

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ

В.А. СВЯТНИЙ, Д.Ю. БРОВКІНА

Досліджено перехід виробництва на новий етап розвитку, що зумовлено впровадженням у процес автоматизації новітніх комп'ютерних технологій, давно поширених у сфері послуг. Однією з характерних особливостей розвитку сучасної промисловості є інтеграція досягнень теорії і практики автоматизації, інформаційних технологій, робототехніки та систем «людина – автоматизований об'єкт». «Індустрію 4.0» було задумано як перспективний проект високих технологій під керівництвом федерального уряду Німеччини з акцентом на інформаційних і комунікаційних технологіях. Однак це поняття значно розширилося і стало збірним для європейської системи технологій і концепції організації ланцюга виробництва нового покоління. Розкрито сучасний зміст поняття «Індустрія 4.0» і узагальнено інформацію про основні ідеї та технології, які застосовуються для реалізації цієї концепції.

### ВСТУП

На сучасному етапі розвитку промислової індустрії під автоматизацією виробництва розуміють не лише впровадження роботизованих пристроїв, призначених для звільнення людини від безпосередньої участі в технологічних процесах. В останні десятиліття загальна закономірність зрушень в автоматизації виробництва полягає в технічній модернізації промисловості та швидкому зростанні галузей сфери послуг. Із розвитком інформаційних технологій та зростанням їх впливу на всі сфери життя сучасного суспільства неминучим стає впровадження новітніх технологій, що вже давно поширились у сфері послуг, у процес автоматизації виробництва. Є поширеною думка, що суспільство перебуває на порозі четвертої промислової революції. У роботі розглянуто основні концепції і технології, що зумовлюють напрям розвитку автоматизації сучасної промисловості.

### АРХІТЕКТУРА СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Для визначення архітектури систем управління виробничими операціями (Manufacturing Operations Management — MOM) зазвичай використовують п'ятирівневу модель університету Пердью (Purdue Reference Model — PRM) [1], яку згодом було покладено в основу стандарту ISA-95. У стандарті описано такі рівні:

- рівень 5 — бізнес-додатки;
- рівень 4 — рівень підприємства (ERP, MRP, MES);
- рівень 3 — управління виробничими операціями;
- рівень 2 — автоматизація машин та процесів;
- рівень 1 — контролери;
- рівень 0 — сенсори та виконавчі пристрої.

Існуючі системи автоматизації реалізують рівні з другого по п'ятий, використовуючи програмне забезпечення, що працює на неспеціалізованих комп'ютерах. На другому, третьому та четвертому рівнях зазвичай використовуються бази даних та комунікаційні інтерфейси, нагромаджується та синхронізується інформація між усіма рівнями. Наведена конфігурація є складною, вона залежить від вартості комп'ютерних технологій і пропускну здатності мереж і потребує постійних інвестицій протягом життєвого циклу продуктів автоматизованих виробництв. Стрімкий розвиток інформаційних технологій робить можливою більш ефективну і просту архітектуру систем автоматизації [2].

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

На сучасному етапі розвитку промисловості інформаційні технології стають невід'ємною частиною системи автоматизації виробництва [3]. Деякі фахівці галузі називають застосування нових концепцій і технологій початком четвертої промислової революції — революції, яка змінить бізнес-моделі виробництва. Промислова автоматизація має свою історію застосування комерційних технологій, коли вони стають широко доступними. Наприклад, планшетні комп'ютери з Wi-Fi натеper широко використовують для поліпшення роботи та ефективності обслуговування. Інші основні технології з комп'ютерної індустрії також набули застосування у промисловості та її автоматизації. Серед таких технологій можна виокремити 3D-принтери, потужні вбудовані мікропроцесори, IP-комунікації, великі дані (big data), хмарні обчислення, відкриті стандарти зв'язку, відкриті стандарти обміну даними та самовідновувальні високонадійні мережі і т. ін. [3]. Подальше поєднання інформаційних та виробничих технологій створює потенціал, здатний дійсно змінити ланцюг від виробництва через постачальників до клієнтів на кожному етапі їх взаємодії. Це явище можна назвати «інформованим виробництвом» [5].

