність виробництва визначають за даними про обсяг виробництва продукту за певний період та про ресурси, які було для цього використано.

На вхід третього рівня із четвертого рівня надходить план виробництва, сформований на верхньому рівні управління. На основі отриманого плану на рівні MOM формуються оперативні плани виробництва, визначаються технологічні схеми та режими, необхідні для реалізації плану виробництва, формуються параметри налаштування технологічного обладнання і вибираються алгоритми керування параметрами фізичних

процесів, формуються алгоритми керування обладнанням з метою формування необхідних параметрів реалізації технологічних процесів і передавання команди управління на другий рівень.

З третього рівня на другий надходить інформація про конфігурацію обладнання та технологічні схеми, які забезпечують виробництво продукту згідно із його визначенням та команди оперативного керування обладнанням і параметрами процесів. З другого на третій рівень у відповідь на команди оперативного керування надходять дані зворотного зв'язку, а також дані про стан обладнання та параметри технологічних процесів.

Модель активності на рівні MOM

Стандарт ANSI/ISA-95 поділяє MOM на чотири напрями: 1) управління процесами виробництва; 2) управління процесами технічного обслуговування та ремонту обладнання; 3) управління якістю; 4) управління запасами.

Управління в межах кожної зони передбачає певні активності (послідовності дій). На рис. 3 показано модель активності оперативного управління виробництвом, яка визначає функції MES. Ці функції узгоджуються з моделлю c-MES (англ. Collaborative Manufacturing Execution System), яку ввела міжнародна асоціація MESA у 2004 році [10]. За цією моделлю MES-системи діють у восьми функціональних областях, надаючи підтримку в: 1) управлінні визначенням продукту; 2) управлінні ресурсами; 3) плануванні виробничого процесу; 4) диспетчеризації виробництва; 5) здійсненні контролю за ходом виробництва; 6) відборі та нагромадженні виробничих даних; 7) аналізі продуктивності виробництва і 8) відстеженні продукції.

Під визначенням продукту розуміють детальний опис послідовності дій, виконання яких дає змогу отримати продукт. Менеджмент визначення продукту можна розглядати як частину управління його циклом життя.

Управління ресурсами передбачає збирання та нагромадження даних, їх аналіз та обмін інформацією про ресурси (персонал, технологічне обладнання, матеріали, готова продукція) та вироблення команд управління ними. Ця функція забезпечує контроль ресурсів у реальному часі і збереження детальної історії їх руху в процесі виробництва.

Планування процесу виробництва полягає у визначенні послідовності робіт (часового графіка) відповідно до вимог виробництва, сформованих на четвертому рівні. Зазвичай для формування цих вимог використовують системи планування ресурсів підприємства, такі як ERP.

