

С. І. ДОЦЕНКО¹, О. О. ІЛЛЯШЕНКО², С. С. КАМЕНСЬКИЙ¹,
Д. Р. КУПРЕЙШВІЛІ¹, В. С. ХАРЧЕНКО²

¹ *Український державний університет залізничного транспорту, Україна*

² *Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», Україна*

АНАЛІЗ МЕТОДОЛОГІЧНИХ ОСНОВ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ ПІДПРИЄМСТВ В ІНДУСТРІЇ 3.0: РУХ ДО ІНДУСТРІЇ 4.0

Аналіз рівня розвитку цифровізації промисловості в Індустрії 3.0 показав, що основною методологією формування систем управління виробництвом визнано методологію програмно-цільового управління, на основі якої розроблявся проект об'єднаної державної автоматизованої системи (ОДАС). Основним методом моделювання автоматизованих систем управління в Індустрії 3.0 визнано метод формування ієрархії структури. Спочатку формується ієрархія цілей, на основі якої потім визначається ієрархія організаційної системи у наступних тотожних формах представлення, а саме: задач; рангів; операцій. Такий підхід забезпечує визначення складу та змісту операцій, які необхідно реалізовувати при управлінні. Основною проблемою ієрархічного підходу в методології програмно-цільового планування та управління є проблема формування цілі діяльності. В цьому підході відсутня вимога формування інтегральної (генеральної) цілі діяльності у явній формі та ієрархії цілей. Одночасно з методом програмно-цільового управління був розроблений метод архітектурного підходу до структуризації системи діалогового управління виробництвом. Головна перевага такого підходу полягає в тому, що архітектура структурного графа системи не залежить від організаційної структури досліджуваної організації. На основі цього було сформовано п'ятирівневий структурний граф системи управління. Для кожного рівня управління сформовано функціональну структуру вирішувальної системи. Принциповим моментом є те, що розроблена архітектура функціональної структури вирішувальної системи є універсальною для всіх п'яти шарів управління і має відповідне математичне обґрунтування. Фундаментальною відзнакою такого підходу є те, що в архітектурі вирішувальної системи застосовується модель об'єкту управління для відповідного рівня. Розглянуті у програмно-цільовому управлінні структурне представлення та у архітектурному підході функціональне представлення є складовими частинами інтегрованого представлення підприємства. Саме архітектура функціональної структури системи управління для Δ шару відповідає архітектурі інтелектуальної системи управління. З цього слідує, що розробка інтелектуалізованих систем управління виробництвом для Індустрії 4.0 неможлива поза межами теорії інтелектуальних систем, яка в свою чергу ґрунтується на теорії функціональних систем.

Ключові слова: інформаційно-керуюча система; методологія; ієрархія; структура; функції; представлення.

Вступ

Вихідною точкою для переходу до Індустрії 4.0 вважається Програма німецького Уряду і провідних компаній, яка направлена на збереження лідерства німецької промисловості у світі в цифрову еру – Industrie 4.0 (I4.0) [1]. Що ж є об'єктом цієї програми? Як відзначено в [1]:

«Саме галузь Industrial Automation разом з потужними ІТ-компаніями є основним провідником Industrie 4.0. Підкреслю: Промислова Автоматизація. Безумовно, драйвером, причиною Industrie 4.0 став стрибок розвитку інформаційних технологій, але головний процес – це Digitalisation, оцифруван-

ня, дигіталізація, як хочете, ПРОМИСЛОВОСТІ.»

Таким чином, саме *цифровізація*, тобто, застосування *інформаційних технологій* є основою цієї чергової, *четвертої промислової* революції.

Виникає питання, а які ж задачі виконувала цифровізація в попередній, *третьій* промисловій революції? Адже обчислювальні машини вперше були створені в середині минулого століття, на початку виникнення та формування кібернетики, як науки про *управління та передачу інформації* у фізіологічних системах та машинах. Тим більше, що розвиток кібернетики йшов паралельно в США, Західній Європі, та Радянському Союзі в рамках РЕВ.

В Радянському Союзі розвиток кібернетики

здійснювався в інтересах соціалістичної, планової економіки, державних органів управління та державних підприємств. Розробкою кібернетичних машин та кібернетичних систем займалися державні НДІ, як окремих галузей промисловості, так і Академії наук СРСР та Республіканських академії.

В країнах з ринковою економікою розробкою таких систем займалися й займаються приватні фірми.

Мета статті полягає в аналізі методологічних основ платформи «Індустрія 3.0» й усвідомлення можливого їх застосування для формування, удосконалення і впровадження методології платформи «Індустрія 4.0 Україна».

1. Аналіз рівня розвитку кібернетичних інформаційно-керуючих систем в Індустрії 3.0

Аналіз спадщини в галузі цифровізації суспільства пов'язаний, перш за все, з статтею В. Глушкової та С. Жабіна «ОГАС В. М. Глушкова: История проекта построения информационного общества» [2].

В цій статті дано розгорнутий опис створення та реалізації проекту ОДАС. Теоретичні засади створення такої системи наведені у монографії А. І. Кітова [3]. Таким чином, ще в середині минулого століття була зрозуміла роль обчислювальних машин в підвищенні ефективності автоматичного та напівавтоматичного управління у масштабах всієї економіки та окремих підприємств і організацій.

Стосовно формування комп'ютерних мереж А. І. Кітов відмічав [4, с. 24-25]:

«Надалі окремі обчислювальні центри повинні бути пов'язані в єдину систему автоматичної інформаційної та обчислювальної служби, яка буде забезпечувати потреби всіх установ і організацій необхідною науковою, технічною, економічною та іншою інформацією і виконання обчислювальних робіт».

Ці теоретичні положення були основою розробки ОДАС, керівником проекту якої був призначений академік В. Глушков. Як відмічається в [2]:

«Ескізний проект ОДАС» був визначений як методичний матеріал, на підставі якого повинно було здійснюватися поетапне проектування ОДАС і вдосконалення методології управління розробками, проведеними в країні по державним і галузевим науково-технічним програм і планів створення і розвитку АСУ різного призначення, а також їх поетапно об'єднання в ОДАС на принципах програмно-цільового управління.»

Таким чином, методологічною основою створення ОДАС, а також її структурних підсистем є *принцип програмно-цільового управління*.

2. Методологічні основи принципу програмно-цільового управління. Принцип ієрархії організаційної системи

Теоретичні основи методології *програмно-цільового управління* сформовано в монографії Г. С. Поспелова та В. О. Ірікова «Програмно-целевое планирование и управление» [5]. Методологічною основою формування програмно-цільового управління є *управління операціями* [5]. При цьому, організація розглядається, як *організаційна система* для якої застосовується принцип *ієрархії*. Цей принцип застосовується, як у формі «дерева» так і у формі більш складних графів [5, с. 119].

Методологічною основою ієрархічного принципу є теорія ієрархічних багаторівневих систем М. Д. Месаровича зі співавторами [6]. При цьому, *ієрархія організаційної системи* представляється у формі *страт, шарів та рангів* (ешелонів) [6]. Їх кількість не регламентована. Як відмічається у [5, с. 133]:

«В основі методу побудови ІСУ <ієрархічних систем управління>, які розглядаються, лежать два принципи:

1) принцип просторово-часового агрегування вихідної задачі управління великої розмірності в задачу меншої розмірності для верхнього рівня;

2) принцип просторово-часової декомпозиції вихідної задачі управління на під задачі меншої розмірності (рішення яких здійснюється незалежно), який визначає спосіб дезагрегування оптимальних задач від верхнього рівня.»

При цьому, важливим є наступне положення теорії ієрархічних систем [5, с. 140]:

«В ієрархічній системі, як вже вказувалося, сама система носить ієрархічний характер, в наслідок того, що загальна ціль операції досягається не інакше, як виконанням ієрархічної сукупності конкретних операцій різних рангів. Тому граф цілей і задач операцій тотожній графу операцій, де вершинам поставлені у відповідність операції, а дугам – відношення між операціями та відповідно їх цілями.»

З наведеного слідує, що формування ієрархії цілей якраз і визначає ієрархію *організаційної системи* у наступних *тотожних* формах *представлення*, а саме:

- ієрархій цілей;
- задач;
- рангів;
- операцій.

Таким чином розглядається чотири *тотожні* форми представлення, тобто, ієрархічний метод представлення допускає його *одно варіантність* ієрархій для різних представлень.

Слід також звернути увагу на наступну обставину. Допускається *тотожність змісту* понять «ціль» та «задача». З іншого боку в класичній кібернетичі, виходячи з визначення поняття «кібернетична система», процес формування цілі діяльності знаходиться поза межами кібернетичної системи і не відноситься до її компетенції [7]. На основі цього стає зрозумілим, що в дійсності залишається лише *три тотожні* форми представлення, а саме: задачі; ранги та операції. Слід звернути увагу на наступні зауваження щодо формування цілі [8]:

«... не рішення задачі, а постановка задачі, не досягнення, а висування цілі, не доказ, а формулювання теореми є критерієм «інтелектуальності», особливою якістю людської психіки, яка відрізняє її і від психіки тварин і від (можливостей) ЕОМ.»

Згідно [5]: «В силу властивостей людської психіки представлення про ціль одночасно супроводжується представленням про засоби її досягнення. Із цієї обставини витікає два принципи системного аналізу <Квейд Э. Анализ сложных систем. Пер. с англ. М.: «Сов. Радио», 1969. – 520 с.>:

«1) засоби та способи (в тому числі альтернативні) досягнення цілі витікають із самої цілі верхнього рівня;

2) цілі нижнього рівня є засобами (способами) досягнення цілей верхнього рівня.