Ідея «інформованого виробництва» полягає у проведенні всіх операцій таким чином, щоб уся актуальна й узагальнена інформація стала доступною для задоволення всіх потреб (людей, процесів, продуктів та інфраструктури) у часі, просторі і в тому вигляді, у якому це необхідно по всьому ланцюгу виробництва та постачання. Таким чином, можна виділити чотири основні виробничі елементи, які об'єднуються в єдину структуру інформованого виробництва.

1. **Продукти.** Високорозвинені датчики, засоби автоматичного керування та прикладні програмні модулі працюють разом, щоб отримати і поділитися інформацією в режимі реального часу, поки продукція проходить шлях по виробничій лінії. «Інформовані продукти» дозволяють машинам виконувати автономні дії.

2. **Люди.** Об'єднуються люди всіх бізнес-функцій, незважаючи на їх географічне розташування, і їм надається відповідна інформація в режимі реального часу. «Інформовані люди» забезпечуватимуть інтелектуальний дизайн, експлуатацію і технічне обслуговування, а також високу якість послуг та безпеку.

3. **Процеси.** З огляду на двонаправлений обмін інформацією у межах глобального ланцюга виробництва — від постачальника до замовника —

«інформовані процеси» створюють гнучкий, здатний до адаптації ланцюг поставок.

**4. Інфраструктура.** Використовуючи компоненти розумної інфраструктури, які взаємодіють з мобільними пристроями, продуктами та людьми, «інформована інфраструктура» дозволить ефективніше керувати виробництвом товарів.

Упровадження нових інформаційних технологій на кожному етапі виробництва робить реалізацію цих ідей реальністю.

## СТЕК SMAC, ВЕЛИКІ ДАНІ ТА ХМАРНІ ОБЧИСЛЕННЯ

Для допомоги виробникам у переході на нову бізнес-модель було розроблено концепцію SMAC (social, mobile, analytics and cloud) [6]. Концепція полягає в активному використанні чотирьох трендів: соціальних мереж і медіа, мобільних пристроїв та додатків, аналітики, хмарних обчислень. Поєднання цих технологій утворює стек SMAC.

Соціальні медіа призначено використовувати не тільки для обслуговування клієнтів, а і в тандемі з функціями продажу та маркетингу. Це своєю чергою дає змогу підприємству використовувати інформацію, отриману від окремих клієнтів, для ефективного обслуговування всього фонду клієнтів.

Мобільні пристрої змінили доступ користувачів до цифрового контенту. Смартфони і планшети принесли контент до рук споживачів. Мобільний банкінг став одним з найбільш інноваційних продуктів в індустрії фінансових послуг. Покупці дедалі частіше використовують свої мобільні пристрої для різних цілей — від простого перегляду до купівлі продуктів. Мобільні пристрої можуть застосовуватися на кожному етапі виробництва [7].

Щороку компанії і приватні особи генерують мільярди гігабайтів даних. Дані, належним чином проаналізовані та використані вчасно, можуть стати нездоланим фактором конкурентної переваги. Для аналітики важливе значення має також технологія великих даних.

Великі дані — це серія підходів, інструментів і методів оброблення структурованих і неструктурованих різних даних великих розмірів для отримання результатів, які легко сприймаються людиною, є ефективними в умовах неперервного приросту та розподілення між численними вузлами обчислювальної мережі [8]. Технологія великих даних здатна не лише обробляти великі обсяги даних. Вона дозволяє організаціям адаптувати продукти та послуги точно для задоволення потреб своїх клієнтів. Цей підхід добре відомий в маркетингу та в управлінні ризиками, але може бути революційним і в інших сферах. Для виробників можливості, забезпечувані технологією великих даних, можуть стимулювати підвищення продуктивності за рахунок підвищення ефективності виробництва та якості продукції. Підвищення ефективності виникає в ланцюгу виробництва за рахунок скорочення непотрібних ітерацій в циклах розвитку продукту до оптимізації процесу складання. Реальна вартість продукції збільшується внаслідок підвищення її якості, продукти більше відповідають потребам клієнтів [9].

Хмарні обчислення (Cloud Computing) — це модель забезпечення повсюдного та зручного доступу до спільного пулу обчислювальних ресурсів, що підлягають налаштуванню (наприклад, до комунікаційних мереж, серверів).

