

Голові спеціалізованої
вченої ради Д 64.052.08
у Харківському національному
університеті радіоелектроніки,
просп. Науки, 14, м. Харків, 61166

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора,
Ректора Східноукраїнського національного університету
ім. Володимира Даля,

Поркуян Ольги Вікторівни

на дисертацію **Євсєєва Владислава В'ячеславовича**
«Методи та моделі кібер-фізичного керування процесами в
організаційно-технічних виробничих об'єктах»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування

Актуальність теми

Конкурентоспроможність сучасних виробничих підприємств у будь-якій галузі промисловості багато в чому залежить від темпів впровадження на них найсучасніших інтелектуальних, цифрових і мережових технологій, які дозволять значно збільшити продуктивність і надійність технологічних систем, підвищити якість виготовленої продукції. Передусім розвиток цього напрямку удосконалення виробничих систем пов'язаний із реалізацією концепцій Індустрії 4.0 та «розумного виробництва», які базуються на використанні хмарних технологій і кібер-фізичних систем для керування процесами життєвого циклу виробів у режимі реального часу та покликані у майбутньому сприяти створенню так званих «безлюдних заводів».

Та незважаючи на те, що за даною тематикою в усьому світі проводиться за сприяння передових промислових підприємств велика кількість наукових досліджень, які спрямовані на пошук ефективних заходів і засобів для керування різноманітними організаційно-технічними виробничими об'єктами, єдиний підхід до вирішення цього завдання ще досі відсутній, враховуючи численні відмінності у процесі впровадження кібернетичних систем на кожному з підприємств, які виготовляють високотехнологічну продукцію та зацікавлені у

ХНУРЕ
Відгук № 01/21-536
- 16 - 04 2016р.

постійному нарощуванні темпів виробництва, зокрема, наприклад, за рахунок створення гнучких автоматичних ліній і роботизованих технологічних комплексів. Отже, напрям дисертаційних досліджень Євсєєва В. В. є актуальним, оскільки він пов'язаний із вирішенням наукової проблеми підвищення ефективності автоматизації виробничих підприємств шляхом вдосконалення процесів керування складними організаційно-технічними виробничими об'єктами за рахунок розробки комплексу моделей, методів і технологій, а також алгоритмічного та програмного забезпечення на базі кіберфізичних систем.

Дослідження, результати яких викладені в дисертаційній роботі, проводилися відповідно до держбюджетних науково-дослідних робіт, виконаних у Харківському національному університеті радіоелектроніки, в яких автор брав участь як виконавець: «Теоретичні основи створення перспективних компонентів мікроелектромеханічних систем та технологій їх виробництва» (ДР №0108U002216); «Теоретичні основи мікроелектромеханічних систем, проектування та технології їх виробництва для гнучких інтегрованих систем» (ДР№ 0110U002594); «Створення експериментальних зразків компонентів мікросистемної техніки для виробництв з інтелектуальними властивостями і їх впровадження» (ДР № 0113U0003582); «Створення мікрооптоелектромеханічних засобів для інтелектуальних технологічних систем промислового обладнання та робототехніки» (ДР№ 0115U002433), «Безскладальні гнучко-жорсткі конструкції зі змінною конфігурацією для мікросистемної техніки та інтелектуальних роботів» (ДР № 0117U002529), що також підтверджує актуальність роботи.

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Виконані автором дослідження базуються на всебічному та ретельному огляді наукових і прикладних досягнень у галузі методів і моделей розробки кіберфізичних систем і їх впровадження на промислових підприємствах. У дисертації визначена сукупність завдань для досягнення основної мети дисертаційної роботи. Отримані автором теоретичні та практичні результати, викладені у дисертаційній роботі, мають достатній рівень обґрунтованості внаслідок використання великої кількості сучасних теорій і методів наукових досліджень, зокрема теорії мультисистем і моносистем, теорії графів, теорії множин, теорії розширеної форми Бекуса-Наура, теорії баз знань, методів формалізованого представлення систем, методів теоретико-множинного

представлення, методів структуризації та теорії апарату регулярних схем і алгоритмічних алгебр, інфологічної логіки предикатів і методів синтезу, теорії системного аналізу тощо.