Ці два принципи дозволяють розгорнути генеральну ціль в ієрархічний граф цілей та задач.»

На нашу думку, поміж поняттями «ціль» та «задача» необхідно встановлювати не функціональне, або причинно-наслідкове відношення, а *діалектичне* відношення у формі «загальне» – «конкретне». Адже зміст задачі визначає умови, засоби та ресурси досягнення цілі діяльності.

Однозначно визначеною є послідовність п'яти етапів управління операцією або діяльністю [5, с.92], а саме:

- формування цілі (постановка задачі);
- рішення;
- виконання рішення – проведення операції та отримання бажаного результату;
- оцінка результату;
- рекомендації на майбутнє.

При цьому, в [5, с. 99] відзначається, що:

«За суттю перший етап не відноситься до дослідження операцій як теорії математичних моделей прийняття рішень. Визначення цілі лежить поза дослідженням операцій, як власне і поза кібернетикою. В останній час почав розвиватися так званий системний аналіз, предметом якого якраз і є обґрунтування цілей діяльності. Таким чином, блоки 2-5 на рис. 3.1 відносяться до сфери системного аналізу.»

Детально принципи системного аналізу у застосуванні до систем управління досліджено у роботах [9-11].

Слід зауважити, що згідно [5, с. 93, рис. 3.1, блоки 2-5] (рис.1) формулювання цілі (постановка задачі) (блок 2) складається з наступних етапів:

- збирання даних, прогнозування (блок 3);
- пошук альтернатив (блок 4);
- визначення критеріїв (блок 5).

На основі даних, альтернатив та критеріїв здійснюється *прийняття рішення* про досягнення цілі. На етапі прийняття рішення для обрання відповідної альтернативи необхідно враховувати *фактори*, які класифікуються наступним чином [5, с.95]:

«1-ша група – ресурси;

2-га група – природні та технічні фактори;

3-тя група – ідеологічні, морально-політичні, та психологічні.»

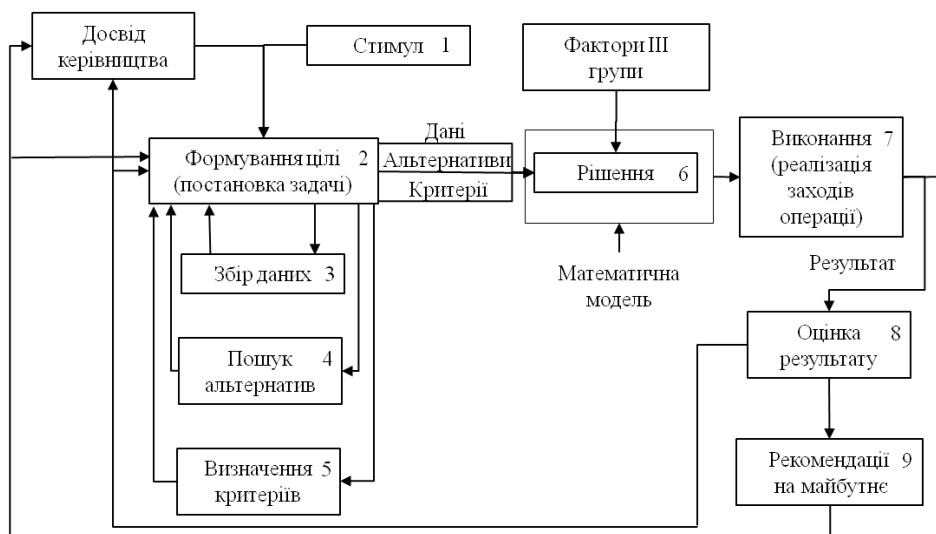


Рис. 1. Блок-схема циклу управління операцією [5, с. 93, рис. 3.1]

З наведеного слідує, що формування ієрархії організаційної системи, як ієрархії *цілей* (постановок задач) для кожної організації є *унікальною проблемою* і згідно [5, с. 93, рис. 3.1] визначається *стимулом*, який формується *поза межами* самої організації. Це положення відповідає підходу до визначення поняття «ціль» в класичній кібернетиці для автоматичних та автоматизованих систем [5, с. 76, рис. 2.16].

З наведеного також слідує, що основною проблемою ієрархічного підходу в методології *програмно-цільового* планування та управління є проблема *формування цілі діяльності*. Саме відсутність вирішення цієї проблеми на рівні організації й обумовила розвиток *автоматизованих під систем управління* для вирішення конкретних задач, які не пов'язані з ціллю діяльності. В цьому підході відсутня вимога формування інтегральної (генеральної) цілі діяльності у явній формі та ієрархії цілей. Вважається, що ієрархія цілей вже сформована на вищому рівні організації. Зміст *конкретних задач*, для таких підсистем наведено у роботі [12], а саме:

- перспективного розвитку галузі чи підприємства;
- техніко-економічного планування;
- оперативного управління;
- управління збутом продукції;
- управління фінансовою діяльністю;
- планування, обліку, аналізу праці, та заробітної платні;
- управління матеріально-технічним постачанням;
- планування, обліку та аналізу кадрів;
- управління науково-дослідними роботами;
- управління капітальним будівництвом;
- бухгалтерського обліку;
- науково-технічної інформації.

На основі цього поділу задач розробляються *конкретні підсистеми* для їх вирішення. Зрозуміло, що при такому підході виникають *авторські* моделі та методи розробки вказаних систем. Це призводить до *вузької спеціалізації* розробників таких систем. Справа в тому, що реалізація дослідженої методології формування *ієрархічних організаційних структур*, на рівні підприємства та організації, як показано в [13] пов'язана з низкою серйозних проблем, а саме:

- «– визначення ієрархії системи... ;
- вибір принципів організації управління... ;
- оптимальний розподіл виконуваних функцій поміж задачами, а також поміж особами, які приймають рішення (ОПР), та програмно-технічними засобами;
- визначення моделей та методів рішення задач системи.»

Тому виникає питання, чи можливим є підхід до розробки *універсальних*, незалежних від розробника моделей та методів формування автоматизованих систем управління підприємством, які б *інтегрували* до свого складу по-меншій мірі частину вказаних підсистем (задач)?

3. Аналіз методології архітектурного підходу

Для подолання вказаних проблем в методології Індустрії 3.0 було запропоновано застосовувати інтеграцію в рамках організації на основі *архітектурного підходу* [14]. Основою такого підходу є те, що архітектурна розробка базується на глибокому неформальному аналізі та вивченні властивостей та закономірностей, які притаманні підприємству, як об'єкту управління. На базі архітектурного підходу до структуризації системи діалогового управління виробництвом розглянуто наступні основні шляхи її декомпозиції:

- управляючі параметри та шари комплексів задач;
- рішаючі системи;
- фази процесу управління. [13, с. 12]»

Методологічною основою формування управляючих параметрів для цього підходу до формування ієрархічних систем є «Загальна теорія систем: математичні основи» за авторством М. Месаровича та Я. Такаhari [15].

На основі *архітектурного* підходу запропоновано *п'ятирівневий* структурний граф системи управління підприємством (рис. 2, [13, с. 42, рис. 1.3]).

Для кожного рівня (страти, Δ -шару) управляючих параметрів запропоновано алгоритм *діалогового* формування управляючих дій вирішувальної системи (РС). На основі цього алгоритму сформовано *функціональну* схему вирішувальної системи Δ -шару (рис. 3, [13, с. 54]).

На цьому рисунку суцільні лінії відображають функціональні зв'язки, пунктирні – інформаційні зв'язки, жирні лінії – зворотні інформаційні зв'язки.

Головна перевага такого підходу полягає в тому, що архітектура *структурного графа* системи *не залежить від організаційної структури* досліджуваної організації [13].

Іншою перевагою є те, що для вирішення задач управління застосовуються *вирішувальні системи*. Поняття «задача» та «вирішувальна система» широко застосовуються в діалогових системах для опису діалогу людина – обчислювальна машина [16].

Застосування діалогового режиму взаємодії обчислювальної машини та ОПР для розрахунку управляючих параметрів передбачає застосування

