

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри систем автоматизованого проектування Національного університету «Львівська політехніка» **Лобура Михайла Васильовича** на дисертаційну роботу **Гладкової Ольги Миколаївни** на тему: «**Автоматизація проектування вбудованих систем засобами віддаленої інженерії**», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.12 «Системи автоматизації проектувальних робіт»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Сучасний етап розвитку Інтернет технологій та зростаюча кількість віддалених лабораторій і хмарних сервісів обумовлює необхідність подальшого розвитку та впровадження засобів віддаленої інженерії для вирішення задач проектування. Перехід на повністю автоматизоване цифрове виробництво, кероване інтелектуальними системами в режимі реального часу в постійній взаємодії із зовнішнім середовищем, що виходить за межі одного підприємства, з перспективою об'єднання в глобальну промислову мережу Речей і послуг і впровадження в них вбудованих інтелектуальних систем. Мінімізація споживаних ресурсів та нові можливості сумісної розробки проектів визначають економічну доцільність використання засобів віддаленої інженерії в процесі автоматизованого проектування вбудованих систем (АП ВС). Це підтверджує актуальність представленої роботи.

У дисертаційній роботі вирішується завдання підвищення ефективності автоматизованого проектування вбудованих систем шляхом впровадження нових методів та засобів проектування на основі технологій віддаленої інженерії (VI), а саме рекомендаційної системи (РС) для вибору апаратно-програмних платформ та віддаленої лабораторії (ВЛ) для прототипування вбудованих систем.

Оцінка змісту дисертаційної роботи та її завершеності

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків і за структурою та обсягом відповідає вимогам щодо кандидатських дисертацій з технічних наук.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми дисертації, визначені мета і завдання дослідження, сформульовано об'єкт і предмет дослідження, викладено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, надано інформацію про особистий внесок автора в роботи, виконані у

співавторстві, надано перелік публікацій та відомостей про апробацію за темою роботи. У *першому розділі* проаналізовано особливості конструкції та технологій реалізації ВС. Показано, що існує проблема вибору проектного рішення щодо апаратно-програмних платформ довкола яких може проектуватися ВС. Крім того, на основі дослідження існуючих підходів до проектування вбудованих систем доведено, що на тлі швидких темпів розвитку новітніх Інтернет технологій, актуальною є задача впровадження технологій віддаленої інженерії в процес автоматизованого проектування вбудованих систем. Проведений огляд існуючих он-лайн та десктопних програмних засобів для АП ВС свідчить, що використання засобів віддаленої інженерії, а саме рекомендаційних систем та віддалених лабораторій, є перспективним з точки зору підвищення ефективності автоматизованого проектування ВС. У *другому розділі* розроблено удосконалену модель формування вимог до ВС та метод роботи з вимогами, які враховують особливості ВС, а саме наявність апаратної та програмної частин системи, а також специфічних вимог до її функціонування. Розроблено метод АП ВС на основі технологій віддаленої інженерії, який надає переваги паралельного та платформно-орієнтованого підходів до проектування, а також технологій віддаленої інженерії. У *третьому розділі* на основі семантичних мереж розроблено та представлено модель знань щодо апаратно-програмних платформ для розробки ВС. Обґрунтовано вибір рекомендаційного методу на основі знань, який є основою рекомендаційної системи, а також розроблено його модифікацію, на основі використання міри подібності, методу обмежень та методу багатокритеріального аналізу для суперечливих ситуацій. У *четвертому розділі* описано розроблений програмно-технічний комплекс для реалізації розробленого методу АП ВС та методика його впровадження в інженерну діяльність, а також показано результати практичного застосування на прикладі автоматизованого проектування вбудованих систем управління рухомими об'єктами для розв'язку задач вибору апаратно-програмної платформи та прототипування. Результати проекту підтверджують, що використання розробленого програмно-технічного комплексу дозволило зменшити час розробки на 10-13%, відповідно, підвищити ефективність процесу автоматизованого проектування ВС.

Наукова новизна дисертаційної роботи

На основі аналізу автореферату та дисертаційної роботи можна відмітити такі нові наукові та практичні результати:

1. Вперше розроблено метод АП ВС з використанням технологій VI, що

дає змогу організувати спільне використання обладнання та програмного забезпечення (без необхідності їх придбання та налаштування) для прототипування проекрованої ВС та, таким чином, знизити собівартість проекрованої продукції.