Достовірність результатів досліджень забезпечується підтвердженням теоретичних результатів у моделюючих та експериментальних дослідженнях, а також достатнім рівнем апробації та освітленням у наукових виданнях.

Наукова новизна результатів досліджень.

У дисертаційній роботі вирішена актуальна наукова проблема розробки теоретичних основ створення методів, моделей і технологій керування процесами в складних організаційно-технічних виробничих об'єктах на базі кібер-фізичних систем у рамках реалізації засад концепції Індустрії 4.0. Основні узагальнені нові наукові результати Євсєєва В. В. полягають у наступному.

Вперше:

– запропоновано архітектурно-логічну модель декомпозиції кібер-фізичного керування процесами в складних організаційно-технічних об'єктах, що дає можливість представити керування процесом у вигляді єдиного інформаційного простору, який об'єднує в собі фізичні, кібернетичні та стратегічні складові;

– запропоновано взаємопов'язані методи керування процесами в організаційно-технічних об'єктах як логічно узгоджені послідовності прийняття рішень, котрі формуються на фізичному рівні за допомогою апаратних засобів;

– запропоновано технологію розробки кібер-фізичних виробничих систем, яка дозволяє представити їх структуру як логічно пов'язану послідовність алгоритмів функціонування кожного рівня, що дає можливість реалізувати гнучкість процесу керування організаційно-технічним об'єктом;

– розроблено модель формалізації кібернетичної складової організаційно-технічного об'єкта, яка дозволяє представити людино-машинний інтерфейс у вигляді взаємопов'язаних багаторівневих графічних елементів з урахуванням параметрів і подій;

– запропоновано структурне представлення кібернетичної складової організаційно-технічного об'єкта у вигляді математичного опису зв'язків між основними елементами людино-машинного інтерфейсу;

– розроблено синтаксичну та семантичну моделі декларативної мови визначення та маніпулювання даними предметної області, близької до підмножини природної мови.

Удосконалено:

– метод представлення структурних системних моделей кібер-фізичного керування, що дозволило формалізувати алгоритми функціонування в системній моделі, який, на відмінну від існуючих, дає можливість побудови структурних і подієвих моделей функціонування організаційно-технічного об'єкта;

– метод синтезу алгоритмів функціонування кібер-фізичного керування, що дозволяє об'єднати алгоритми функціонування кожного рівня керування організаційно-технічним об'єктом в єдину систему функціонування, який, на відміну від існуючих методів, дозволяє мінімізувати кількість операторів і спростити структуру системи функціонування організаційно-технічного об'єкту;

– модель життєвого циклу керування організаційно-технічним об'єктом, що дає можливість автоматизувати процес керування кібернетичною складовою організаційно-технічного об'єкта.

Також отримала подальший розвиток методологія сигнально-кової конструкції, на базі якої запропонований метод графічного представлення конструкції кібернетичної складової організаційно-технічного об'єкта, який, на відміну від існуючих, дозволяє відображати взаємодію основних елементів людино-машинного інтерфейсу для редукації розробки структури.

Практична цінність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі

Практичне значення отриманих теоретичних результатів дисертаційної роботи полягає у розробці методів і моделей керування процесами у складних організаційно-технічних виробничих об'єктах на базі кібер-фізичних систем і підтверджується актами впровадження, котрі доводять коректність теоретичних положень дисертаційної роботи, високу якість розроблених моделей і методів.

Результати дисертаційної роботи реалізовано у вигляді програмного забезпечення «Система розробки кібернетичної складової для автоматизації процесів керування організаційно-технічним виробничим об'єктом» та впроваджено у виробничий процес АТ «Мотор Січ»; ТОВ «НВП «УКРІНТЕХ», а також в освітній процес Кременчуцького національного університету імені М. Остроградського, Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна; Національного університету «Запорізька політехніка». Викладені рішення з розробки систем автоматизації процесів керування розробкою кібер-фізичних систем також захищені 9 авторськими свідоцтвами.