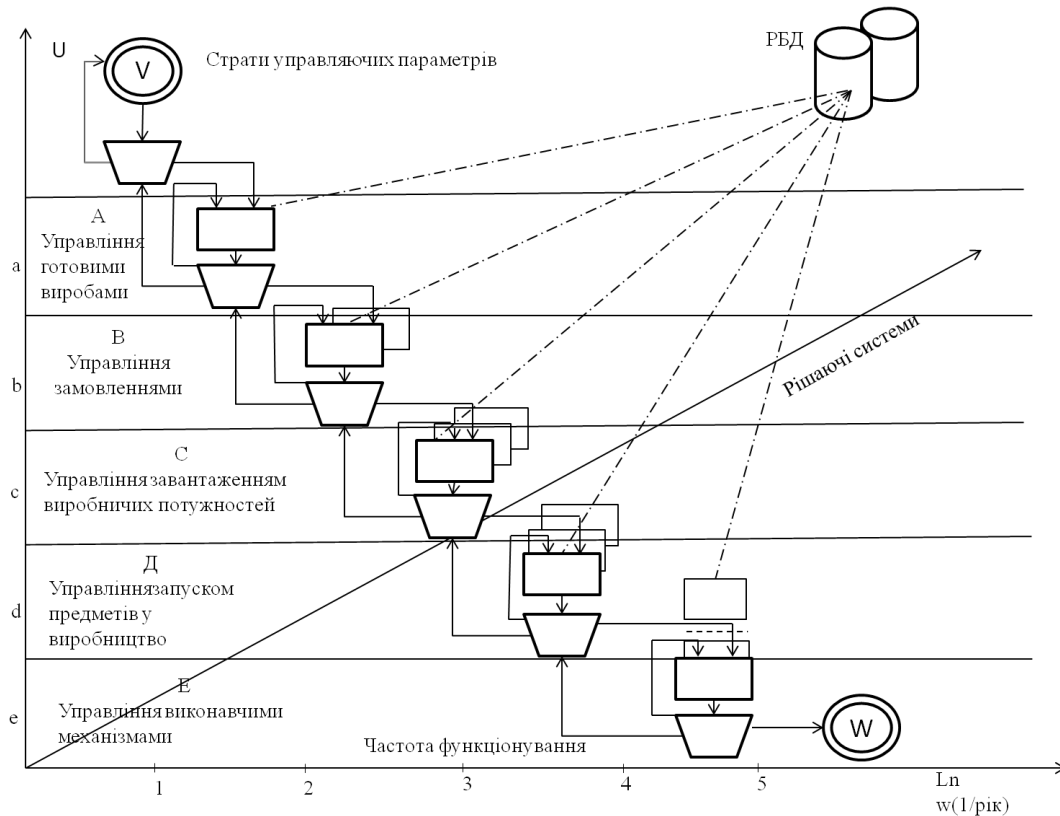


Рис. 2. Структурний граф системи

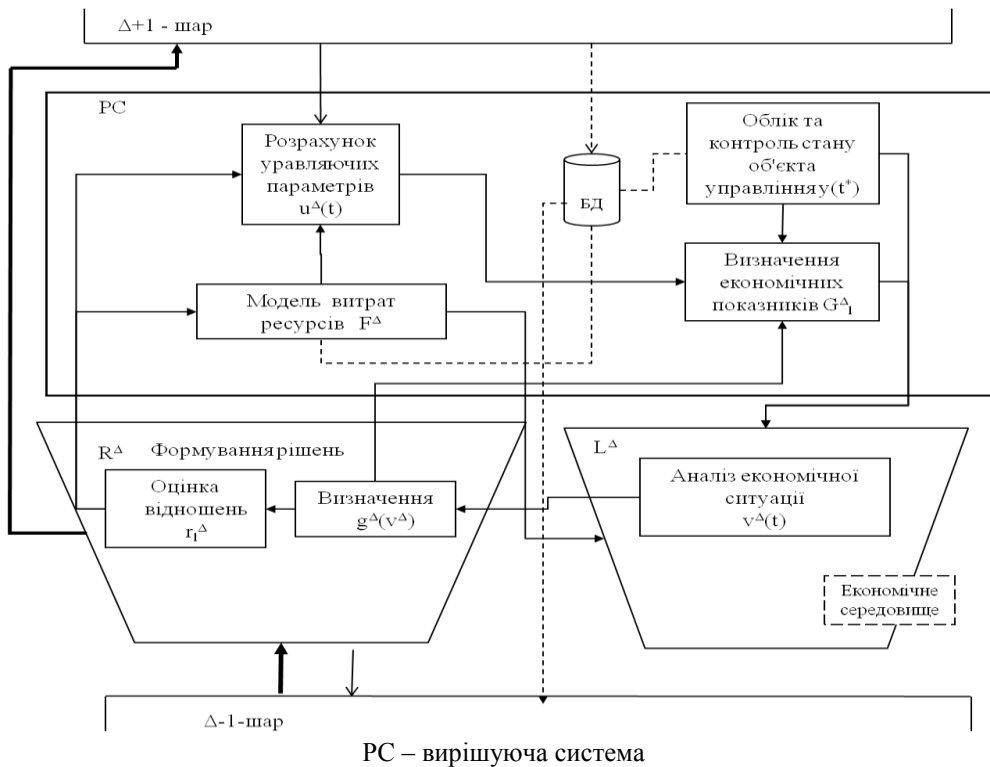


Рис. 3. Функціональна структура вирішувальної системи Δ шару. [13, с. 54]

відповідної моделі процесу для визначеного рівня управління (страти управляючих параметрів).

Саме ця обставина обумовила інше визначення діалогових систем управління, а саме: як систем

підтримки прийняття рішень, які управляються моделлю. В теорії діалогових систем управління це модель витрат ресурсів [13, с. 54, рис. 1.6]. Саме формування вказаних моделей для відповідних страт

управляючих параметрів виявилось головною проблемою при практичному запровадженні вказаних систем. Особливо актуальною є проблема розробки моделей для *верхнього рівня управління* виробництвом (Рівень А, рис. 2). Не вирішеність цієї проблеми призвела до відмови від систем підтримки прийняття рішень, які управляються моделлю (DSS support system) й переходу до розробки *інформаційних систем*, які призначені для вирішення конкретних задач управління.

Розглянутий *архітектурний* підхід до формування інформаційно керуючих систем організацій широко застосовувався в США та країнах Західної Європи [13, табл. 2.1].

Таким чином, важливим є висновок, що основна проблема *методології ієрархічного підходу*, як у *організаційному* поданні так і у *функціональному* поданні полягає у відсутності моделей та методів формування *цілі діяльності*, як у формі цілі – задачі, для *організаційного* представлення, так і у формі моделі діяльності, для *функціонального* представлення. Виходячи з цього подальший розвиток *цифровізації* організацій здійснювався у напрямку розвитку корпоративних інформаційних систем (КІС) на основі саме *архітектурного* підходу.

Слід також зауважити, що діалогові системи управління за змістом функцій, які ними реалізуються необхідно віднести до інтелектуальних систем, як це визначено у [7]. При цьому, доведено, що функціональна структура вирішувальної системи Δ шару (див. рис. 3) є подібною до архітектури функціональної системи в теорії функціональних систем П. К. Анохіна [17]. На основі цієї теорії розроблено теорію інтелектуальних систем О.В. Чечкіним [18] та К.О. Пупковим [19].

У таблицях 1 та 2 наведено характеристику розглянутих вище методологій формування автоматизованих систем управління, які запроваджені в «Індустрії 3.0».

Таблиця 1
Характеристика методологій формування автоматизованих систем управління в «Індустрії 3.0». Принципи управління

Методологія управління	Принцип управління	Основа представлення підприємства	Представлення діяльності підприємства
Програмно-цільове управління [5]	Управління операцією	Організаційне представлення	Ієрархія цілей і задач (засобів)
Архітектурний підхід [13]	Управляюча модель	Функціональне представлення	Ієрархія управляючих моделей

Стає зрозумілим, чому в концепції програми Індустрія 4.0 об'єктом є *цифровізація технологічних*

процесів у формі АСУ ТП, для цієї форми автоматизованої системи немає потреби формувати *ціль* її діяльності. Тобто, в цій концепції не вийшли за межі принципів *класичної кібернетики*.

Таблиця 2
Характеристика методологій формування автоматизованих систем управління в «Індустрії 3.0». Принципи організації систем управління

Методологія управління	Принцип організації СУ	Принципи побудови СУ	Клас систем управління
Програмно-цільове управління [5]	Ієрархія страт, шарів та рангів	Просторово-часова агрегація та декомпозиція вихідної задачі управління	Кібернетична система
Архітектурний підхід [13]	Ієрархія страт та шарів	Система підтримки прийняття рішень	Інтелектуальна система

В межах класичної автоматичної та автоматизованої систем не існують моделі та методи формування цілі діяльності, ціль формується за їх межами. У явній формі задача синтезу цілі ставиться і вирішується в *інтелектуальних системах*, які нажалі, не є предметом розгляду в Індустрії 4.0, тому що в цій програмі мова йде про автоматизацію (цифровізацію) технологічних процесів у формі АСУ ТП.

Основною відмінністю досліджених методологій управління підприємством є те, що система управління при її формуванні за методологією *архітектурного* підходу, є *інтелектуальною* системою в якій ціль діяльності формується у відповідній управляючій моделі. Формування цілі пропонується здійснювати у складі систем підтримки прийняття рішень.

В досліджених системах управління підприємствами застосовується ієрархічний метод моделювання підприємства та відповідної системи управління. У першому десятиріччі двадцятого століття набула розвитку системна методологія моделювання підприємства для цілей його *інтеграції*. Тому постає задача аналізу результатів її розвитку.

4. Розвиток системної методології моделювання підприємства для цілей інтеграції

4.1. Аспекти системної методології

Згідно стандарту ISO 14258-2008 [20, с. 2–3]:

«Моделі підприємства застосовують як інструменти для опису і представлення підприємства в контексті конкретної мети. Підприємства є систе-

мами, які можуть аналізуватися і моделюватися із застосуванням теорії систем. Такі моделі розробляють для аналізу, інжинірингу та менеджменту підприємств.»

У якості методологічної основи в даному стандарті застосовується загальна теорія систем, на основі положень якої сформовано методології [20], а саме:

«Існують різні методології, розроблені на основі загальної теорії систем, які мають відношення до різних аспектів. Найбільш часто застосовують такі три аспекти: структурний, поведінковий і ієрархічний.»

При цьому, *структурний аспект* ґрунтується на принципі, відповідно до якого елементи не ізольовані, а пов'язані численними взаємозалежностями з іншими елементами системи. Такі внутрішні залежності пояснюють, чому ціла система демонструє властивості, відмінні від властивостей частин системи (елементів) [20].

Слід зауважити, що структурний аспект є складовою частиною структурно функціонального підходу до представлення діяльності систем управління [21].