2. Отримав подальший розвиток метод паралельного проектування ВС, який відрізняється від існуючого спільним застосуванням паралельного та платформно-орієнтованого підходів, а також засобів ВІ, що дає змогу зменшити час переходу між системним та функціонально-логічним рівнями при проектуванні ВС та підвищити рівень автоматизації проектувальних робіт шляхом автоматизованого вибору апаратно-програмної платформи.

3. 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, дають змогу розподіляти вимоги між програмними та апаратними компонентами ВС при АП та, таким чином, повніше враховувати вимоги до ВС та виконувати необхідні процеси роботи з вимогами при АП.

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

В цілому, отримані наукові результати сприятимуть розвитку теоретичних засад автоматизації проектування та впровадженню нових підходів на основі технологій віддаленої інженерії.

Повнота викладу наукових результатів в опублікованих працях

За результатами дисертаційних досліджень здобувачем опубліковано 22 наукові праці: 6 статей (з них 3 у наукових фахових виданнях України, включених до переліку МОН України; 3 – у наукових періодичних виданнях інших держав, що включені до наукометричних баз знань), 13 публікацій у матеріалах наукових конференцій та симпозіумів, а також 1 патент на корисну модель та 2 свідоцтва України про реєстрацію авторського права на твір (комп'ютерну програму).

Практичне значення отриманих результатів та їх використання

1. Розроблено структуру програмно-технічного комплексу (ПТК), що включає інструментарій ВІ, 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.

2. Розроблено програмне та інформаційне забезпечення РС, яка надає підтримку проектувальнику у вигляді рекомендацій щодо використання апаратно-програмних платформ при АП ВС, виходячи з вимог до проектованої ВС.

3. Розроблено програмне та технічне забезпечення ВЛ, яка дає змогу виконувати швидке прототипування проектованої ВС, перевірку на сумісність і працездатність апаратної та програмної частин, тим самим зменшувати час реалізації проекту.

4. Розроблено методику застосування створеного ПТК при АП ВС, яка може використовуватись у практиці інженерного проектування для ефективного впровадження засобів ВІ.

В цілому, розроблений ПТК відповідає вимогам до побудови сучасних систем автоматизації проектування. Він є відкритою системою, функціональні можливості якої можуть розширюватись за рахунок нових апаратних та програмних компонентів. Зокрема, база знань може поповнюватись новими апаратно-програмними платформами, набір віддалених експериментів може також розвиватись, в тому числі для інших апаратно-програмних платформ, сенсорів та актуаторів. Модулі ПТК є інформаційно узгодженими, що обумовлює ефективний розв'язок послідовності проектних задач, а саме – аналіз вимог до проекту, вибір апаратно-програмної платформи, створення та дослідження прототипу ВС.

Розроблений метод формування вимог та його реалізація на основі рекомендаційної системи особливо ефективні для здійснення переходу з системного до функціонально-логічного рівня при проектуванні, оскільки їх застосування дозволяє підвищити рівень автоматизації проектних робіт за рахунок автоматизованого вибору проектного рішення, а також прискорити процес вибору. Особливістю рекомендаційної системи є те, що вона враховує притаманні реальному процесу проектування ситуації, коли проектувальником вказуються суперечливі вимоги до проекту. При цьому, РС дає рекомендації щодо вибору проектного рішення у будь якому випадку.

Розроблений метод автоматизованого проектування на основі технологій віддаленої інженерії та віддалена лабораторія для прототипування вбудованих систем дозволяють підвищити ефективність етапу розробки та інтеграції програмного та апаратного забезпечення ВС шляхом використання готових програмних компонентів, схем підключення периферії, сценаріїв

проведення віддалених експериментів. За рахунок цього знижуються витрати на прототипування та загалом на створення проекту.

Зниження витрат на реалізацію проекту, зменшення термінів та відповідно підвищення ефективності праці проектувальників, а також зниження витрат на проект обумовлюють підвищення ефективності автоматизованого проектування, що і було метою даної дисертаційної роботи.