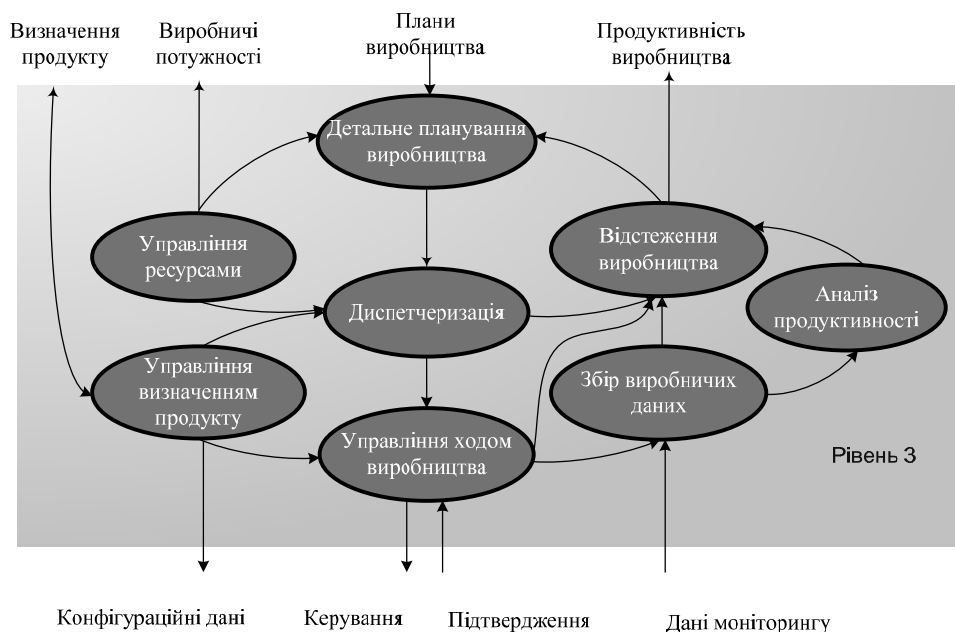


Рис. 3. Модель активності на третьому рівні функціональної ієрархії

Диспетчеризація передбачає керування потоками завдань, замовлень, нарядів, команд тощо в реальному часі. Їхньою метою є чітке дотримання графіка робіт, реагування на непередбачувані обставини, контроль затрат праці тощо.

Оскільки основні функції керування і контролю технологічних процесів реалізуються на другому рівні, на якому діють системи класу PAS, то роль систем с-MES у цій функціональній області може зводитися до інформування інших систем про процес виробництва продукції.

Активність у шостій функціональній області полягає у збиранні, нагромадженні та поширенні даних моніторингу ходу технологічних процесів, параметрів фізичних процесів, стану обладнання, матеріальних ресурсів тощо.

Під час аналізу продуктивності виробництва (сьома функціональна область) формуються індикатори продуктивності, такі як загальна продуктивність обладнання OEE (Overall equipment effectiveness) [11], KPI (Key Performance Indicators) [12] чи інші показники.

Модель взаємодії систем автоматизації різних рівнів

Кожен рівень моделі функціональної ієрархії вимагає специфічних прикладних програмних систем для реалізації своїх функцій. Таких систем є доволі багато.

На рис. 4 показано ієрархічну схему програмно-технічних систем автоматизації виробничого підприємства, віднесена до моделі функціональної ієрархії управління.

На рівні керування технологічними процесами, як зазначалося, використовують кінцеві пристрої автоматики та телемеханіки (актуатори), перетворювачі фізичних величин (сенсори), пристрої введення/виведення інформації.

На другому рівні використовують інтелектуальні системи, призначені для обробки даних, які надходять зі сенсорного шару першого рівня та вироблення сигналів управління виконавчими пристроями цього рівня. Це – програмовані логічні контролери (PLC), розподілені системи автоматичного керування (англ. Distributed Control Systems – DCS), SCADA-системи та batch-системи.

Декілька типів комп'ютеризованих систем використовують зазвичай і на третьому рівні. Їх називають системами оперативного управління виробництвом (англ. Manufacturing Operations Management Systems – MOMS). Ці системи забезпечують підтримку чотирьох груп функцій оперативного управління – управління виробництвом, технічним обслуговуванням, якістю та запасами. Крім MES, до них належать лабораторні інформаційно-керуючі системи (англ. Laboratory Information Management System – LIMS), системи управління складами (англ. Warehouse Management System – WMS) та комп'ютеризовані системи управління технічним обслуговуванням (англ. Computerized Maintenance Management System – CMMS).