Поведінковий аспект ґрунтується на ідентифікації змінних величин і їх функціональних чи інших зв'язків. Якщо ці величини обмежуються вхідними та вихідними змінними величинами, система розглядається як чорний ящик [20].

Концепція чорного ящика є фундаментальним поняттям класичної кібернетики і є основою для формулювання її законів [7].

Зміст *ієрархічного аспекту* полягає в тому, що він [20]:

«... ґрунтується на принципі, відповідно до якого будь-який елемент системи може сам по собі розглядатися як система, іменована в цьому випадку підсистемою.

Аналогічно цьому розглянута система може розглядатися як елемент іншої системи, названою в цьому випадку суперсистемою. Це передбачає визначення рівнів абстракції для систем. В результаті внутрішньої взаємозалежності на більш високому рівні ієрархії можуть виникати нові властивості.

Розгляд системи на більш низькому рівні дозволяє отримати більш детальний опис даної системи і як вона забезпечує виконання поставленої перед нею мети. Розгляд системи на більш високому рівні дозволяє зрозуміти роль системи для навколишнього середовища.»

Означені положення стандарту визначають неоднозначність застосування загальної теорії систем для опису моделі підприємства. *Структурний, поведінковий і ієрархічний* аспекти моделювання мо-

жуть бути застосовані, згідно стандарту ISO 14258-2008 [20, с. 3] для:

«← створення, проектування, закупівель та побудови підприємства, що включає в себе будь-яку сукупність відповідним чином обраних процесів;

– управління і роботи підприємства для виконання поставленої перед ним цілі і;

– підтримки процесів зміни, перепроектування, ліквідації та перебудови підприємства.»

Нажаль, у стандарті не встановлюється які саме аспекти моделювання підприємства необхідно застосовувати для вирішення вказаних задач.

Важливим аспектом моделювання підприємства згідно ISO 14258-2008 [20, с. 7] є концепція *поведінки* (діяльності) підприємства. Зміст цієї концепції полягає в тому, що підприємства динамічно розвиваються і зазнають безперервних змін в результаті таких факторів, як умови ринку, що змінюються, технологія і знання. За останні роки з'явилися зрушення в підході до розгляду діяльності підприємства. Замість розгляду підприємства як ієрархічного утворення з точки зору структури та управління все більшого поширення набуває розподілений вид підприємства, в якому підрозділи підприємств обмінюються інформацією і взаємодіють між собою для вирішення проблем і прийняття необхідних дій. Це, в свою чергу, вимагає більшої інтеграції функцій в рамках підприємства і між підприємствами в порівнянні з тим, що було в минулому.

Виходячи з цього поведінкове представлення згідно ISO 14258-2008 [20, с. 8] передбачає, що моделі підприємства повинні бути здатні:

– описувати поведінку, тобто представляти послідовність, події, дії, умови, стани, зміни стану, початкові та кінцеві стани;

– послідовні зв'язки між діями;

– описи функцій перетворення.

При цьому, властивості послідовності моделюють для опису короткострокових змін у разі необхідності відстеження будь-якого окремого елемента.

З іншого боку, моделі підприємства, застосовувані для аналізу продуктивності підприємства або симуляції певних процесів, повинні бути здатні представляти ефекти послідовних явищ і часову тривалість кожного послідовного етапу. Моделі підприємства повинні бути здатні:

– представляти часову тривалість;

– динамічну продуктивність процесів

– послідовні явища через певні періоди часу.

Знову виникає питання, який саме з вказаних вище аспектів *структурний, поведінковий* чи *ієрархічний* необхідно застосувати для поведінкового представлення підприємства?

4.2. Концепція системної інтеграції моделі підприємства

Важливим положенням стандарту ISO 14258-2008 [20, с. 10] є положення про *інтеграцію* моделі підприємства.

Модель підприємства включає в себе структуровані дані і правила, що поширюються на інформацію, яка використовується додатками для виконання своєї роботи. Підприємство являє собою великий і складний організм, що передбачає наявність багатьох моделей для найрізноманітніших цілей для опису того, що відбувається в будь-який період часу. У зв'язку з різноманіттям додатків на підприємстві інформація, що міститься в моделях, кодується у багатьох форматах залежно від потреб розробників і користувачів інформації. Моделі можуть бути у формі:

- органограм;
- електронних таблиць;
- інженерних креслень;
- даних про протікання процесів;
- комп'ютерної інженерії;
- комп'ютерного проектування та комп'ютерних виробничих файлів.

Це так звані «острови інформації або автоматизації» [20, с. 10].

Важливою вимогою стандарту є вимога портативності моделі [20, с. 10]. Згідно цієї вимоги необхідно мати можливість для повторного застосування моделей в різних областях і не залежати від конкретної області застосування або інструментальної конфігурації. Рішення полягає у створенні уніфікованих або комплексних моделей, що забезпечують єдиний інформаційний шаблон для будь-якої області програми.

Таким чином, рекомендується розробляти й запроваджувати уніфіковані або комплексні моделі представлення підприємства.

Дуже важливою є вимога застосування технології, яка покращує можливості в отриманні інформації від різних в поточний момент часу моделей, щоб використовувати її в найширших виробничих додатках і платформах. Зарядити цьому може ряд *стандартних моделей*. Проблема полягає в наявності великої кількості способів представлення моделі і такого ж числа причин, що викликають інтерес до розробки моделі для області, що представляє інтерес. [20, с. 10].

Згідно цієї тези проблема полягає у «великій кількості способів представлення моделі і такого ж числа причин, що викликають інтерес до розробки моделі.» Кардинально вирішити цю проблему можливо шляхом *встановлення* поміж представленнями моделі відповідної форми відношень. Якщо ця зада-

ча буде вирішена, тоді кардинально спрощуються всі етапи розробки моделей підприємства.

Згідно стандарту ГОСТ Р ИСО 14258-2008 [20, с. 10] моделі можуть бути пов'язані між собою трьома способами:

- «– вони можуть бути інтегрованими;
- уніфікованими;
- об'єднаними (федеративними).

Для інтегрованих моделей існує стандартна форма моделі. Різні моделі інтерпретують на відповідність загальному шаблону. Стандартні або базові (еталонні) моделі повинні бути настільки ж великі, як і складові моделі. Всі моделі можна зберігати в стандартній формі з інформацією, відфільтрованою або перетвореною в залежності від застосувань...»

З огляду вимог до моделей підприємства слідує, що розробка *інтегрованих* моделей підприємства є актуальною теоретичною та практичною задачею. Це стосується також вирішення проблеми встановлення взаємозв'язків поміж різними формами представлення моделей.

З цього перш за все слідує задача з'ясування які саме представлення моделей підприємства можуть бути представлені як інтегровані моделі.

Згідно стандарту ISO 14258-2008 [20, с. 12] під інтеграцією розуміють:

«Виробниче підприємство являє собою сукупність суміжних процесів, що забезпечують виробництво продукту. Інтеграція являє собою процес руху підприємства до стану, який наближається до ідеальної діяльності, коли все знаходиться на місці, що дозволяє правильному процесу отримати доступ до правильної інформації, в потрібний час і в будь-який час.»

Таким чином, *інтегрована модель* дає представлення *ідеальної* діяльності виробничої системи. Тому вона повинна бути *єдино* можливою.

Виникає задача аналізу існуючих моделей інтеграції підприємства на основі відомих форм представлення підприємства та його діяльності, а також питання про розробку для них відповідних моделей з метою їх інтеграції в загальну інтегровану модель підприємства.

Для цього необхідно розглянути питання про можливі форми таких представлень.

Однак, перш ніж перейти до розгляду цього питання, слід звернути увагу на наступне положення стандарту ISO 14258-2008 [20, с. 11]:

«З причин, викладених в 3.8.1, цей стандарт встановлює, що:

- застосування інтегрованих моделей на міжнародному рівні не є областю діяльності цього стандарту, оскільки вибір сценарію інтеграції є комерційним рішенням відповідного сектора компанії для

конкретної мети в конкретний час із застосуванням наявної технології;

– підхід, що полягає у використанні об'єднаної моделі, є найбільш вірогідним сценарієм в області інтероперабельності, коли більшість моделей не стандартизовані або не мають загальної форми і економічно недоцільно переводити їх в таку форму;

– застосування уніфікованої моделі є найкращим засобом досягнення підвищеної інтероперабельності.

Підходи, пов'язані із застосуванням об'єднаної та уніфікованої моделі, вимагають стандартів для їх підтримки. Залежно від того, який з вищевказаних підходів застосовують, з використанням об'єднаної або уніфікованої моделі, елементи моделей підприємства, що встановлюються в стандарті, є різними. Для уніфікації повинні бути стандартизовані конструкції моделі. Для використання об'єднаної моделі повинні бути стандартизовані інтерфейси.»

Таким чином, згідно стандарту розробка *інтегрованих* моделей для міжнародних стандартів *виключається* і рекомендується зосередити увагу на розробці *об'єднаних* та *уніфікованих* моделей.

При цьому, стандартизуються згідно ISO 14258-2008 [20, с. 11]:

- «– форма подання елемента;
- зв'язки між елементом і іншими елементами моделі;
- здатності (можливості) елемента;
- динаміка взаємодії, у разі наявності.»

4.3. Аналіз концепції системної інтеграції моделі підприємства

З наведеного слідує, що найбільш поширеними методами моделювання підприємства є *структурний*, *поведінковий* і *ієрархічний*. При цьому, встановлюється три способи зв'язків поміж моделей: вони можуть бути *інтегрованими*, *уніфікованими* або *об'єднаними* (федеративними). При цьому *інтеграція*, *уніфікація* та *об'єднання* моделей можливі у межах їх *структурного*, *поведінкового* та *ієрархічного* методів моделювання (рис. 4).