Впровадження розроблених в дисертаційній роботі методів і моделей в модернізацію існуючих і розробку перспективних систем керування процесами в організаційно-технічних виробничих об'єктах дозволяє скоротити час запуску виробництва та підвищити його продуктивність і ритмічність.

Апробація та повнота викладення основних результатів дисертації в опублікованих працях

Основні наукові положення, результати, висновки та рекомендації дисертаційної роботи отримані автором самостійно. За темою дисертації опубліковано 54 наукових праці, у тому числі: 22 статті у наукових виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами (Scopus, Cross Ref, EBSCO, Index Copernicus тощо), з них 18 у фахових виданнях, 1 – у журналі категорії А, 1 – у зарубіжному науковому періодичному виданні, що індексується у наукометричній базі Scopus, 2 – у наукових періодичних виданнях інших держав, з яких 1 стаття у періодичному науковому виданні країни Європейського Союзу, 5 статей написані без співавторів; 9 свідoctв про реєстрацію авторського права України на твір, з них 1 – без співавторів. Крім того, результати дисертаційних досліджень опубліковано у 23 тезах доповідей у матеріалах різнорівневих конференцій.

Опубліковані праці повною мірою відображають матеріали дисертаційної роботи. Основні результати дисертації здобувача пройшли апробацію на достатній кількості міжнародних наукових, науково-технічних і науково-практичних конференцій.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності й оформлення

У першому розділі здобувачем виконано ретельний аналіз сучасного стану розробки та впровадження на промислових підприємствах систем керування процесами у складних організаційно-технічних виробничих об'єктах у рамках концепції Індустрії 4.0, зокрема виявлено основні недосконалості моделей і методів керування кібер-фізичними виробничими системами під час використання їх в умовах сучасного виробництва, а також виявлено відмінності та недоліки відомих архітектур моделей кібер-фізичних систем, які використовуються для автоматизації керування процесами в організаційно-технічних об'єктах. На основі виконаного аналізу сформульовано мету та завдання дисертаційних досліджень.

Запропоновано методологію та розроблено узагальнену схему теоретичних, експериментальних і практичних досліджень, які передбачають розробку нових і вдосконалення існуючих математичних методів, моделей,

технології, алгоритмічного та програмного забезпечення управління організаційно-технічними об'єктами на базі кібер-фізичних виробничих систем для розв'язання задачі підвищення продуктивності та ритмічності виробництва від впровадження результатів дослідження.

Другий розділ присвячено розробленню архітектурно-логічної моделі (АЛМ) керування процесами в складних організаційно-технічних виробничих об'єктах на базі кібер-фізичних систем. Зокрема запропоновано п'ятирівневу декомпозицію АЛМ, визначена структура кожного етапу АЛМ керування, яка містить логічно взаємопов'язану послідовність функціонального, організаційно-технічного етапів для фізичної складової та інфологічного, інформаційного й алгоритмічного етапів для кібернетичної складової. Також обґрунтовано необхідність використання стратегічного етапу на початковому етапі АЛМ керування процесами в складних організаційно-технічних виробничих об'єктах і запропоновано формалізацію всіх рівнів.

На базі розробленої АЛМ запропоновано технологію розробки кібер-фізичних виробничих систем, яка реалізована на базі теоретико-множинного представлення інформаційних блоків за кожним етапом і рівнем АЛМ, а також методів їх структуризації, що дозволило реалізувати гнучкість керування процесами в організаційно-технічних виробничих об'єктах.

Третій розділ дисертаційної роботи містить результати розроблення методу синтезу алгоритмів функціонування кібер-фізичних виробничих систем, який дає можливість автоматизувати процес розробки узагальненого алгоритму функціонування таких систем для керування процесами в складних організаційно-технічних виробничих об'єктах. Для цього системну функціональну модель визначено як графічне представлення, в якому вузли – об'єкти, що відповідають етапам і рівням розробки кібер-фізичних систем, а ребра – канали зв'язків між ними.