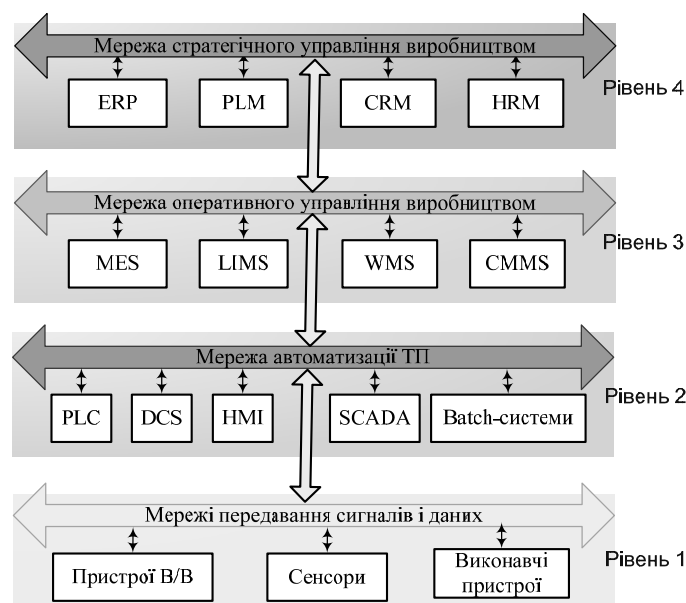


Рис. 4. Схема ієрархії систем автоматизації виробництва

LIMS – це прикладні програми, які забезпечують збирання, аналіз і розповсюдження об'єктивної інформації щодо якості продукції, матеріалів та комплектуючих виробів, які використовують у виробництві. Інформацію, яку надають LIMS, використовують для прийняття управлінських рішень.

WMS-системи призначені для автоматизації керування рухом і збереженням матеріальних цінностей на складах, а також іншими видами складської роботи: доставляння товарів, їхнє сортування, формування партій, повернення тощо. Ці системи створюють із використанням систем управління базами даних. До їх складу зазвичай входять три складники: клієнтська частина, сервер бази даних і підсистема бізнес-логіки. Клієнтська частина – це прикладна програма, яка підтримує людино-машинний інтерфейс, надаючи користувачам доступ до баз даних. Підсистема бізнес-логіки надає інструментарій для аналізу, планування та оптимізації складської роботи.

MOMS обмінюються даними між собою та системами другого й четвертого рівнів, забезпечуючи неперервність інформаційних потоків у горизонтальному і вертикальному напрямках.

Для підтримки функцій четвертого рівня також використовують декілька типів прикладних програм. Це PLM (Product Lifecycle Management) – системи управління циклом життя виробу, ERP – системи планування ресурсів підприємства, CRM (Customer Relationship Management) – системи взаємодії з клієнтами, HRM (Human Resource Management) – системи управління персоналом.

PLM-системи – це комплекс засобів для підтримки інформаційних процесів відстеження продукту впродовж усього його життєвого циклу. Життєвий цикл продукту охоплює усі фази його існування: зародження та розвиток концепції, моделювання, проектування, розроблення технології, виготовлення, маркетинг і реалізація, інсталяція, супровід і технічна підтримка, демонтування, утилізація тощо.

Системи CRM надають підтримку в управлінні взаємодією компанії з наявними та потенціальними. Ці системи використовують комп'ютерні інформаційні технології для організації, автоматизації і синхронізації маркетингу, продажу, технічної підтримки та обслуговування клієнтів.

Системи HRM – комп'ютеризовані системи, які надають інструментарій для інформатизації та автоматизації управління процесами відбору та залучення, підготовки атестації, заохочення працівників різних категорій.

Крім систем ERP, PLM, CRM та HRM, до систем четвертого рівня управління належать також системи розроблення технологічних процесів PDES (англ. Process Development Execution System). PDES – це спеціалізовані програмно-технічні системи, призначені для розроблення високо-технологічних виробничих процесів. Вони виникли як засоби автоматизації проектування у науковоємних галузях, таких як напівпровідникові та нанотехнології, виробництво мікроелектромеханічних систем MEMS (англ. Microelectromechanical systems) та біомедичної апаратури тощо. Ці системи тісно пов'язані, з одного боку, з системами PLM, а з іншого – із MES-системами.

Як зазначалося, для взаємодії програмних систем автоматизації управління важливою є їхня інформаційна сумісність. Стандарт OLE for process control надає єдиний інтерфейс для об'єктів автоматизації керування технологічними процесами. OLE (англ. Object Linking and Embedding). OLE це – технологія Microsoft, розроблена для ОС Windows [13]. Застосування цього стандарту для розроблення систем автоматизації, які діють на першому та другому рівнях, забезпечує сумісність апаратури і програмного забезпечення різних виробників.

Для обміну даними систем автоматизації технологічних процесів із MES-системами можна використовувати інформаційні системи виробництва MIS (англ. Management Information System). MIS – це системи нагромадження і обробки даних про події на нижньому рівні, параметри технологічних процесів і стану обладнання. Ці системи діють на межі між PAS- та MES-системами і надають системам рівня MOM оперативну інформацію у відповідному форматі, необхідну для планування, контролю та оперативного управління.