Цікаво, з одного боку вказується, що для інтегрованих моделей існує стандартна форма моделі, а з іншого боку, для *інтегрованих* моделей виключається можливість формування *міжнародних* стандартів, «оскільки вибір сценарію інтеграції є комерційним рішенням відповідного сектора компанії для конкретної мети в конкретний час із застосуванням наявної технології».

Виникає протиріччя у формі антиномії:

- для інтегрованих моделей існує стандартна форма моделі;

– для інтегрованих моделей виключається можливість формування міжнародних стандартів.

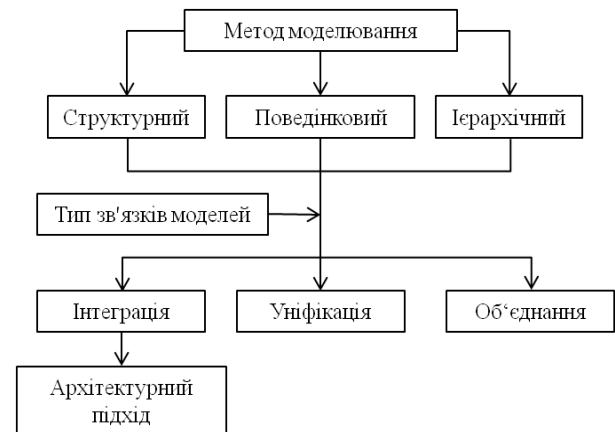


Рис. 4. Методи моделювання та типи зв'язків поміж моделями

При цьому, застосування «об'єднаної моделі, є найбільш вірогідним сценарієм в області інтероперабельності, коли більшість моделей не стандартизовані або не мають загальної форми і економічно недоцільно переводити їх в таку форму.»

З наведеного слідує, два можливих шляхи розвитку моделей підприємств, а саме:

– на основі формування *об'єднаної* моделі, яка відповідає вимогам інтероперабельності і для якої можуть бути застосовані *не стандартизовані* моделі;

– на основі формування *інтегрованої* моделі, яка відповідає вимогам інтероперабельності і для якої можуть бути застосовані *стандартизовані* моделі.

Зрозуміло, що розробка та застосування *інтегрованих*, *стандартизованих на міжнародному рівні* моделей є найбільш доцільною. При цьому необхідно додатково визначити, який з методів моделювання необхідно застосовувати: *структурний*, *поведінковий* чи *ієрархічний*?

Подальшого розвитку архітектурний підхід отримав у складі серії стандартів (див. рис. 5). Згідно стандарту ГОСТ Р 54136-2010 [22] поміж стандартами, які стосуються моделювання підприємства існує певний взаємозв'язок:

«Структура системи стандартів і рівні взаємодії прикладних систем. На рисунку 1 <рис. 5> наведена ієрархія об'єктів, описаних в основоположних стандартах в області моделювання архітектури та інтеграції підприємства, що визначає послідовність вивчення стандартів і їх використання для цілей моделювання підприємств».

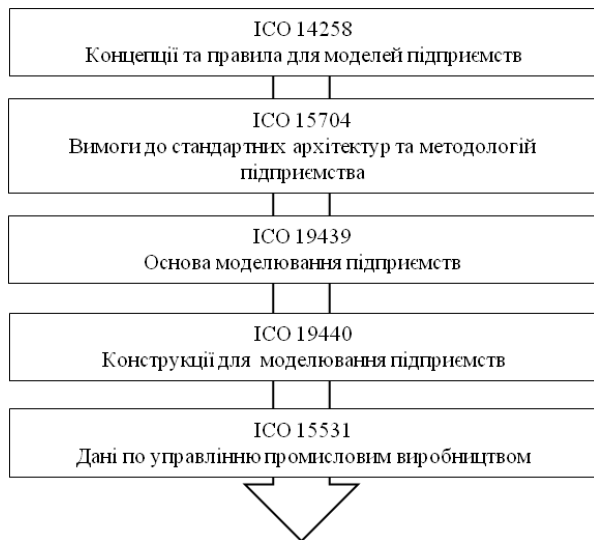


Рис. 5. Ієрархія об'єктів стандартів в області моделювання архітектури та інтеграції підприємства

Історично першою моделлю системи управління підприємством слід вважати модель системи *програмно-цільового управління*. Теоретичні основи формування моделі системи *програмно-цільового управління* сформовано в монографії [5]. Методологічною основою формування програмно-цільового управління є *управління операціями* [5]. При цьому, організація розглядається, як *організаційна система* для якої застосовується принцип *ієрархії структури*. Цей принцип застосовується, як у формі «дерева» так і у формі більш складних графів [5, с. 119].

Паралельно з методом *програмно-цільового управління* на основі ієрархічного принципу моделювання, був також розроблений метод *архітектурного* підходу до моделювання систем діалогового управління виробництвом на основі функціонального представлення [13]. Згідно рис. 4 саме *архітектурний* підхід відповідає принципу *інтеграції* підприємства. З цього слідує, що саме метод *архітектурного* підходу до моделювання систем діалогового управління виробництвом згідно [13], який відповідає принципу інтеграції підприємства, і може бути рекомендованим для реалізації платформи «Індустрія 4.0 Україна».

Слід зауважити, що саме *архітектура функціональної* структури системи управління для Δ шару згідно [13] відповідає архітектурі *інтелектуальної* системи управління, як це визначено у [7]. Застосування цієї методології можливе як у межах описаних у [13] так і у поєднанні з архітектурним підходом запровадженим згідно [20].

Слід також відзначити, що згідно паспорту спеціальності 05.13.06 – Інформаційні технології [23] передбачається «розроблення інформаційно-пошукових і експертних систем обробки інформації для прийняття рішень, а також знання орієнтованих

систем підтримки рішень в умовах ризику та невизначеності як інтелектуальних інформаційних технологій.»

Виникає два класи систем, як інтелектуальних інформаційних технологій, а саме:

- *інформаційно-пошукових і експертних систем підтримки прийняття рішень;*
- *знання орієнтованих систем підтримки рішень.*

Системи підтримки *прийняття* рішень засновані на методах обробки *інформації* для отримання знань, а системи *підтримки рішень* засновані на методах безпосередньої обробки *знань*.

5. Аналіз еталонної моделі архітектури Індустрії 4.0

Опис Еталонної моделі архітектури Індустрії 4.0 (Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI4.0)) наведено в [24]. Ця модель архітектури відноситься до *моделей простору моделювання підприємства* за аналогією з пропозиціями які наведено у ENV 40003:1991 [25]. В цій моделі архітектури *простір моделювання* підприємства має три виміри, а саме (див. рис. 6) [25]:

- шари (Layers);
- рівні (Hierarchy Levels);
- життєвий цикл + потік цінностей (Life cycle & Value Stream).

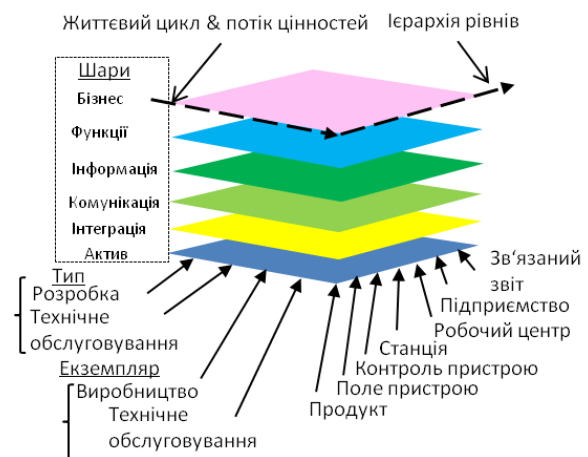


Рис. 6. Еталонна модель архітектури Індустрії 4.0 (RAMI4.0)

Аналіз стандартів, щодо вимог до моделі RAMI 4.0 наведено у [26]. В [27] виділеним *шарам представлень* відповідають стандарти, які встановлюють вимоги до представлень.

В даній Еталонній моделі архітектури простору моделювання введено наступні шари для позначення форм *представлення* підприємства:

- бізнес-представлення;

- функціональне представлення;
- інформаційне представлення;
- комунікаційне представлення;
- інтеграційне представлення;
- представлення активів.

З точки зору формування інтегрованої системи управління підприємством важливим є шар функціонального представлення. Згідно стандарту IEC 62264-1-2014 для моделі RAMI4.0 введено п'ятирівневу функціональну ієрархію системи управління підприємством (рис. 7). На рисунку 8 наведено зміст функцій управління для визначених рівнів функціональної ієрархії цієї системи управління.