рів, засобів збереження даних, прикладних програм та сервісів). Ці ресурси можуть бути оперативно надані та вивільнені з мінімальними управлінськими затратами і зверненнями до провайдера [10]. Отже, технологія хмарних обчислень є базою для реалізації та поєднання інших трьох складових стеку.

Стек SMAC стає важливим технологічним набором інструментів для підприємств, що дає змогу залучати більше клієнтів і збільшувати можливість [11]. Хоча стек було розроблено передусім для використання ІТ-корпораціями, проте впровадження новітніх інформаційних технологій в систему автоматизації виробництва робить концепцію стеку SMAC основою для реалізації «інформованого виробництва».

## ІНДУСТРІЯ 4.0

Наведені вище ідеї і технології лягли в основу концепції майбутнього виробництва під назвою «Індустрія 4.0» [12].

Термін «Індустрія 4.0» уперше використано на Ганноверській промисловій виставці-ярмарку (Hannover Messe) у 2011 р., коли на церемонії відкриття професор Вольфганг Вальстер, головний виконавчий директор Німецького дослідного центру зі штучного інтелекту, висловив думку про те, як бути успішним в умовах глобальної конкуренції. Він прокоментував, що людство стоїть на порозі четвертої промислової революції, якій задає темп інтернет.

«Індустрію 4.0» було задумано як перспективний проект високих технологій під керівництвом федерального уряду Німеччини з акцентом на інформаційних і комунікаційних технологіях [13], але сьогодні цей термін є збірним для технологій і концепцій організації ланцюга виробництва нового покоління, який будується на основі технологічних концепцій кіберфізичних систем, машино-машинної взаємодії, індустриального інтернету, інтернету речей та інтернету послуг. Згідно з новою концепцією завод, побудований на її принципах, можна назвати «розумним заводом» або «смарт-заводом» (Smart Factory).

В основу концепції «Індустрії 4.0» покладено шість основних принципів [12]:

1. **Інтероперабельність** — здатність кіберфізичних систем, людей і смарт-заводів до підключення і спілкування один з одним за допомогою інтернету речей та інтернету послуг.

2. **Віртуалізація** — створення віртуальної копії смарт-заводу через об'єднання даних датчиків (моніторингу фізичних процесів) з віртуальними моделями заводу та імітаційними моделями.

3. **Децентралізація** — здатність кіберфізичних систем смарт-заводів приймати рішення самостійно.

4. **Робота в режимі реального часу** — здатність збирати і аналізувати дані та надавати отримані висновки негайно.

5. **Орієнтація послуг** — пропозиція послуг (кіберфізичних систем, людей або смарт-заводів) за допомогою інтернету послуг.

6. **Модульність** — гнучке пристосування смарт-заводів до мінливих вимог шляхом заміни або розширення окремих модулів.

Для ґрунтового розуміння цих принципів необхідно розглянути, що собою являють технологічні концепції кібер-фізичних систем, машино-машинної взаємодії, індустриального інтернету, інтернету речей та інтернету послуг.

Кібер-фізичні системи [14–17] — це розумні мережеві системи із вбудованими датчиками, процесорами та приводами, призначеними для розпізнавання і взаємодії з фізичним світом (у тому числі з користувачем), а також підтримання гарантованої продуктивності в реальному часі. У таких системах сумісна робота кібер- і фізичних елементів має вирішальне значення — обчислення, керування, функціонування датчиків і мережі можуть бути глибоко інтегровані в кожному компоненті.

У праці [17] запропоновано п'ятирівневу архітектуру «5С» для реалізації кібер-фізичних систем. Її загальну структуру подано у вигляді таблиці.

П'ятирівнева архітектура реалізації кібер-фізичної системи

<b>Рівень архітектури</b>	<b>Атрибути рівня</b>
Рівень конфігурації	Самоналаштування для стабільної роботи. Саморегулювання у разі змін. Самооптимізування у випадку пошкоджень
Рівень розпізнавання	Інтегроване моделювання та синтез. Дистанційна візуалізація для людини. Сумісна діагностика та прийняття рішень
Кібер-рівень	Модель-близнюк для компонентів і машин. Time Machine для ідентифікації змін і пам'яті. Кластеризація подібностей при отриманні даних
Рівень перетворення даних на інформацію	Розумна аналітика для здоров'я машинних компонентів. Розумна аналітика для багатовимірної кореляції даних. Прогнозування деградації та продуктивності
Рівень «розумного» з'єднання	Plug & Play. Бездротовий зв'язок. Сенсорна мережа

