

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

кандидата технічних наук, доцента **Ларченко Ліни Вікторівни**
на дисертаційну роботу **Гладкової Ольги Миколаївни** на тему:
«Автоматизація проектування вбудованих систем засобами віддаленої інженерії», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.12 – системи автоматизації проектувальних робіт

Актуальність теми дисертації

Вбудовані системи (ВС) – кіберфізичні системи, які охоплюють широкий спектр від ультра малих комп'ютерних пристроїв до великих систем моніторингу та керування складними процесами та критичними об'єктами і складають 99% всіх обчислювальних пристроїв і систем.

Стрімке зростання потреби у ВС різного призначення потребує удосконалення методів і засобів проектування. ВС реального часу є одними з найбільш складних об'єктів проектування, що характеризуються значним набором функцій, постійним циклом взаємодії із зовнішнім середовищем, низьким енергоспоживанням, програмуванням в рамках моделі «з урахуванням обчислювальних ресурсів», проектуванням в стислі терміни і, як правило, повинні відповідати строгим вимогам безпеки, надійності, доступності.

Підвищена складність ВС призводить до зростання вимог щодо розробки специфікацій, високорівневого проектування, раннього виявлення помилок, продуктивності, інтеграції, верифікації та обслуговування.

Технології та засоби віддаленої інженерії (хмарні сервіси, віддалені лабораторії) надають додаткові функціональні можливості користувачам систем автоматизованого проектування та підвищують ефективність проектування. Перспективною технологією, що активно розвивається, є віддалені лабораторії, які дозволяють проводити експериментальні

дослідження, спільно використовувати обладнання та програмне забезпечення без необхідності його придбання та налагодження. Розробка програмних та технічних засобів віддаленої інженерії, які дозволять проектувальнику, обрати апаратно-програмну платформу згідно з вимогами до проектованої ВС, а також виконати прототипування проектованої системи на основі віддаленого експерименту є затребуваною задачею і визначають напрям дисертаційної роботи.

Метою дисертації є розробка моделей, методів та інструментальних засобів віддаленої інженерії для підвищення ефективності автоматизованого проектування ВС.

Для досягнення поставленої мети автором вирішуються наступні завдання, пов'язані:

1) з *аналізом* методів, моделей, підходів та засобів автоматизованого проектування ВС з урахуванням їх структурних та функціональних особливостей, а також технологій реалізації;

з *розробкою*:

2) методу автоматизованого проектування (АП) ВС на основі технологій віддаленої інженерії;

3) моделі формування вимог до ВС та методу роботи з вимогами при автоматизованому проектуванні;

4) методу формування рекомендацій щодо апаратно-програмних платформ при АП ВС;

5) методики впровадження засобів віддаленої інженерії в процес АП ВС;

6) з *практичною реалізацією* програмного, технічного та інформаційного забезпечення для АП ВС на основі розроблених методів та моделей.

Таким чином, тема, мета та поставлені завдання дисертаційної роботи Гладкової О.М. є **актуальними**.

Актуальність задачі та перспективність отриманих результатів підтверджується тим, що дисертаційні дослідження виконувались відповідно до наукового напрямку кафедри «Програмні засоби» Запорізького національного

технічного університету: «Дослідження особливостей розробки та використання дистанційно керованих систем», зокрема, в межах науково-дослідних робіт: «Інтелектуальні методи діагностування систем керування віддаленими технічними об'єктами» (номер державної реєстрації 0115U002242); «Інформаційна система діагностування розподілених мінікомп'ютерних систем в багатокomпонентному зовнішньому середовищі» (номер державної реєстрації 0117U000615).

Характеристика роботи

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 114 найменувань та додатків.

У **вступній частині** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та основні завдання дослідження, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів. Показано зв'язок роботи з науковими темами. Наведено дані про апробацію результатів роботи, особистий внесок автора та його публікації.