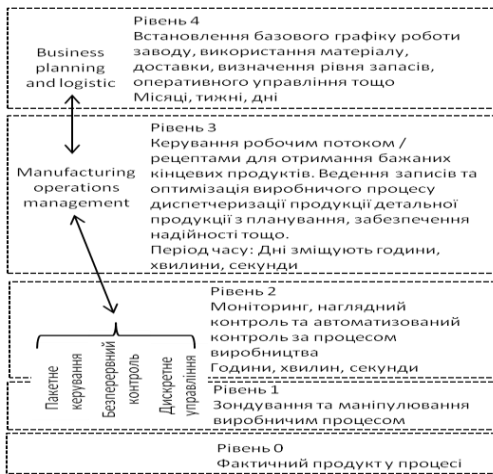


Рис. 7. Стандартна п'ятирівнева функціональна ієрархія системи управління підприємством

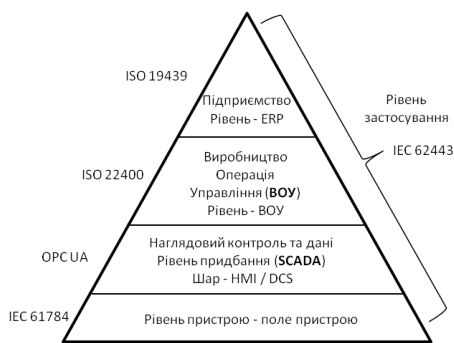


Рис. 8. Співвідношення рівнів ієрархії системи управління та стандартів, які визначають вимоги до функцій [27]

На рисунку 8 згідно [27] рівням ієрархії системи управління співвіднесено відповідні стандарти.

Складність такого підходу полягає в тому, що для різних рівнів п'ятирівневої функціональної ієрархії системи управління підприємством вимоги встановлюються в різних стандартах.

В таблиці 3 наведено характеристику основних інструментів, які були розроблені в концепції «Індустрія 3.0» та надано рекомендації з їх застосування у

платформі «Індустрія 4.0 Україна». Основна увага звертається на розробленість в Індустрії 3.0 методологічних основ формування інтелектуальних систем управління.

Висновки

1. Аналіз рівня розвитку цифровізації промисловості в Індустрії 3.0 показав, що основною методологією формування систем управління виробництвом визнано методологію програмно-цільового управління, на основі якої розроблявся проект ОДАС. Основним методом моделювання автоматизованих систем управління в Індустрії 3.0 визнано метод формування ієрархії структури. Спочатку формується ієрархія цілей, на основі якої потім визначається ієрархія організаційної системи у наступних тотожних формах представлення, а саме: задач; рангів; операцій. Такий підхід забезпечує визначення складу та змісту операцій, які необхідно реалізувати при управлінні. Формування ієрархії організаційної системи, як ієрархії цілей (постановок задач) для кожної організації є унікальною проблемою і визначається стимулом, який формується поза межами самої організації. Це положення відповідає підходу до визначення поняття «ціль» в класичній кібернетичі для автоматичних та автоматизованих систем. Основною проблемою ієрархічного підходу в методології програмно-цільового планування та управління є проблема формування цілі діяльності. Саме відсутність вирішення цієї проблеми на рівні організації й обумовила розвиток автоматизованих під систем управління для вирішення конкретних задач. В цьому підході відсутня вимога формування інтегральної (генеральної) цілі діяльності у явній формі та ієрархії цілей. Вважається, що ієрархія цілей вже сформована на вищому рівні організації. На основі цього розробляються конкретні підсистеми для їх вирішення. Зрозуміло, що при такому підході виникають авторські моделі та методи розробки вказаних систем. Це призводить до вузької спеціалізації розробників таких систем.

2. Одночасно з методом програмно-цільового управління був розроблений метод архітектурного підходу до структуризації системи діалогового управління виробництвом. Головна перевага такого підходу полягає в тому, що архітектура структурного графа системи не залежить від організаційної структури досліджуваної організації. На основі цього було сформовано п'ятирівневий структурний граф системи управління. Для кожного рівня управління сформовано функціональну структуру вирішувальної системи. Принциповим моментом є те, що розроблена архітектура функціональної структури вирішувальної системи є універсальною для всіх

Таблиця 3

Характеристика основних інструментів концепції «Індустрія 3.0» та рекомендації з їх застосування у платформі «Індустрія 4.0 Україна»

Етапи промислових революцій	Метод формування системи управління підприємством	Представлення діяльності підприємства	Реалізація	Оцінка можливого застосування у Платформі «Індустрія 4.0 Україна» розробок інструментів «Індустрії 3.0»
Індустрія 3.0	Програмно-цільове планування та управління	Ієрархія цілей і задач (засобів) на основі <i>організаційного</i> подання	Проект ОГАС [2]. Управління операцією, оперативне управління, автоматичне управління [5]	Оскільки в основу побудови систем управління покладено <i>організаційне</i> подання підприємства, створювані системи управління підприємством завжди будуть <i>унікальними</i> . Це <i>унеможлиблює</i> розробку міжнародного стандарту на такі системи.
		Інтеграція підприємства на основі представлень: – функціонального; – організаційного; – інформаційного; – ресурсного.	Стандарт ІСО 14258 [20] та інші (див. рис. 5)	
	Архітектурний підхід	Ієрархія управляючих моделей на основі <i>функціонального</i> подання	Діалогове управління виробництвом [13]. Інтелектуальна система.	Оскільки в основу побудови систем управління підприємством покладено його <i>функціональне</i> подання, створювані системи управління завжди будуть <i>подібними</i> . Це <i>уможлиблює</i> розробку міжнародного стандарту на такі системи. Такі системи є <i>інтелектуальними</i> , що забезпечує вирішення задач для технологій «Smart grid», «Розумний будинок», «Розумне місто», «Розумний автомобіль» та інші.
Індустрія 4.0	Архітектурний підхід	Інтеграція підприємства на основі представлень (рис. 6):		Основою побудови систем управління підприємством в Концепції «Індустрія 4.0» покладено <i>організаційне</i> представлення, як це вперше запропоновано у принципі програмно-цільового управління. Моделі управління для конкретних рівнів управління (шарів) реалізовані у відповідних <i>незалежних</i> інструментах управління (ERP, MOM, HMI/DCS). Ця обставина <i>унеможлиблює</i> розробку міжнародного стандарту на такі системи.
		– бізнес-представлення	ІСО 19439	
		– функціонального	ІЕС 62264 (ISA-95)	
		– інформаційного	ІЕС 62424	
		– комунікаційного	OPC UA	
		– інтеграційного	ModBus	
		– активів	ІЕС 62360	
		Ієрархія управляючих моделей (ІЕС 62443) (рис. 8)		
		ERP	ІСО 19439 (шар 4, рис. 7, шар А, рис. 2)	
		MOM	ІСО 22400 (шар 3, рис. 7, шар В, рис. 2)	
HMI/DCS	SCADA системи (шари 1,2, рис. 7, шар С/D, рис. 2)			
Рівень обладнання	(шар 0, рис. 7, шар Е, рис. 2)			

п'яти шарів управління і має відповідне математичне обґрунтування. На основі універсальної моделі розробляються математичні моделі для конкретних рівнів управління. Фундаментальною відзнакою такого підходу є те, що в архітектурі вирішувальної

системи застосовується модель об'єкту управління для відповідного рівня.

3. Саме труднощі формування моделі управління для рівня А (див. рис. 3) призвели, в кінцевому рахунку до відмови від застосування таких систем.

В той же час, саме незалежність архітектури функціональної структури вирішувальної системи від рівня управління й робить її привабливою для застосування. При цьому вирішується задача розробки підсистем, яка виникла у методології програмно-цільового управління. Необхідні підсистеми розробляються й включаються до складу вирішувальних систем відповідного рівня управління. При такому підході система управління підприємством буде дійсно інтегрованою.

4. Розглянуті у програмно-цільовому управлінні структурне представлення та у архітектурному підході функціональне представлення є складовими частинами інтегрованого представлення підприємства згідно [15].

5. Саме архітектура функціональної структури системи управління для Δ шару згідно [10] відповідає архітектурі інтелектуальної системи управління, як це визначено у [7]. З цього слідує, що розробка інтелектуалізованих систем управління виробництвом для Індустрії 4.0 неможлива поза межами теорії інтелектуальних систем, яка в свою чергу ґрунтується на теорії функціональних систем [16].

6. Основою побудови систем управління підприємством в Концепції «Індустрія 4.0» покладено організаційне представлення, як це вперше запропоновано у принципі програмно-цільового управління. Моделі управління для конкретних рівнів управління (шарів) реалізовані у відповідних незалежних інструментах управління (ERP, MOM, HMI/DCS). Ця обставина унеможливує розробку міжнародного стандарту на такі системи.

7. В основу побудови систем управління підприємством в Концепції «Індустрія 4.0 Україна» пропонується запровадити його функціональне подання, при цьому, створювані системи управління завжди будуть подібними для різних рівнів (шарів) управління. Це уможливує розробку міжнародного стандарту на такі системи. Такі системи є інтелектуальними, що забезпечує вирішення задач для технологій «Smart grid», «Розумний будинок», «Розумне місто», «Розумний автомобіль» та інші.

Література

1. Юрчак, О. INDUSTRY 4.0 – як уникнути плутанини та об'єднатись [Електронний ресурс] / О. Юрчак. – Режим доступу: <https://industry4-0-ukraine.com.ua/2017/03/06/industry-4-0-як-уникнути-плутанини-та-обедна/> – 01.05.2019.

2. Глушкова, В. ОГАС В. М. Глушкова: История проекта построения информационного общества [Електронний ресурс] / В. Глушкова, С. Жабін. – Режим доступу: <https://commons.com.ua/uk/ogas-v-m-glushkova-istoriya-proekta-postroeniya-informatsionnogo-obshhestva/> – 01.05.2019.

3. Китов, А. И. Электронные цифровые машины [Текст] / А. И. Китов. – М. : Сов. радио, 1956. – 358 с.

4. Китов, А. И. Электронные вычислительные машины [Текст] / А. И. Китов. – М. : Знание, 1958. – 31 с.

5. Поспелов, Г. С. Программно-целевое планирование и управление. (Введение) [Текст] / Г. С. Поспелов, В. А. Ириков. – М. : Сов. радио, 1976. – 440 с.