Згідно з наведеною структурою на рівні конфігурації системи дані можуть бути безпосередньо виміряні за допомогою датчиків або отримані від контролера чи корпоративних виробничих систем; при цьому необхідно враховувати можливість різних типів даних (реалізацію функції Plug & Play), бездротовий та надійний зв'язок, можливість керувати процедурою збирання даних і передавання отриманих даних на центральний сервер.

На рівні розпізнавання значуща інформація повинна бути виведена з даних. Натепер існує багато інструментів і методологій для даних, наприклад, методи великих даних. На цьому рівні збирається вся важлива інформація для складання прогнозів та прийняття рішень.

Кібер-рівень діє як центральний інформаційний вузол в архітектурі, інформація передається до нього від кожної підімкненої машини, щоб сформувати мережу машин. На підставі отриманих даних формуються моделі для всіх компонент мережі, що дозволяє аналізувати та порівнювати їх параметри. Окрім збирання інформації на цьому рівні за допомогою спеціаль-

них програмних інструментів (Time Machine) виконується резервне копіювання даних.

На рівні розпізнавання формується загальна модель усієї системи, виконуються візуалізація всієї інформації для людини, сумісна діагностика і на підставі всієї отриманої інформації приймаються рішення.

Рівень конфігурації є зворотним зв'язком від кібер-простору до фізичного простору і діє як контрольний елемент, який забезпечує самоналаштування і самоадаптацію всіх машин системи.

Кібер-фізичні системи працюють у неконтрольованому середовищі, вони є самостійними, тому мають бути стійкими до несподіваних умов і адаптуватися до збоїв. Компоненти на будь-якому рівні абстракції повинні бути передбачуваними і надійними, якщо це технологічно можливо. Якщо це не так, то наступний рівень абстракції, вищий від цих компонентів, має компенсувати надійність [16].

Машино-машинна взаємодія [18, 19] — це сукупність технологій, які дозволяють реалізувати взаємодію між окремими машинами на першому рівні архітектури кібер-фізичної системи.

На базі машино-машинної взаємодії функціонує інтернет речей [20–22]. Інтернет речей — це концепція комунікаційної мережі фізичних або віртуальних об'єктів («речей»), які мають технології для взаємодії між собою та з навколишнім середовищем, а також можуть виконувати певні дії без втручання людини [20]. Інтернет речей дозволяє підключатися і обмінюватися даними з неживими предметами. Ця технологія також дозволяє збирати і передавати дані з датчиків, що підключені до живих об'єктів, таких як люди, тварини тощо. Інтернет речей поєднує все — від промислового устаткування до повсякденних об'єктів, які варіюються від медичних приладів до автомобілів, — в одну велику мережу. Інтернет речей дає змогу поділитися інформацією як із системами, так і з людьми.

Індустріальний інтернет [23–25] охоплює всі рівні архітектури кібер-фізичної системи «5С», поєднуючи в собі оброблення даних інструментами великих даних та можливості інтернету речей. Індустріальний інтернет містить усі описані вище технології, утворюючи єдину «розумну» мережу підприємства.

Ще однією важливою концепцією в рамках «Індустрії 4.0» є інтернет послуг [26, 27]. Інтернет послуг дозволяє пропонувати до використання і використовувати як внутрішні, так і крос-організаційні послуги, він об'єднує в одну мережу всіх учасників виробництва на кожному його етапі.

Ускладнення самої системи автоматизації і об'єднання всіх рівнів в єдину інформаційну структуру відкриває шлях до цілісної і адаптивної автоматизації. Цей шлях є логічним напрямом еволюції систем промислової автоматизації, що узгоджується із сучасними тенденціями інтернету речей і «Індустрії 4.0» і зробить виробництво більш ефективним.