Проведений розгляд методів формалізації, побудови та перетворення структур і алгоритмів показав, що для опису структури та зв'язків у системних моделях можна використати теорію графів.

Побудовано граф досягнення головної мети розробки кібер-фізичної системи, проведено декомпозицію його рівнів. Представлено граф системної моделі організаційно-технічного етапу. На базі запропонованого методу можна побудувати комплекс системних моделей організаційно-технічного етапу для аналізу досліджень прийнятих рішень на будь-якому рівні декомпозиції.

Розроблено графові системні модель інфологічного й інформаційного етапів етапу та описано їхні рівні.

Для формалізації системних моделей було запропоновано використовувати математичний апарат регулярних схем алгоритму і алгоритмічних алгебр. На базі розробленої мови формалізації системних моделей представлено алгебраїчний опис всіх операторів і умов їх взаємодії у вигляді алгоритму функціонування на всіх етапах і рівнях декомпозиції кібер-фізичної виробничої системи.

У четвертому розділі автором розроблено методи та моделі автоматизації створення кібернетичної складової для керування процесами у складних організаційно-технічних виробничих об'єктах на базі кібер-фізичних виробничих систем. На початковому етапі цієї частини дисертаційних досліджень формалізовано процес розробки кібернетичної складової. Для опису сукупності правил і структурування даних в об'єкті моделювання розроблено словник опису та трактування базових понять, який складений для множини концепцій уявлення об'єкта моделювання.

Для реалізації автоматизації розробки адитивного кібер-дизайну для керування процесами в складних організаційно-технічних виробничих об'єктах розроблено метод синтезу візуальних компонентів на базі алгоритму функціонування, який буде забезпечувати повноту опису вхідних даних, логічний взаємозв'язок між ними та властивостями основних параметрів, притаманних елементам об'єктно-орієнтованих мов високого рівня програмування й інтерфейсу користувача. Наведено структурне подання кібернетичної складової та зв'язків між деякими виділеними й унікально ідентифікованими частинами предметної області. Для спрощення графічного представлення взаємодії між ними на базі отриманих алгоритмів функціонування було адаптовано методологію Константайна. Грунтуючись на специфіці завдань дослідження та виходячи зі складності візуального представлення інформації та її кількості, запропоновано використовувати методологію сигнально-кової конструкції, яка представляється в блоковому вигляді, де кожен блок є модулем, тобто модель відносин ієрархії між формами кіберскладової кібер-фізичної виробничої системи.

На базі запропонованого математичного опису, а також графічних елементів у вигляді наведених співвідношень, було проведено формальний опис значень і «лінгвістичних змінних», які відповідають опису властивостей і подій властивих формі і графічним елементам інтерфейсу розробника.

Отримані результати дозволять спростити процес розробки кібернетичної складової кібер-фізичної виробничої системи, забезпечити автоматизацію даного процесу з метою скорочення часу реалізації програмних рішень.

П'ятий розділ дисертаційної роботи присвячено викладенню результатів розробки синтаксичної та семантичної моделей мови визначення й опису моделювання кібернетичної складової для керування процесами в складних організаційно-технічних виробничих об'єктах на базі кібер-фізичних виробничих систем.

Було розроблено спеціальну мову, що поєднує в собі простоту синтаксису й опису даних, яка побудована на базі близької до природної мови, що дає зрозумілість і інтуїтивність використання кібер-фізичних виробничих систем, а також представлення даних предметної області, котра моделюється, для всіх учасників. Наведено опис синтаксису розробленої мови моделювання. Зображено синтаксичну діаграму мовної моделі, на основі якої запропоновано метаопис подій, побудовано синтаксичну діаграму типів представлення значень ідентифікаторів. Розроблене представлення дозволяє адаптувати метаопис до будь-якої об'єктно-орієнтованої мови, що дасть можливість розробнику кібер-фізичних виробничих систем розширювати базу знань і дозволить скоротити час на розробку та модифікацію кібернетичної складової для керування процесами в складних організаційно-технічних виробничих об'єктах.