Розроблений ПТК АП ВС на основі створених методів та моделей ВІ впроваджено в процес АП систем керування об'єктами спецпризначення НВП ХАРТРОН-ЮКОМ (Запоріжжя), що підтверджено відповідним актом. Розроблену РС вибору апаратно-програмних платформ на основі моделі формування вимог та методу роботи з ними впроваджено в практику інженерного проектування ВС керування комплексом електротехнічного обладнання ПКФ МОТОР (Запоріжжя). 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».

В той же час в роботі виявлено ряд певних **недоліків і зауважень**:

1. В першому розділі дисертаційної роботи не розглянуто можливість керування вбудованими системами за допомогою оптичних, лазерних і інших способів каналів зв'язку;
2. В першому розділі дисертаційної роботи на рис.1.3 (стр.40) приведена не типова узагальнена структура вбудованої системи, в більшості випадків сенсори і актюатори є складовими вбудованої системи;
3. В роботі часто використовується термін симуляція (дослівний переклад англійського слова simulation) в українській мові це слово в багатьох випадках має інший зміст, доцільніше використовувати моделювання, відтворення. В деяких словосполученнях це звучить неоднозначно – наприклад сумісна симуляція;
4. У роботі не розглянуто конфліктність використання методів віддаленої інженерії при колективній роботі над проектуванням групи розробників. Це може привести до повторного проектування і збільшення собівартості розробленого пристрою;
5. У роботі не показано можливості використання рекомендаційних методів, зокрема колаборативної фільтрації, для прийняття колективного

- проектного рішення командою проектувальників;
6. В роботі показано використання віддаленої лабораторії для прототипування ВС, в той же час не наведено класифікацію методів прототипування та їх огляд;
 7. В роботі не висвітлено питання захисту проектних даних при проведенні віддалених експериментів та розробки комплексу відповідних заходів з правового забезпечення автоматизованого проектування;
 8. В четвертому розділі дисертації не приділено достатньо уваги розгляду цілісної системи проектування, не розглянуто технічне і лінгвістичне забезпечення, не в повній мірі приведена структура системи;
 9. У відповідності до актів впровадження, у роботі пошукувач підтверджує практичну значущість одержаних результатів, але у розділі 4 даному важливому аспекту дисертаційної роботи приділено недостатню увагу;
 10. В роботі є синтаксичні помилки, граматичні помилки, неточності (для прикладу стр.72 вектором властивостей апаратно-програмних платформ $y = (y_1, \dots, y_n)$ повинно бути $y = (y_1, \dots, y_l)$).

Вказані недоліки та зауваження не є принциповими, не зменшують наукову новизну та практичну цінність роботи та не знижують загального позитивного враження від роботи.

Висновок

Дисертаційна робота Гладкової Ольги Миколаївни є завершеною науковою працею, в якій розв'язано актуальну науково-технічну задачу підвищення ефективності автоматизованого проектування вбудованих систем за рахунок розроблених моделей, методів та інструментальних засобів віддаленої інженерії. Дисертація характеризується високим теоретичним і практичним рівнем, наявністю нових взаємопов'язаних наукових та практичних результатів. Зроблені зауваження не ставлять під сумнів основні її результати та висновків, більшість зауважень мають характер рекомендацій, які доцільно врахувати автору при подальших дослідженнях.

Одержані результати дисертаційної роботи опубліковано у фахових науково-технічних виданнях, апробовано на міжнародних наукових конференціях та впроваджено на виробництві. Публікації автора достатньою мірою висвітлюють наукові положення і результати роботи.

Вважаю, що за актуальністю розглянутих задач, обсягом досліджень, науковим рівнем і практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота «Автоматизація проектування вбудованих систем засобами віддаленої

інженерії» відповідає паспорту спеціальності 05.13.12 – «Системи автоматизації проектувальних робіт» та пунктам 9, 11-14 «Порядку присудження наукових ступенів» щодо кандидатських дисертацій, а її автор, Гладкова Ольга Миколаївна, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.12 - «Системи автоматизації проектувальних робіт».

Офіційний опонент,
завідувач кафедри
систем автоматизованого проектування
Національного університету
«Львівська політехніка»
доктор технічних наук, професор

М.В. Лобур

Підпис д.т.н., проф. Лобура М.В. засвідчую.

Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»
кандидат технічних наук, доцент



Р.Б. Брилинський