## **ВИСНОВКИ**

Характерною ознакою розвитку сучасної промисловості є інтеграція досягнень теорії і практики автоматизації, інформаційних технологій, робототехніки та систем «людина – атоматизований об'єкт». Стандартна п'ятирівнева модель університету Пердью для реалізації системи виробництва

замінюється п'ятирівневою архітектурою кібер-фізичних систем, яка дозволяє об'єднати всі елементи виробництва та всіх її учасників в єдину мережу виробництва.

У розробленні технологій «Індустрії 4.0» важливою є проблема ефективної модельної підтримки інноваційних проектів. Оскільки йдеться про реальні промислові проекти, то розробники математичних моделей цих технологій вимушені знаходити методи і засоби подолання складності цього класу об'єктів моделювання. Тому з настанням четвертої промислової революції поряд з проблемами реалізації кібер-фізичних систем актуальною є також проблема їх моделювання, що задає темп розвитку автоматизації виробництва майбутнього.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Purdue Enterprise Reference Architecture*. — Вікіпедія [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://en.wikipedia.org/wiki/Purdue\\_Enterprise\\_Reference\\_Architecture](http://en.wikipedia.org/wiki/Purdue_Enterprise_Reference_Architecture).
2. *Lydon Bill*. Simplifying Automation System Hierarchies [Електронний ресурс] / Bill Lydon. — Режим доступу: <http://www.automation.com/automation-news/article/simplifying-automation-system-hierarchies>.
3. *Дудкин Е.П.* Основы автоматизации и автоматизации: учеб. пособие / Е.П. Дудкин, Г.И. Коропальцев, А.А. Зайцев, И.Ю. Князев. — Часть 1: Элементы систем автоматизации. — СПб.: Петербург. гос. ун-т путей сообщения, 2008. — 64 с.
4. *Lydon Bill*. Is Industrial Automation evolving to IT? | Automation.com. 2015 | Automation.com [Електронний ресурс] / Bill Lydon. — Режим доступу: <http://www.automation.com/automation-news/article/is-industrial-automation-evolving-to-it>.
5. *Informed Manufacturing: The Next Industrial Revolution* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.cognizant.com/InsightsWhitepapers/Informed-Manufacturing-The-Next-Industrial-Revolution.pdf>.
6. *Accelerate Your Transformation: Social, Mobile, and Analytics in the Cloud* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://www.capgemini-consulting.com/resource-file-access/resource/pdf/cc\\_accelerate\\_your\\_transformation.pdf](https://www.capgemini-consulting.com/resource-file-access/resource/pdf/cc_accelerate_your_transformation.pdf).
7. *Sripriya V*. Social Mobile Analytics and Cloud (SMAC) Technology [Електронний ресурс] / V. Sripriya, R.S. Sivaranjani. — Режим доступу: <http://www.ifet.ac.in/pages/extsymp14/exsymp14/papers/cse/CS%2016.pdf>.
8. *Big Data*. — Вікіпедія [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Big\\_Data](https://uk.wikipedia.org/wiki/Big_Data).
9. *Nedelcu B*. About Big Data and its Challenges and Benefits in Manufacturing [Електронний ресурс] / B. Nedelcu. — Режим доступу: [http://www.dbjournal.ro/archive/13/13\\_2.pdf](http://www.dbjournal.ro/archive/13/13_2.pdf).
10. *Хмарні обчислення*. — Вікіпедія [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Хмарні\\_обчислення](https://uk.wikipedia.org/wiki/Хмарні_обчислення).
11. *Manufacturing Trends that will Shape the Market in 2015* | Technology content from IndustryWeek [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.industryweek.com/technology/5-manufacturing-trends-will-shape-market-2015>.
12. *Industry 4.0*. — Вікіпедія [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://en.wikipedia.org/wiki/Industry\\_4.0](http://en.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0).
13. *Lydon Bill*. — Industry 4.0 Gaining Momentum | Automation.com. 2015 | Automation.com [Електронний ресурс] / Bill Lydon. — Режим доступу: <http://www.automation.com/automation-news/article/industry-40-gaining-momentum>.