У **першому розділі** автором виконано аналіз сучасного стану розвитку ВС, проведено дослідження існуючих ВС дистанційного управління наземними колісними рухомими об'єктами, виявлені їх переваги та недоліки. Проведено детальний аналіз технологій реалізації ВС і зазначено, що використання готових апаратно-програмних платформ на основі мікроконтролерів дає низку переваг, сприяє скороченню часу проектування ВС, надає можливості повторного використання в інших проектах. Далі у розділі проаналізовано сучасний процес АП ВС з урахуванням їх структурних та функціональних особливостей, проведено дослідження існуючих підходів до проектування ВС: паралельного, об'єктно-орієнтованого та платформно-орієнтованого. При дослідженні методів проектування зроблено висновок, що сумісне використання паралельного та платформно-орієнтованого методів проектування, а також методології повторного використання сприятиме підвищенню ефективності процесу АП ВС. Виконано аналіз існуючих

стандартів та розробок, які описують процеси роботи за вимогами до ВС, проведено дослідження програмних засобів для рішення задач АП ВС. Показано, що АП ВС вимагає впровадження нових підходів, в тому числі на основі технологій та інструментарію віддаленої інженерії, які є перспективним напрямом з точки зору підвищення ефективності проектування ВС.

У **другому розділі** автором запропонована удосконалена трирівнева модель формування вимог до ВС, яка на відміну від відомих моделей, враховує структурні особливості ВС як сукупності апаратних та програмних компонентів. В моделі реалізовані два типи вимог для системи в цілому та для її програмного та апаратного забезпечення. Далі в розділі представлено удосконалений метод роботи з вимогами, який дозволяє організувати поетапне розв'язання задач визначення, аналізу і формування вимог до програмних і апаратних компонентів ВС на етапі високорівневого проектування з урахуванням особливостей ВС. Запропоновано метод АП ВС, що базується на спільному застосуванні паралельного та платформно-орієнтованого підходів до проектування, методології повторного використання програмних та апаратних компонентів, а також технологій віддаленої інженерії, а саме інструментарію рекомендацій та віддаленого експерименту. Зазначено, що використання запропонованого інструментарію дозволить отримувати і аналізувати інформацію про специфікації готових апаратних і програмних компонентів для їх повторного використання, виконувати вибір апаратно-програмних платформ та розробку програмного коду, проводити дослідження прототипу системи на сумісність та працездатність апаратної і програмної частин на базі обладнання віддаленої лабораторії та програмного забезпечення рекомендаційної системи.

В **третьому розділі** розглянуто існуючі рекомендаційні методи: колаборативна, контентна, гібридна фільтрація та фільтрація на основі знань. Для організації функціонування рекомендаційної системи обґрунтовано вибір рекомендаційного методу на основі знань, за допомогою якого формуються рекомендації щодо апаратно-програмних платформ при автоматизованому проектуванні.

Розроблено модель представлення знань у вигляді семантичної мережі, яка відображає інформацію про апаратно-програмні платформи, дає змогу визначити та структурувати основні поняття (атрибути) бази знань та може бути ефективно використана при розробці бази знань апаратно-програмних платформ рекомендаційної системи. Розроблено математичне забезпечення формування рекомендацій при АП ВС. Для реалізації інструментарію надання рекомендацій автором удосконалено метод формування рекомендацій на основі знань, в основу якого покладено метод визначення подібності об'єктів, а також метод жорстких обмежень, який знаходить точну відповідність між об'єктами. Для надання рекомендацій у ситуаціях, коли одна вимога виключає іншу, був застосований метод багатокритеріального аналізу для вибору найкращого рішення.

В **четвертому розділі** на основі запропонованих в роботі методів та моделей розроблено архітектуру та структурну схему програмно-технічного комплексу (ПТК) для автоматизації проектування ВС УРО, які дозволяють реалізувати необхідні функціональні можливості ПТК та організувати ефективне використання засобів віддаленої інженерії.

Для ефективного впровадження ПТК в процес АП ВС розроблено методику, яка охоплює розробку специфікації; розробку архітектури системи; вибір апаратно-програмних платформ на основі рекомендаційних методів; розробку програмного забезпечення; створення та дослідження прототипу системи на основі віддаленої лабораторії.

Розроблено програмне та технічне забезпечення віддаленої лабораторії, що надає можливість спільного використання обладнання та програмного забезпечення для створення та дослідження прототипу проекрованої ВС, розроблено програмне та інформаційне забезпечення РС. Запропоновано методику застосування створеного ПТК при АП ВС управління рухомими об'єктами (УРО), описано особливості реалізації програмних модулів і бази знань ПТК. Наведено приклад практичного застосування ПТК при АП ВС УРО.