Взаємодію MOMS із системами четвертого рівня можна організувати із застосуванням технології інтеграції прикладних програм підприємства EAI (англ. Enterprise Application Integration) [14], застосовуючи для обміну даними формати даних та інтерфейси B2MML.

Концепція комплексної автоматизації управління виробничим підприємством

Стандарти ANSI/ISA 95 та ANSI/ISA 88, разом із їхніми XML-розширеннями – B2MML та BatchML – формують концептуальну основу, в межах якої, застосовуючи сучасні комп'ютерні та інформаційно-комунікаційні-технології, можна вирішувати проблему автоматизації управління ГТС комплексно. Цей підхід, відомий як TIA (англ. Totally Integrated Automation) [15], означає, що задачі автоматизації різних рівнів управління розглядаються як взаємопов'язані. Тому систему автоматизації управління корпорацією розглядають як цілісний програмно-технічний комплекс, який забезпечує автоматизацію функцій управління по всій вертикалі – від рівня керування технологічними процесами аж до управління бізнес-процесами. Завдяки цьому природним чином досягають неперервності інформаційних потоків у обох напрямках цієї вертикалі, а також по горизонталях управління на кожному рівні. За такого підходу інформацію передають у цифровій формі й автоматично перетворюють при переході з одного рівня управління на інший відповідно до потреб користувачів цього рівня.

Подібний підхід розвиває фірма SIEMENS [15]. Програмний продукт SIMATIC IT, який вона пропонує, дає змогу реалізувати концепцію TIA згідно зі стандартом ISA-95. Його основою є модуль SIMATIC IT Production Suite (рис. 5). Він містить середовище для моделювання виробництва SIMATIC IT Framework та набір базових компонентів для реалізації основних функцій автоматизації оперативного управління виробничою діяльністю за стандартом ISA-95: модуль для управління матеріалами (Material Manager), менеджер повідомлень (Messaging Manager), менеджер виробничих замовлень (Production Order), менеджер персоналу (Personnel Manager), модуль управління відбором, нагромадженням та збереженням даних та набір засобів для їхньої обробки (IT Historian); модуль управління лабораторними дослідженнями (IT Unilab), модуль управління специфікаціями продукту (IT Interspec).

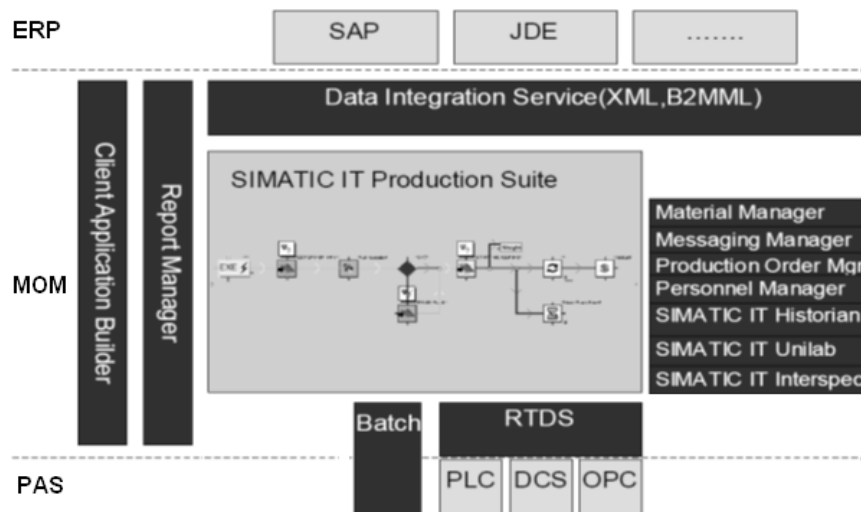


Рис. 5. Структура системи Simatic IT фірми Siemens

Висновки

Міжнародний стандарт ANSI/ISA 95 надає концептуальну основу для автоматизації оперативного управління виробничою діяльністю підприємств. Цей стандарт використовує понятійний апарат, моделі та структури даних, запроваджені стандартом ANSI/ISA 88. Застосування цих двох стандартів допомагає вибудувати парадигму TIA комплексної автоматизації корпорації. За цим підходом проблему автоматизації управління ГТС слід розглядати як сукупність взаємопов'язаних задач автоматизації управлінських процесів на усіх рівнях управління – від контролю технологічних процесів аж до управління бізнес-процесами і бізнес-плануванням.

