

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Крепич Світлани Ярославівни** на тему: **"Моделювання та забезпечення функціональної придатності статичних систем методами аналізу інтервальних даних"**, яку представлено на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Актуальність теми. При розробці, виготовленні та практичному використанні різних видів технічних систем дуже часто потребують вирішення задачі, пов'язані з їх певними властивостями. І перш за все, ці властивості визначаються такими їх характеристиками, як статичність та динамічність досліджуваних систем. Однією з основних властивостей статичних систем є їх функціональна придатність, тобто здатність системи виконувати покладені на неї функції протягом певного часу і за певних умов експлуатації.

На даний час розв'язання задачі моделювання функціональної придатності зводиться до розв'язування системи лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР). Накладання певних умов зводить цю СЛАР до інтервальної. У цьому випадку для аналізу функціональної придатності статичної системи з'являється можливість застосувати метод допускових еліпсоїдів.

Однак, вказані методи не враховують часові зміни параметрів компонентів системи у процесі її експлуатації.

У випадку, коли методи забезпечення функціональної придатності ґрунтуються на розв'язуванні системи нелінійних алгебричних рівнянь, виникає потреба оцінки їх збіжності в залежності від вигляду цільової функції, кількості параметрів та характеристик системи тощо. У цьому разі виникає потреба створення методів забезпечення функціональної придатності, які б одночасно враховували обмеження на вихідні характеристики системи та забезпечували оцінювання оптимальних параметрів із їх допусками.

На сьогодні існують і практично використовуються програмні продукти, які дозволяють розв'язувати задачі моделювання та забезпечення функціональної придатності статичних систем. Однак, на даний час не існує універсального програмного продукту, який би водночас був придатним вирішувати вказані задачі для різних технічних і технологічних систем одночасно. Крім того, переважна більшість відомих програмних продуктів не враховують часових змін параметрів компонентів системи під час її

експлуатації. Все це зумовило необхідність розробки нових методів моделювання, відповідних алгоритмів та програмного забезпечення, які б враховували зазначені вище недоліки та дозволяли б розв'язувати задачу моделювання та забезпечення функціональної придатності статичних систем із врахуванням часових змін параметрів їх компонентів

Виходячи з цього, актуальність теми дисертаційної роботи *Крепич С.Я.*, яку присвячено розв'язанню актуальної науково-технічної задачі створення математичних і програмних засобів для моделювання та забезпечення функціональної придатності статичних систем, не викликає сумніву.

Оцінка змісту дисертаційної роботи, її завершеність. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Вона складається із вступу, чотирьох розділів, двох додатків та списку використаних джерел із 127 найменувань. Основний зміст подано на 132 сторінках. Робота містить 58 рисунків та 3 таблиці.

У **вступі** проведено обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи, сформульовано мету, завдання дослідження і наукову новизну. Показаний зв'язок з науковими програмами і планами НДР, а також особистий внесок дисертантки.

У **першому розділі** детально проаналізовано низку властивостей статичних систем. Показано, що найбільш важливою з них є функціональна придатність. Автором переконливо обґрунтовано, що для оцінювання функціональної придатності статичної системи необхідно розв'язувати задачі аналізу та забезпечення функціональної придатності.

За результатами досліджень, проведених здобувачкою встановлено, що найбільш придатним для розв'язування цієї задачі є метод довірчих еліпсоїдів. Він ґрунтується на розв'язуванні ІСЛАР та дозволяє ширше покривати допускову область параметрів на відміну від інших методів. Однак, оскільки цей метод не враховує, що в процесі експлуатації параметри компонентів системи змінюватимуть свої значення відносно номінальних, дисертанткою запропоновано розробити оригінальний метод допускового еліпсоїдного оцінювання функціональної придатності статичних систем, який, на відміну від існуючих, враховував би часову зміну параметрів компонентів системи, що забезпечило б обчислення гарантованих оцінок функціональної придатності статичних систем та підвищило б ступінь адекватності моделей функціональної придатності.

Значний інтерес являє собою проведений авторкою аналіз методів забезпечення функціональної придатності статичних систем. За результатами цього аналізу сформульовано задачу з розробки методу забезпечення функціональної придатності статичних систем на основі аналізу інтервальних даних, який надає можливість одночасного знаходження оптимальних параметрів статичних систем та їх допусків.

