

ВІДГУК

офіційного опонента

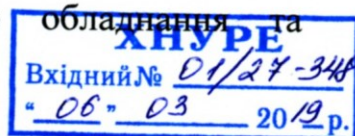
доктора технічних наук, професора Нефьодова Леоніда Івановича на дисертаційну роботу Бортнікової Вікторії Олегівни «Моделі та методи автоматизованого проектування технологічних процесів виготовлення мікроелектромеханічних акселерометрів», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.12 – системи автоматизації проектувальних робіт

1. Актуальність теми

Динамічний розвиток застосування мікроелектромеханічних систем (МЕМС) акселерометрів знайшли своє застосування в різних сферах, починаючи від використання у побутовій електроніці та закінчуючи промисловим використанням. Як наслідок, виникає необхідність відповідати сучасним тенденціям розвитку та реалізовувати ефективні технологічні процеси та обладнання для їх виготовлення. Важливим напрямом досліджень є створення автоматизованих систем проектування технологічних процесів виготовлення мікроелектромеханічних акселерометрів, що забезпечить підвищення ефективності проектних робіт. Саме розробці і удосконаленню моделей та методів автоматизованого проектування технологічних процесів виготовлення мікроелектромеханічних акселерометрів присвячена дисертаційна робота Бортнікової В.О.

Актуальність цього дослідження обґрунтована тим, що сучасні системи автоматизованого проектування технологічних процесів повинні забезпечувати потреби синтезу оптимальних та ефективних технологічних процесів виготовлення мікроелектромеханічних акселерометрів, врахуванням специфіки багаторівневого автоматизованого проектування, зростання кількості типів МЕМС акселерометрів та відповідних варіантів технологічних процесів їх виготовлення. Саме тому науково-практична задача підвищення автоматизації проектування технологічних процесів виготовлення мікроелектромеханічних акселерометрів за рахунок розробки та удосконалення математичних моделей, методів і програмного забезпечення є актуальною задачею.

Свідченням актуальності теми дисертаційної роботи є також те, що вона пов'язана з планами наукових досліджень у Харківському національному університеті радіоелектроніки за держбюджетними темами: «Створення експериментальних зразків компонентів мікросистемної техніки для виробництв з інтелектуальними властивостями і їх впровадження» (№ ДР 0113U0003582), «Створення мікрооптоелектромеханічних засобів для інтелектуальних технологічних систем промислового



робототехніки» (№ ДР 0115U002433), у розробці яких здобувач брала участь як виконавець з 2013 по 2016 рік в рамках науково-дослідних робіт.

2. Наукова новизна і значимість отриманих результатів

Автором дисертаційної роботи отримано ряд важливих результатів, наукова новизна яких полягає в наступному:

- вперше розроблено математичну модель визначення МЕМС акселерометра-аналога, для якої, на відміну від існуючих, формалізовано критерії часу і вартості виготовлення, маси та площі МЕМС акселерометра та враховано функціонально-конструктивні обмеження, що дозволяє визначити найкращий варіант МЕМС акселерометра-аналога для здійснення вибору типового технологічного процесу;

- вперше розроблено узагальнений метод автоматизованого проектування технологічних процесів виготовлення МЕМС акселерометрів, який, на відміну від існуючих, базується на двох часткових методах: вибору типових технологічних процесів і пошуку аналогів окремих елементів технологічного процесу, що дозволяє отримати ефективний технологічний процес за рахунок зниження вартості та часу виготовлення;

- удосконалено модель структурно-параметричного синтезу технологічного процесу виготовлення МЕМС акселерометрів, яка, на відміну від відомих, шляхом вибору типового технологічного процесу, операцій і обладнання, дозволяє отримати структуру технологічного процесу і у випадку необхідності обрати більш ефективне технологічне обладнання;

- удосконалено метод вибору типових технологічних процесів виготовлення МЕМС акселерометрів, який, на відміну від існуючих, на основі методів ієрархічної кластеризації та інтелектуального аналізу даних, дозволяє визначити взаємозв'язок між функціонально-конструктивними показниками МЕМС акселерометра-аналога і типовим технологічним процесом та знизити вартість і час на проектування.

3. Практичне значення отриманих результатів

Запропоновані у дисертаційній роботі моделі та методи реалізовані у вигляді програмного модуля для автоматизованого проектування технологічних процесів виготовлення мікроелектромеханічних акселерометрів.

Наукові та практичні результати дисертаційної роботи можуть використовуватися для підвищення ефективності автоматизованого проектування технологічних процесів виготовлення мікроелектромеханічних

акселерометрів з подальшим створенням технічної документації у вигляді маршрутної карти для їх виготовлення.

Практичне значення результатів підтверджується їхнім впровадженням. Математичні моделі та методи були застосовані на практиці, що підтверджено відповідними актами впровадження:

- на підприємстві ТОВ «Овен»;
- у Харківському національному університеті радіоелектроніки в навчальний процес;
- у Запорізькому національному технічному університеті в навчальний процес;
- у Кременчуцькому національному університеті імені Михайла Остроградського в навчальний процес.

4. Достовірність і обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій

Результати та висновки дисертаційної роботи в частині запропонованих автором математичних моделей і методів у цілому є достатньо обґрунтованими.

Наукові результати дисертаційної роботи базуються на методах класифікації, штучного інтелекту, дискретного програмування, оптимізації, імітаційного моделювання, математичної логіки, теорії множин та ін. Їх достовірність підтверджується експериментальними дослідженнями на тестових задачах.