6. Месарович, М. Д. Теория иерархических многоуровневых систем [Текст] : пер. с англ. / М. Д. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. – М. : Мир, 1973. – 344 с.

7. Доценко, С. І. Уроки кризи класичної кібернетики: причини та сутність [Текст] / С. І. Доценко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2018. – № 4(88). – С. 4-16.

8. Граве, П. С. Кибернетика и психика [Текст] : моногр. / П. С. Граве, Л. А. Растринин ; Ин-т электроники и вычислит. техники. Акад. наук ЛатвССР. – Рига : Зинатне, 1973. – 96 с.

9. Ястребенецкий, М. А. Регулирование безопасности и автоматическое регулирование [Текст] / М. А. Ястребенецкий, В. Н. Васильченко // Ядерная и радиационная безопасность. – 2008. – № 4. – С. 51–57.

10. Ястребенецкий, М. А. Регулирование ядерной и радиационной безопасности как задача системного анализа [Текст] / М. А. Ястребенецкий // Ядерная та радіаційна безпека. – 2010. – №3 (47). – С. 25–32.

11. Харченко, В. С. АСУ эксплуатацией критических объектов в контексте безопасности: системный подход [Текст] / В. А. Сычев, В. С. Харченко // Экология і ресурси : зб. наук. пр. / Рада нац. безпеки і оборони України, Ін-т проблем нац. безпеки. – 2006. – Вып. 15. – С. 163–177.

12. Проектирование подсистем и звеньев автоматизированных систем управления [Текст] : учебн. пособие для вузов / под ред. А. Г. Мамиконова. – М. : «Высшая школа», 1975. – 248 с.

13. Мельцер, М. И. Диалоговое управление производством (модели и алгоритмы) [Текст] / М. И. Мельцер. – М. : Финансы и статистика, 1983. – 240 с.

14. Эпштейн, В. Л. Языковые средства архитектора АСУ [Текст] / В. Л. Эпштейн, В. И. Сеничкин. – М. : Энергия, 1979. – 136 с.

15. Месарович, М. Общая теория систем: математические основы [Текст] / М. Месарович, Я. Такахара ; пер. с англ. : Э. Л. Наппельбаум ; под ред. : С. В. Емельянова. – М. : Мир, 1978. – 311 с.

16. Довгялло, А. М. Диалог пользователя и ЭВМ. Основы проектирования и реализации [Текст] / А. М. Довгялло. – Киев : Наук. Думка, 1981. – 232 с.

17. Анохин, П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем [Текст] / П. К. Анохин // В кн. Очерки по физиологии функциональных систем. – М. : Медицина, 1975. – С. 17–62.

18. Чечкин, А. В. Слабо формальные системы [Электронный ресурс] / А. В. Чечкин // Интеллектуальные системы. – М. : МГУ, 2007. – Т. 11, вып. 1-4. – С. 137–158. – Режим доступа: <http://www.intsys.msu.ru/magazine/archive/v11%281-4%29/chechkin-137-158.pdf>. – 01.05.2019.

19. Пупков, К. А. *Интеллектуальные системы (Исследование и создание) [Текст] : учеб. пособие / К. А. Пупков, В. Г. Коньков. – Издание первое. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 194 с.*

20. ISO 14258:1998 "Industrial automation systems – Concepts and rules for enterprise models", IDT. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data/484/48408.pdf> – 01.05.2019.

21. *Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи [Текст] / В. Н. Волкова, В. А. Воронков, А. А. Денисов и др. – М. : Радио и связь. 1983. – 248 с.*

22. ГОСТ Р 54136-2010 *Системы промышленной автоматизации и интеграция. Руководство по применению стандартов, структура и словарь [Электронный ресурс] / Национальный стандарт Российской Федерации. Дата введения 21.12.2010. – М. : Стандартинформ, 2012. – 32 с. – Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/51/51439.shtml> – 01.05.2019.*

23. *Паспорт спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0047330-07>. – 01.05.2019.*

24. Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI4.0). July 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Themen/Industrie_4.0/Das_Referenzarchitekturmodell_RAMI_4.0_und_die_Industrie_4.0-Komponente/pdf/5305_Publikation_GMA_Status_Report_ZVEI_Reference_Architecture_Model.pdf. – 01.05.2019.

25. DIN V ENV 40003-1991 *Computer Integrated Manufacturing (CIM); systems architecture; framework for enterprise modeling 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://infostore.saiglobal.com/eng/Standards/DIN-V-ENV-40003-1991-431120_SAIG_DIN_DIN_973998/. – 01.05.2019.*

26. *Industry 4.0 Standards Supporting Interoperability of Industry 4.0 Standards by means of Semantic Technologies. For the latest version of Standards Landscape visit our GitHub Page [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://i40.semantic-interoperability.org/index.html#portfolio>. – 01.05.2019.*

27 *The Industry 4.0 Standards Landscape from a Semantic Integration Perspective [Электронный ресурс] / Irlán Grangel-González, Paul Baptista, Lavdim Halilaj, Steffen Lohmann, Maria-Esther Vidal, Christian Mader, Sören Aue // 2017 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 12-15 Sept. 2017. – Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8247584/>. – 01.05.2019.
DOI: 10.1109/ETFA.2017.8247584*

References

1. Yurchak, O. *INDUSTRY 4.0 – yak uniknuti plutanini ta ob'ednatis' [INDUSTRY 4.0 – how to avoid confusion and unite]. Available at: <https://industry4-0-ukraine.com.ua/2017/03/06/industry-4-0-%D1%8F%D0%BA-%D1%83%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BD%D1%83%D1%82%D0%B8-%D0%BF%D0%BB%D1%83%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%B8-%D1%82%D0>*

%B0-%D0%BE%D0%B1%D1%94%D0%B4%D0%BD%D0%B0/ (accessed 01.05.2019) (in Ukrainian).

2. Glushkova, V., Zhabin, S. *OGAS V. M. Glushkova: Istoriya proekta postroeniya informatsionnogo obshchestva [OGAS V. M. Glushkova: History of the Information Society Building Project]. Available at: <https://commons.com.ua/uk/ogas-v-m-glushkova-istoriya-proekta-postroeniya-informatsionnogo-obshchestva/> (accessed 01.05.2019) (in Russian).*

3. Kitov, A. I. *Elektronnye tsifrovye mashiny [Electronic digital machines]. Moscow, Sov. Radio Publ., 1956. 358 p.*

4. Kitov, A. I. *Elektronnye vychislitel'nye mashiny [Electronic computers]. Moscow, Znanie Publ., 1958. 31 p.*

5. Pospelov, G. S., Irikov, V. A. *Programmno-tselevoe planirovanie i upravlenie (Vvedenie) [Program-oriented planning and management. (Introduction)] Moscow, Sov. Radio Publ., 1976. 440 p.*

6. Mesarovich, M. D., Mako, D. Takakhara, I. *Teoriya ierarkhicheskikh mnogourovnevnykh sistem [Theory of Hierarchical Multilevel Systems]. Moscow, Mir Publ., 1973. 344 p.*

7. Dotsenko, S. I. *Uroky kryzy klasychnoy kibernetiky: prychny ta sutnist' [Lessons from the crisis of classical cybernetics: causes and essence]. Radioelektronni i komp'uterni sistemi - Radioelectronic and computer systems, 2018, no. 4(88), pp. 4-16.*

8. Grave, P. S., Rastrigin, L. A. *Kibernetika i psikhika : monografiya [Cybernetics and the psyche: a monograph]. Cybernetics and the psyche: a monograph In-t elektroniki i vychislit. tekhniki. Akad. nauk LatvSSR, Riga, Zinatne Publ., 1973. 96 p.*

9. Yastrebenetskii, M. A. Vasil'chenko, V. N. *Regulirovanie bezopasnosti i avtomaticheskoe regulirovanie [Safety regulation and automatic regulation]. Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost', 2008, no. 4, pp. 51–57.*

10. Yastrebenetskii, M. A. *Regulirovanie yadernoi i radiatsionnoi bezopasnosti kak zadacha sistemnogo analiza [Regulation of nuclear and radiation safety as a system analysis task]. Yaderna ta radiatsiina bezpeka, 2010, no. 3 (47), pp. 25–32.*

11. Kharchenko, V. S., Sychev, V. A. *ASU ekspluatatsiei kriticheskikh ob'ektov v kontekste bezopasnosti: sistemnyi podkhod [ACS for the operation of critical facilities in the security context: a systematic approach]. Ekologiya i resursi : zb. nauk. pr., Rada nats. bezpeki i oboroni Ukraïni, In-t problem nats. Bezpeki, 2006, no. 15, pp. 163–177.*

12. Mamikonov, A. G. (ed.) *Proektirovanie podsistem i zven'ev avtomatizirovannykh sistem upravleniya [Designing subsystems and links of automated control systems]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1975. 248 p.*

13. Mel'tser, M. I. *Dialogovoe upravlenie proizvodstvom (modeli i algoritmy) [Interactive production management (models and algorithms)]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1983. 240 p.*

14. Epshtein, V. L., Senichkin, V. I. *Yazykovye sredstva arkhitektora ASU [Language tools of the architect ACS]. Moscow, Energiya Publ., 1979. 137 p.*

15. Mesarovich, M., Takakhara, Ya. *Obshchaya teoriya sistem: matematicheskie osnovy [General Systems Theory: Mathematical Foundations]. Moscow, Mir Publ., 1978. 311 p.*