ГТС є специфічним класом виробничих систем. Її основний виробничий процес – це магістральне транспортування природного газу від місць видобування до місць зберігання та

використання. Тож існуючу методологію MES не можливо формально перенести, користуючись досвідом та практикою її застосування до класичних виробничих систем дискретного, серійного чи неперервного циклів. Тому, щоб ефективно застосовувати MES у газотранспортній галузі необхідно зіставити структуру, визначальні процеси та функції управління ГТС з моделями, які використовували під час розроблення стандартів MES і, за потреби, внести відповідні зміни до парадигми MES. Це вимагає детального аналізу усіх процесів, які визначають функціонування ГТС, формалізації структури виробництва та управління, внутрішніх і зовнішніх матеріальних і фінансових потоків, інтелектуального потенціалу. Такий аналіз можна здійснювати в межах моделей, які з різних поглядів відображають структуру виробничої системи, функції, які вона реалізує, та процеси, що в ній проходять.

1. Решетников И. С. *Автоматизация производственной деятельности газотранспортной компании.* – М.: НГСС, 2011. 2. Bernus P., Nemes L “A framework to define a generic enterprise reference architecture and methodology // *Computer Integrated Manufacturing Systems.* – 1996, Vol 9 (3). p. 179–191. 3. *Manufacturing Execution Systems (MES) Industry specific Requirements and Solutions.* – Frankfurt: ZVEI, 2011. – 86 p. 4. Шопин А. Г., Занин И. В., Бурдин А. В. *MIS и EMI: информационные системы уровня MES // Автоматизация в промышленности.* – 2009. – №9. – С.29 – 34. 5. MESA International. *Resource Library: Web page.* – <https://services.mesa.org/ResourceLibrary>. 6. ISA-88: *the international standard for flexibility in production: Web page.* – <http://www.isa-88.com/index.php>. 7. *Batch Markup Language (BatchML): Web page.* – http://www.isa.org/Content/NavigationMenu/General_Information/Partners_and_Affiliates/WBF/Working_Groups2/ML_Working_Group/BatchML/BatchML.htm. 8. *Business To Manufacturing Markup Language (B2MML): Web page.* – http://www.isa.org/Content/NavigationMenu/General_Information/Partners_and_Affiliates/WBF/Working_Groups2/XML_Working_Group/B2MML/B2MML.htm. 9. Williams T.J. “The Purdue enterprise reference architecture//*Computers in industry*, 1994, Vol 24 (2). p. 141-158. 10. MESA International. *MESA Model: Web page.* – <http://mesa.org/en/modelstrategicinitiatives/MESAModel.asp>. 11. Wauters F., Mathot J. *OEE. Overall Equipment Effectiveness: Web page.* – [http://www05.abb.com/global/scot/scot296.nsf/veritydisplay/4581d5d1ce980419c1256bfb006399b9/\\$file/3bus094188r0001.pdf_-_en_oe_ whitepaper_-_overall_equipment_effectiveness.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot296.nsf/veritydisplay/4581d5d1ce980419c1256bfb006399b9/$file/3bus094188r0001.pdf_-_en_oe_ whitepaper_-_overall_equipment_effectiveness.pdf). 12. David Parmenter, *Key Performance Indicators.* John Wiley & Sons 2007.236p. 13. *OPS Technical Overview. OPS Fondation: Web page.* – <http://www.pacontrol.com/download/OPC-overview.pdf>. 14. MSDN. *Tutorial 1: Enterprise Application Integration. Web page.* – <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa578030.aspx>. 15. *SIMATIC IT – для построения MES систем. От планирования к производству. Информация по продукту.* Siemens: Веб-сторінка. – http://www.siemens.com/simatic_it.