У шостому розділі викладено результати експериментальних досліджень запропонованих автором нових і удосконалених моделей та методів, які реалізовані у вигляді розробленого програмного забезпечення «Система розробки кібернетичної складової для автоматизації процесів керування організаційно-технічним виробничим об'єктом».

Запропоновано структуру системи розробки кібернетичної складової для автоматизації процесів керування організаційно-технічним виробничим об'єктом, обґрунтовано вибір середовища розробки та мови високого рівня програмування. Розроблено логічну структуру бази даних, що представлена у вигляді модулів, які виконують довідкову та накопичувальну функції, а також реалізують фізичне зберігання шаблонів з мінімальною і необхідною структурою кожної мови програмування для компіляції порожнього проекту. Наведено інформаційну модель довідкової бази даних для зберігання синтаксису мови SQL, а також фізичну модель довідкової БД для зберігання шаблонів команд SQL. Розроблена здобувачем система дозволяє автоматизувати процес управління розробкою кібер-фізичних виробничих

систем з «нуля», а також дає можливість автоматизувати процес управління розробкою кібернетичної складової для модернізації та удосконалення вже існуючих кібер-фізичних систем.

Також наведено результати апробації запропонованих методів, моделей і розробленого програмного забезпечення на промислових підприємствах України, що підтверджують їхню прикладну спрямованість і доводять велику практичну цінність.

Слід відзначити, що робота Євсєєва В. В. являє собою закінчене та цілісне наукове дослідження з чіткою структурою та логічним викладенням матеріалу, написана технічно грамотно. Вона узагальнює та розвиває дослідження автора, проведені у рамках виконання ним науково-дослідних робіт.

Обсяг та структура роботи, а також її оформлення відповідають вимогам щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Стиль викладення матеріалів досліджень, наукових положень і висновків у дисертаційній роботі в цілому забезпечує їх сприйняття.

Автор використав достатню кількість літературних джерел, а також сучасну наукову та технічну термінологію. Зміст і результати дисертаційних досліджень викладено аргументовано, теоретичні висновки підтверджені за рахунок їх практичної реалізації.

Автореферат дисертації повністю відповідає змісту дисертаційної роботи, висвітлює основні отримані результати, зроблені висновки.

Зауваження щодо змісту дисертації та автореферату

Разом із тим можна зазначити такі недоліки та зауваження до дисертаційної роботи:

1. У тексті дисертаційної роботи та в авторефераті застосовуються поняття «математичне уявлення» і схожі словосполучення, у яких, виходячи з контексту викладеного матеріалу дисертаційних досліджень, було б більш коректно використати термін «представлення» чи «подання».

2. У деяких частинах тексту дисертаційної роботи, зокрема у розділах 2-4, не зовсім зрозумілим є те, чи певні математичні вирази, теореми, схеми тощо запропоновані особисто автором роботи чи якісь з них є відомими та використані як основа для розробки власних моделей і методів. Можна було б більш детально це уточнити, щоб під час ознайомлення з дисертацією у читача не виникало поточної необхідності звертання до використаних джерел посилань.

3. Метод декомпозиції архітектурно-логічних моделей не є достатньо формалізованим;

4. У методі прийняття рішень (стор. 129) обговорюються «сильні» та «слабкі» зв'язки, проте ступінь зв'язків не описується кількісно;

5. У розділі 4 досить великий об'єм матеріалу присвячується структурі адитивного кібер-дизайну, проте сам термін «кібер-дизайн» формально не вводить і не пояснюється;

6. На стор. 204 дисертації відсутній знак переносу у слові «метаданими», що ускладнює сприйняття змісту наведеного речення.