У **додатках** наведено довідки про впровадження результатів дисертації.

Таким чином, у дисертації розроблені моделі, методи та інструментальні засоби віддаленої інженерії, що відрізняються науковою новизною та мають практичне значення: 1) *новий* метод АП ВС з використанням технологій віддаленої інженерії; 2) *удосконалена* модель формування вимог до ВС та метод роботи з ними. *Отримали подальший розвиток*: 1) метод паралельного проектування ВС; 2) метод формування рекомендацій щодо апаратно-програмних платформ при АП ВС на основі знань.

Практична значущість отриманих результатів полягає у *розробці* програмно-технічного комплексу АП ВС на основі створених методів та моделей віддаленої інженерії, який впроваджено в процес автоматизованого проектування систем керування об'єктами спецпризначення НВП ХАРТРОН-ЮКОМ (Запоріжжя); рекомендаційної системи вибору апаратно-програмних платформ на основі моделі формування вимог та методу роботи з ними, яку впроваджено в практику інженерного проектування вбудованої системи керування комплексом електротехнічного обладнання ПКФ МОТОР (Запоріжжя), що підтверджується відповідними актами впровадження результатів дисертаційної роботи від 22.02.2018р., 13.03.2018р.

Також, результати дисертаційного дослідження використовуються у навчальному процесі Запорізького національного технічного університету для дисциплін «Інженерія вбудованих систем», «Сучасні CAD/CAM/CAE системи в проектуванні та виробництві наукоємної продукції», «Технології та системи віртуальної та віддаленої інженерії», що підтверджується відповідним актом впровадження від 19.04.2018р.

На основі викладеного вище можна зробити такі висновки

1. Наукову новизну роботи визначають:

– Вперше розроблено метод АП ВС з використанням технологій віддаленої інженерії, що дозволяє організувати спільне використання обладнання та програмного забезпечення (без необхідності їх придбання та налаштування) для прототипування проекрованої ВС та, таким чином, знизити собівартість проекрованої продукції.

– Отримав подальший розвиток метод паралельного проектування ВС, що відрізняється від існуючого спільним застосуванням паралельного та платформно-орієнтованого підходів, методології повторного використання, а також засобів віддаленої інженерії, що дає змогу зменшити час переходу між системним та функціонально-логічним рівнями при проектуванні ВС та підвищити рівень автоматизації проектувальних робіт за рахунок автоматизованого вибору апаратно-програмної платформи.

– Удосконалено модель формування вимог до ВС та метод роботи з ними, які на відміну від існуючих, враховують структурні особливості ВС, що містять апаратну та програмну складові, дозволяють розподіляти вимоги між програмними та апаратними компонентами вбудованої системи при автоматизованому проектуванні та, таким чином, більш повно враховувати вимоги до ВС та виконувати необхідні процеси роботи з вимогами.

– Отримав подальший розвиток метод формування рекомендацій щодо апаратно-програмних платформ при АП ВС на основі знань, який на відміну від існуючого, поєднує в собі методи обмежень та подібних об'єктів, використовує методи багатокритеріального аналізу, що дає змогу надавати рекомендації навіть при суперечливості вимог користувача.

2. Практичне значення отриманих результатів підтверджується використанням розробленого ПТК при АП ВС УРО, що дає змогу зменшити витрати часу на розробку на 10-13%, підвищити рівень автоматизації проектувальних робіт, а також продуктивність праці проектувальників на 11-15%, а також розробкою:

– структури ПТК, що включає інструментарій віддаленої інженерії, використання якого дає змогу підвищити ефективність процесу АП ВС за рахунок зменшення часу проектування та собівартості проекрованої продукції, а також підвищення рівня автоматизації проектувальних робіт;

– програмного та інформаційного забезпечення рекомендаційної системи, яка надає підтримку проектувальнику у вигляді рекомендацій щодо

використання апаратно-програмних платформ при АП ВС, виходячи з вимог до проектованої ВС;

– програмного та технічного забезпечення віддаленої лабораторії, яка дає змогу виконувати швидке прототипування проектованої ВС, перевірку на сумісність і працездатність апаратної та програмної частин, тим самим зменшувати час реалізації проекту;

– методики застосування створеного ПТК при АП ВС, яка може використовуватись у практиці інженерного проектування ВС різного призначення для ефективного впровадження засобів віддаленої інженерії з метою покращення фінансово-економічних показників проекту.