14. *Cyber-physical system*. — Вікіпедія [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cyber-physical\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Cyber-physical_system).
15. *Edward A. Lee*. *Cyber Physical Systems: Design Challenges* / A. Lee. Edward // Electrical Engineering and Computer Sciences University of California at Berkeley, Technical Report No. UCВ/EECS-2008-8, January 23, 2008 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2008/EECS-2008-8.pdf>.
16. *Cyber-Physical Systems (CPS)*, Vision Statement [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://www.nitrd.gov/nitrdgroups/images/6/6a/Cyber\\_Physical\\_Systems\\_\(CPS\)\\_Vision\\_Statement.pdf](https://www.nitrd.gov/nitrdgroups/images/6/6a/Cyber_Physical_Systems_(CPS)_Vision_Statement.pdf).
17. *Lee Jay*. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems // *Manufacturing Letters* 3 (2015) 18–23 [Електронний ресурс] / Jay Lee, Behrad Bagheri, Hung-An Kao. — Режим доступу: [http://www.researchgate.net/profile/Jay\\_Lee10/publication/269709304\\_A\\_Cyber-Physical\\_Systems\\_architecture\\_for\\_Industry\\_4.0-based\\_manufacturing\\_systems/links/549486890cf20f487d2c4523.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Jay_Lee10/publication/269709304_A_Cyber-Physical_Systems_architecture_for_Industry_4.0-based_manufacturing_systems/links/549486890cf20f487d2c4523.pdf).
18. *M2M*. — Вікіпедія [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/wiki/M2M>
19. *Machine-to-Machine communications (M2M); Functional architecture* // ETSI TS 102 690 V2.1.1 (2013-10) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_TS/102600\\_102699/102690/02.01.01\\_60/ts\\_102690v020101p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_TS/102600_102699/102690/02.01.01_60/ts_102690v020101p.pdf).
20. *Интернет речей*. — Вікіпедія [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://uk.wikipedia.org/wiki/Интернет\\_речей](http://uk.wikipedia.org/wiki/Интернет_речей).
21. *An Introduction to the Internet of Things (IoT). Part 1. of “The IoT Series”* // Lopez Research, November 2013 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://www.cisco.com/web/solutions/trends/iot/introduction\\_to\\_IoT\\_november.pdf](https://www.cisco.com/web/solutions/trends/iot/introduction_to_IoT_november.pdf).
22. *Building Smarter Manufacturing With The Internet of Things (IoT). Part 2. of “The IoT Series”* // Lopez Research, January 2014 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://cdn.iotwf.com/resources/6/iot\\_in\\_manufacturing\\_january.pdf](http://cdn.iotwf.com/resources/6/iot_in_manufacturing_january.pdf)
23. *Industrial Internet*. — Вікіпедія [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://en.wikipedia.org/wiki/Industrial\\_Internet](http://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_Internet).
24. *Industrial Internet Insights report for 2015* // Accenture [електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.accenture.com/sitecollectiondocuments/pdf/accenture-industrial-internet-changing-competitive-landscape-industries.pdf>.
25. *Peter C. Evans and Marco Annunziata*. *Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines* / C. Peter // GE, November 26, 2012 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://www.ge.com/sites/default/files/Industrial\\_Internet.pdf](http://www.ge.com/sites/default/files/Industrial_Internet.pdf).
26. *Terzidis Orestis*. *The Internet of Services and USDL* [Електронний ресурс] / Orestis Terzidis, Daniel Oberle, Kay Kadner. — Режим доступу: <http://www.w3.org/2011/10/integration-workshop/p/USDLPaper.pdf>.
27. *Nixon Lyndon*. *The Future of the Internet of Services for Industry: the ServiceWeb 3.0 Roadmap* [Електронний ресурс] / Lyndon Nixon, Graham Hench, Dave Lambert, Agata Filipowska, Elena Simperl. — Режим доступу: [http://www.serviceweb30.eu/cms/index.php/resources/doc\\_download/103-the-future-of-the-internet-of-services-for-industry-the-serviceweb-30-roadmap.pdf](http://www.serviceweb30.eu/cms/index.php/resources/doc_download/103-the-future-of-the-internet-of-services-for-industry-the-serviceweb-30-roadmap.pdf).
28. *Sabo Filip*. *A comparison of the status in Europe and the USA* [Електронний ресурс] / Filip Sabo // *Industry 4.0*. — Режим доступу: [http://www.marshall-plan.at/images/FHKufstein\\_SaboFilip.pdf](http://www.marshall-plan.at/images/FHKufstein_SaboFilip.pdf).

Надійшла 24.08.2015