16. Dovgyallo, A. M. *Dialog pol'zovatelya i EVM. Osnovy proektirovaniya i realizatsii* [Dialogue of the user and the computer. Basics of design and implementation]. Kiev, Nauk. Dumka Publ., 1981. 232 p.
17. Anokhin, P. K. *Printsypial'nye voprosy obshchei teorii funktsional'nykh sistem* [The fundamental questions of the general theory of functional systems] *V kn. Ocherki po fiziologii funktsional'nykh sistem* [In the book. Essays on the physiology of functional systems]. Moscow, Meditsina Publ, 1975, pp. 17–62.
18. Chechkin, A. V. Slabo formal'nye sistemy [Weakly formal systems]. *Intellektual'nye sistemy*, Moscow, MGU, 2007, vol. 11, no. 1-4, pp. 137–158. Available at: <http://www.intsys.msu.ru/magazine/archive/v11%281-4%29/chechkin-137-158.pdf>. (accessed 01.05.2019) (in Russian).
19. Pupkov, K. A., Kon'kov, V. G. *Intellektual'nye sistemy (Issledovanie i sozdanie). Ucheb. posobie* [Intelligent Systems (Research and Creation)]. Moscow, Izd-vo MGTU im. N. E. Baumana Publ., 2001. 194 p.
20. ISO 14258:1998 "Industrial automation systems – Concepts and rules for enterprise models", IDT. Available at: <https://files.stroyinf.ru/Data/484/48408.pdf> (accessed 01.05.2019)
21. Volkova, V. N., Voronkov, V. A., Denisov, A. A. *Teoriya sistem i metody sistemnogo analiza v upravlenii i svyazi* [Systems theory and systems analysis methods in management and communication]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1983. 248 p.
22. GOST R 54136-2010 *Sistemy promyshlennoi avtomatizatsii i integratsiya. Rukovodstvo po primeneniyu standartov, struktura i slovar'*. Natsional'nyi standart Rossiiskoi Federatsii Data vvedeniya 21.12.2010, Moscow, 2012. 32 p. Available at: <http://vse gost.com/Catalog/51/51439.shtml> (accessed 01.05.2019)
23. Pasport spetsial'nosti 05.13.06 – Informatsiyni tekhnologii [Specialty passport 05.13.06 - Information technologies]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0047330-07>. (accessed 01.05.2019)
24. Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI4.0). Available at: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Themen/Industrie_4.0/Das_Referenzarchitekturmodell_RAMI_4.0_und_die_Industrie_4.0-Komponente/pdf/5305_Publikation_GMA_Status_Report_ZVEI_Reference_Architecture_Model.pdf. (accessed 01.05.2019).
25. *DIN V EVN 40003-1991 Computer Integrated Manufacturing (CIM); systems architecture; framework for enterprise modeling*. Available at: https://infostore.saiglobal.com/en-gb/Standards/DIN-V-ENV-40003-1991-431120_SAIG_DIN_DIN_973998/ (accessed 01.05.2019).
26. *Industry 4.0 Standards Supporting Interoperability of Industry 4.0 Standards by means of Semantic Technologies. For the latest version of Standards Landscape visit our GitHub Page*. Available at: <http://i40.semantic-interoperability.org/index.html#portfolio>. (accessed 01.05.2019).
27. Grangel-González, Irlán., Baptista, Paul., Halilaj, Lavdim., Lohmann, Steffen., Vidal, Maria-Esther., Mader, Christian., Aue, Sören. The Industry 4.0 Standards Landscape from a Semantic Integration Perspective. *2017 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, 12-15 Sept. 2017. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8247584/>. DOI: 10.1109/ETFA.2017.8247584 (accessed 01.05.2019).

Поступила в редакцію 1.06.2019, рассмотрена на редколлегии 12.06.2019

АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ В ИНДУСТРИИ 3.0: ДВИЖЕНИЕ К ИНДУСТРИИ 4.0

С. И. Доценко, О. А. Ильяшенко, С. С. Каменский,
Д. Р. Купрейшвили, В. С. Харченко

Анализ уровня развития цифровизации промышленности в Индустрии 3.0 показал, что основной методологии формирования систем управления производством признано методологию программно-целевого управления, на основе которой разрабатывался проект ОДАС. Основным методом моделирования автоматизированных систем управления в индустрии 3.0 признан метод формирования иерархии структуры. Сначала формируется иерархия целей, на основе которой затем определяется иерархия организационной системы в следующих тождественных формах представления, а именно: задач; рангов; операций. Такой подход обеспечивает определение состава и содержания операций, которые необходимо реализовывать при управлении. Основной проблемой иерархического подхода в методологии программно-целевого планирования и управления является проблема формирования цели деятельности. В этом подходе отсутствует требование формирования интегральной (генеральной) цели деятельности в явной форме и иерархии целей. Одновременно с методом программно-целевого управления был разработан метод архитектурного подхода к структуризации системы диалогового управления производством. Главное преимущество такого подхода заключается в том, что архитектура структурного графа системы не зависит от организационной структуры исследуемой организации. На основе этого был сформирован пятиуровневый структурный граф системы управления. Для каждого уровня управления сформирована функциональная структура решающей системы. Принципиальным моментом является то, что разработанная архитектура функциональной структуры решающей системы является универсальной для всех пяти слоев управления и имеет соответствующее математическое обоснование. Фундаментальным отличием такого подхода является то, что в архитектуре решающей системы применяется модель объекта управления для соответствующего уровня. Рассмотренные в программно-целевом управлении структурное представление и в архитектурном подходе функциональное представление являются составными частями интегрированного представления предприятия. Именно архитектура функциональной структуры системы управления для Δ слоя соответствует архитектуре интеллектуальной системы

управления. Из этого следует, что разработка интеллектуальных систем управления производством для Индустрии 4.0 невозможна вне теории интеллектуальных систем, которая в свою очередь основывается на теории функциональных систем.

Ключевые слова: информационно-управляющая система; методология; иерархия; структура; функции; представления.

ANALYSIS OF METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF ENTERPRISES' INFORMATION-MANAGING SYSTEMS FORMATION IN INDUSTRY 3.0: MOVEMENT TOWARDS INDUSTRY 4.0

*S. Dotsenko, O. Illiashenko, S. Kamensky,
D. Kupreishvili, V. Kharchenko*

The analysis of the level of development of industry digitalization in Industry 3.0 has shown that the main methodology of the formation of production management systems is recognized by the methodology of software and target management, which is the basis for the developed ODAS draft. The basic method of automated control systems modeling in Industry 3.0 is the method of forming a structured hierarchy. In the beginning, a hierarchy of goals is formed, and then the hierarchy of the organizational system is determined in the following identical forms of representation, namely: tasks; ranks; operations. Such an approach provides for the definition of the composition and content of operations that need to be implemented in management. The main problem of the hierarchical approach in the methodology of programmatic planning and management is the problem of forming the goal of the activity. In this approach, there is no requirement for the formation of an integral (general) purpose of the activity in the explicit form and hierarchy of goals. Simultaneously with the method of software-targeted management, the method of an architectural approach to the structuring of the system of production control dialogue was developed. The main advantage of this approach is that the architecture of the structural graph of the system does not depend on the organizational structure of the investigated organization. On this basis, a five-level structural graph of the control system was formed. For each level of management, the functional structure of the deciding system is formed. The crucial point is that the developed architecture of the functional structure of the deciding system is universal for all five layers of management and has the appropriate mathematical justification. The fundamental difference between this approach is that in the architecture of the decisive system, the model of the control object for the corresponding level is used. The structural representation of the software-target management and the functional representation in the architectural approach are integral parts of the integrated representation of the enterprise. It is the architecture of the functional structure of the control system for the layer Δ corresponding to the architecture of the intelligent control system. It follows that the development of intelligent production management systems for Industry 4.0 is not possible outside the theory of intellectual systems, which in turn is based on the theory of functional systems.

Keywords: information management system; methodology; hierarchy; structure; functions; representations.

Доценко Серій Ілліч – д-р техн. наук, доцент, професор кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна.

Ілляшенко Олег Олександрович – канд. техн. наук, старший викладач кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Каменський Сергій – аспірант кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна.

Купрейшвілі Діна Рамазіївна – магістрант кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна.

Харченко Вячеслав Сергійович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Dotsenko Sergiy – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor Department of specialized computer systems. Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, e-mail: sirius_3k3@ukr.net, ORCID Author ID: 0000-0003-3021-4192, <https://scholar.google.com.ua/citations?user=72aFFRkAAAAJ&hl=ru>

Illiashenko Oleg – PhD in Technical Science, Senior Lecturer of Department of computer systems, networks and cybersecurity, National Aerospace University "Kharkov Aviation Institute", Kharkov, Ukraine, e-mail: o.illiashenko@khai.edu, ORCID Author ID: 0000-0002-4672-6400, Scopus Author ID: 55842633400, ResearcherID: I-9487-2018, <https://scholar.google.com.ua/citations?user=zwBQT00AAAAJ&hl>

Kamenskyi Sergiy – postgraduate student, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, e-mail: mimonarch@gmail.com.

Kupreishvili Dina – graduate student Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, e-mail: dkupreishvili@gmail.com.

Kharchenko Vyacheslav – Doctor of Technical Science, Professor, Head of Department of Computer systems, networks and cybersecurity, National Aerospace University "Kharkov Aviation Institute", Kharkov, Ukraine, e-mail: v.kharchenko@csn.khai.edu, ORCID Author ID: 0000-0001-5352-077X, Scopus Author ID: 22034616000, ResearcherID: A-7719-2017, <https://scholar.google.com.ua/citations?user=FQ4dH4EAAAAJ&hl>