3. Обґрунтованість і достовірність результатів дослідження підтверджується використанням методів системного аналізу, математичного моделювання, багатокритеріального аналізу, баз знань; принципів об'єктно-орієнтованого програмування та веб-орієнтованої розробки. Достовірність наукових висновків підтверджується проведеними експериментами, тестуванням і верифікацією запропонованих та удосконалених моделей та методів АП ВС відповідними актами впровадження результатів дисертаційної роботи від 22.02.2018р., 13.03.2018р., 19.04.2018р.

Публікації та апробація результатів дисертаційної роботи

Автором опубліковано 22 наукові праці (з них 6 статей – 3 у наукових фахових виданнях України, включених до переліку МОН України; 3 – у наукових періодичних виданнях інших держав, що включені до наукометричних баз знань); 1 патент на корисну модель, 2 свідоцтва України про реєстрацію авторського права на твір (комп'ютерну програму); 13 праць у матеріалах міжнародних наукових конференцій та симпозіумів (з них 5 – за кордоном); 6 праць індексуються в науко-метричній базі Scopus (індекс цитування $h=3$).

Оформлення дисертації та автореферату

Дисертаційна робота за структурою, змістом та оформленням відповідає вимогам до кандидатських дисертацій. Автореферат достатньо інформативний, відповідає змісту дисертаційної роботи та містить опис основних наукових і

практичних результатів, отриманих автором. Дисертація та автореферат викладені логічно, послідовно та коректно.

Зауваження по дисертаційній роботі

1. В роботі не дано визначення системної платформи, що об'єднує апаратну та програмну платформи, проведений порівняльний аналіз існуючих платформ не достатньо повний.

2. Реалізувати проект можна на різних платформах за допомогою операції mapping - відображення функціональності на компоненти платформи. В результаті ми можемо отримати декілька рішень. В роботі не зовсім зрозуміло, яким чином рекомендаційна система здійснює остаточний вибір рішення.

3. Не зовсім ясно, що автор розуміє під «рекомендаціями» і як вони пов'язані зі специфікацією проекту.

4. В третьому розділі при розгляданні методу визначення подібності елементів в математичних виразах (3.2), (3.3) для визначення евклідової відстані та косинусу подібності об'єктів некоректно наведено пояснення символів виразу.

5. В третьому розділі дисертаційної роботи не зрозуміло, яким чином визначені значення вагових коефіцієнтів критеріїв використовуваних метрик (таблиця 3.1).

6. В тексті автореферату при посиланнях на акти впровадження не вказані терміни випробувань та дати впроваджень.

Незважаючи на зазначені зауваження, дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, в якому поставлено за мету розробку моделей, методів та інструментальних засобів віддаленої інженерії для підвищення ефективності АП ВС.

З огляду на викладене вище, можна зробити наступний **висновок**: в дисертаційній роботі вирішена важлива науково-практична задача розробки моделей, методів та інструментальних засобів віддаленої інженерії для підвищення ефективності АП ВС за рахунок скорочення термінів проектування,

зниження витрат на проектування та підвищення рівня автоматизації проектувальних робіт.

Роботу виконано на високому теоретичному рівні, що підтверджується публікаціями у наукових журналах, в тому числі, закордонних та участю у міжнародних наукових конференціях. Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.13.12 – системи автоматизації проектувальних робіт.

Актуальність обраної теми, достовірність і обґрунтованість висновків, новизна досліджень, значення отриманих результатів для науки і практики свідчать про те, що дисертаційна робота «Автоматизація проектування вбудованих систем засобами віддаленої інженерії» задовольняє вимогам пп. 9, 11, 12, 13, «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №576, а Гладкова Ольга Миколаївна заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.12 – системи автоматизації проектувальних робіт.

Офіційний опонент:

доцент кафедри автоматизації
проектування обчислювальної техніки
Харківського національного
університету радіоелектроніки,
кандидат технічних наук, доцент



Л.В. Ларченко

Підпис доц. Ларченко Л. В.
засвідчую:

Учений секретар ХНУРЕ



І.В. Магдаліна