7 У назві рисунку 6.8 (стор. 275) потрібно було б використати додаткове уточнювальне слово стосовно словосполучення «зберігання SQL», оскільки з формулювання наведеної назви не зовсім зрозуміло, про що саме йдеться – про команди, запити, чи про синтаксис.

8 Хоча у переліку скорочень і присутня розшифровка скорочення «ТЗ» («технічне завдання»), згідно з правилами оформлення дисертаційних робіт необхідно було б навести її і у тексті самої дисертації під час першого використання. Те ж саме стосується скорочення «ПП» (програмний продукт).

Також у переліку скорочень наведено позначення «СКБД», а у тексті замість нього використано скорочення «СУБД».

9. На рисунку 6.35 погано видно позначені цифрами позиції, що пояснюють склад автоматизованого робочого місця оператора керування гідравлічного преса, у модернізації якого автор брав участь.

10. На стор. 327 у першому пункті висновків до розділу 6 друге речення «З огляду на те, що розроблена система дозволяє...» є неповним, тому не розкриває повністю думки автора.

11. На жаль, робота не позбавлена деяких стилістичних неточностей і помилок, на які вказано автору.

До автореферату дисертаційної роботи здобувача також є деякі зауваження, а саме:

1. На звороті обкладинки зазначено, що Невлюдов І. Ш. є «науковим керівником» роботи, хоча для докторської дисертації треба було вказати його як «наукового консультанта».

2. На стор. 4 некоректно сформульовано словосполучення «практичне значення отриманих теоретичних результатів підтверджено актами впровадження та доводять коректність теоретичних положень дисертаційної роботи...».

3. У тексті автореферату було б доцільно навести інтерфейс розробленого програмного забезпечення, натомість настільки детальний опис синтаксис запропонованої мови можна було б не наводити.

Проте, зазначені недоліки та зауваження не впливають на загальний високий науковий рівень виконаних дисертаційних досліджень, та можна зробити висновок, що докторська дисертація Євсєєва В. В. є завершеною науково-дослідною роботою, в якій отримані не захищенні раніше нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують актуальну проблему розробки теоретичних основ створення методів, моделей і технології керування процесами у складних організаційно-технічних виробничих об'єктах на базі кібер-фізичних систем у рамках концепції Індустрії 4.0.

Висновок щодо відповідності дисертації спеціальності

Дисертаційна робота виконана у відповідності до наступних пунктів, що зазначені у паспорті спеціальності 05.13.07 – автоматизація процесів керування:

2) формалізація завдань керування складними організаційно-технічними об'єктами та комплексами, розроблення критеріїв оцінювання якості їхнього функціонування;

4) інформаційне та програмне забезпечення АСК (автоматизованих систем керування) організаційно-технічними об'єктами та комплексами;

6) розроблення методів моделювання і планування, математичного, алгоритмічного і програмного забезпечення задач аналізу/синтезу складних розподілених у просторі гнучких інтегрованих систем, що відрізняються фізичними принципами реалізації, конструктивною та технологічною базами виконання, складом функціональних засобів і устаткування, технічним призначенням і методами керування на різних рівнях ієрархічної структури.

Загальні висновки.

Дисертація Євсєєва Владислава В'ячеславовича є закінченою науково-дослідною роботою, спрямованою на вирішення важливої наукової проблеми розробки ефективної стратегії автоматизації процесів керування складними організаційно-технічними виробничими об'єктами шляхом реалізації комплексу моделей, методів процесів керування і технології на базі кібер-фізичних систем. За актуальністю теми, ступенем обґрунтованості та достовірності результатів, науковою новизною та практичним значенням представлена дисертаційна робота відповідає пунктам 9, 10, 12 і 13 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор Євсєєв Владислав В'ячеславович заслуговує присудження

наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Офіційний опонент:
доктор технічних наук, професор,
ректор Східноукраїнського національного
університету імені Володимира Даля

О. В. Поркуян

Підпис засвідчую:

Підпис засвідчую
свідчить



С. М. Шимківська