Одержані здобувачем результати, висновки та рекомендації логічно та математично аргументовані, їх достовірність підкріплюється обґрунтованими доказами, узгодженням теоретичних та експериментальних результатів досліджень, практичним впровадженням.

5. Зміст та оформлення дисертаційної роботи та автореферату

Дисертаційна робота складається з п'яти розділів, в яких послідовно розглядаються питання розробки та удосконалення моделей і методів, програмного забезпечення для автоматизованого проектування технологічних процесів виготовлення мікроелектромеханічних акселерометрів.

У першому розділі наведено основні конструкції мікроелектромеханічних акселерометрів, розглянуто технологічні процеси їх виготовлення, математичні моделі, методи та підходи для створення автоматизованих систем їх проектування. Обрана узагальнена схема розв'язання науково-прикладної задачі.

У другому розділі запропоновано математичну модель визначення мікроелектромеханічного акселерометра-аналога за функціонально-конструктивними показниками.

У третьому розділі в рамках обраної схеми розв'язання задачі проведено удосконалення моделі структурно-параметричного синтезу технологічних процесів виготовлення мікроелектромеханічних акселерометрів.

У четвертому розділі розроблено узагальнений метод автоматизованого проектування технологічних процесів виготовлення мікроелектромеханічних акселерометрів, у рамках якого удосконалено його частковий метод – вибору типового технологічного процесу. Досліджено удосконалений метод і виконано аналіз його ефективності.

У п'ятому розділі дисертаційної роботи описано можливості розробленого програмного модуля автоматизованого проектування технологічних процесів виготовлення мікроелектромеханічних акселерометрів і наведено приклади розв'язання таких задач.

Робота оформлена належним чином, із використанням загальноприйнятої термінології та сучасних засобів створення наукових публікацій.

Результати дисертаційної роботи достатньо мірою проілюстровані графічним і табличним матеріалом.

Дисертаційна робота та автореферат за змістом і оформленням відповідають вимогам «Порядку присудження наукових ступенів».

Автореферат є ідентичним за змістом із основними науковими положеннями, висновками та результатами дисертаційної роботи.

6. Публікації та апробація роботи

Результати дисертаційної роботи достатньо повно відображені в публікаціях здобувача. За темою дисертаційної роботи опубліковано 29 наукових робіт здобувача. Серед них 9 статей, у тому числі: 1 стаття – у іноземному виданні; 8 – у фахових журналах і збірниках наукових праць України; 1 авторське свідоцтво; 19 тез доповідей на наукових конференціях (три з яких входять до наукометричної бази Scopus). Публікації розкривають основний зміст дисертації та відповідають її основним положенням і висновкам.

7. Зауваження до змісту дисертації та автореферату

1. В розділі 2 одними з запропонованих показників для здійснення визначення мікроелектромеханічного акселерометра-аналога є маса і його

площа, однак вибір таких показників недостатньо обґрунтований. Даними показниками можливо було б знехтувати в деяких випадках.

2. В розділах 2 та 3 розроблені моделі прийняття рішень є детермінованими і тому не враховують ризики, що пов'язані з реальною нечіткою вихідною інформацією.

3. У підрозділі 3.3 визначено, що вибір технологічних операцій здійснюється за часом та вартістю їх виконання на етапах, однак не враховано показники якості технологічних операцій (наприклад, надійність) та переходів, що не дозволяє в повній мірі оцінити адекватність вибору операцій.

4 У підрозділі 3.5 на с. 115 наведено, що «Окрема інформація для зручності може відобразитися, наприклад, у вигляді часової діаграми», але жодного прикладу відображення такої інформації після проведення імітаційного моделювання технологічного процесу не наведено.

5. У підрозділі 4.5 не наведено вартісні показники удосконаленого методу вибору типового технологічного процесу у порівнянні з іншими методами.

6. Мало уваги приділено аналізу обчислювальної складності запропонованих методів та рекомендаціям щодо їх застосування.

7. В розділі 5 описано, що у програмному модулі «AcSAM» генерується маршрутна карта технологічного процесу виготовлення мікроелектромеханічного акселерометру, але не описано, як саме реалізується процес генерації та заповнення.

8. У роботі бажано було б детальніше зупинитися на прикладах рішення задач автоматизованого проектування технологічних процесів виготовлення мікроелектромеханічних акселерометрів.

9. На жаль, робота не позбавлена граматичних і стилістичних неточностей і помилок, на які автору вказано.

8. Висновок

Вважаю, що дисертаційна робота «Моделі та методи автоматизованого проектування технологічних процесів виготовлення мікроелектромеханічних акселерометрів» є завершеною актуальною науковою працею, в якій одержано нові науково обґрунтовані результати, які складають вагомий внесок у підвищення ефективності автоматизованого проектування технологічних процесів виготовлення мікроелектромеханічних акселерометрів. Отримані в дисертаційній роботі результати відповідають формулі та пунктам 1, 3 та 4 паспорта спеціальності 05.13.12 – системи автоматизації проектувальних робіт.

Робота повністю задовольняє вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор Бортнікова В.О. заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.12 – системи автоматизації проектувальних робіт.

Офіційний опонент

завідувач кафедри автоматизації та

комп'ютерно-інтегрованих технологій

Харківського національного автомобільно-

дорожнього університету,

доктор технічних наук, професор



Л.І. Нефьодов