Професійно зроблений аналіз відомих програмних продуктів для розв'язування задач моделювання та забезпечення функціональної придатності статичних систем показав вузькоспрямованість більшості з них на вирішення вказаних задач лише для технічних систем або спеціалізованих технологічних.

У сукупності результати досліджень, викладених у даному розділі надали можливість здобувачці сформулювати мету та задачі дисертаційного дослідження.

Другий розділ роботи присвячено розгляду методів моделювання функціональної придатності статичних систем на основі допускового еліпсоїдного оцінювання.

Авторкою запропоновано оригінальний метод одержання кількісної оцінки функціональної придатності статичних систем, який базується на застосуванні допускового оцінювання інтервальних даних. Слід також відмітити наукову новизну і оригінальність розробленого в роботі методу допускового еліпсоїдного оцінювання функціональної придатності статичних систем. Головна перевага створеного методу у порівнянні з відомими – можливість урахування часової зміни параметрів компонент системи, що забезпечує обчислення гарантованих оцінок функціональної придатності статичних систем.

Дисертанткою дуже вдало і наочно (на конкретному прикладі оцінювання функціональної фільтру нижніх частот) доведено перевагу розробленого методу еліпсоїдного оцінювання у порівнянні з методом Монте-Карло, щодо їх застосування до визначення функціональної придатності статичних систем. Працездатність запропонованого методу показано на прикладі оцінювання функціональної придатності статичної системи з урахуванням часових змін параметрів їх компонентів. За результатами проведених досліджень встановлено залежність, що із збільшенням часу експлуатації пристрою та із збільшенням відсотка зношуваності (старіння) компонентів пристрою зменшується ймовірність його функціональної придатності.

У третьому розділі розглянуто питання забезпечення функціональної придатності статичних систем із врахуванням обмежень на вихідні характеристики системи та одночасним пошуком її оптимальних параметрів.

Здобувачкою розроблено ефективний метод забезпечення функціональної придатності статичних систем на основі аналізу інтервальних даних, який, на відміну від існуючих, ґрунтується на розв'язуванні інтервальної системи нелінійних алгебраїчних рівнянь і одночасно враховує обмеження на вихідні характеристики системи та забезпечує оцінювання оптимальних параметрів.

Авторці роботи вдалося також розробити метод забезпечення функціональної придатності статичних систем на основі аналізу інтервальних даних, який дає можливість одночасного знаходження оптимальних параметрів статичних систем та їх допусків. Дуже вдалим є наведення прикладу з кількісного порівняння обчислювальної складності застосування різних процедур випадкового пошуку для розв'язування задачі забезпечення функціональної придатності статичних систем.

Четвертий розділ роботи присвячено практичним питанням використання розроблених методів, які реалізовано у вигляді програмного комплексу для розв'язування задач моделювання та забезпечення функціональної придатності статичних систем.

Дисертанткою оригінально вирішено задачу побудови бази даних із зберігання результатів проведених експериментів, завдяки тому, що використання середовища Microsoft SQL Server значно підвищує швидкодію програмних продуктів.

Практичне застосування розробленого програмного комплексу для забезпечення функціональної придатності технологічної лінії з виробництва гіпсокартону дозволило значно зменшити час налаштування цієї лінії і практично виключити можливість виготовлення бракованих гіпсокартонних плит. У підсумку все це підтвердило ефективність та практичну цінність створених у роботі методів та програмних засобів для визначення функціональної придатності досліджуваних технологічних систем.

В додатках наведені довідки про використання результатів дисертаційної роботи та лістинги розробленого програмного забезпечення.

Основні наукові результати досліджень та наукова новизна дисертації.

Отримані в поданій дисертаційній роботі результати у сукупності містять в собі розв'язок актуальної науково-технічної задачі, яка полягає у

створенні математичних та програмних засобів для моделювання та забезпечення функціональної придатності статичних систем, які б враховували часові зміни параметрів компонентів системи, відзначалися нижчою обчислювальною складністю та давали можливість одночасного знаходження оптимальних параметрів досліджуваної системи. Слід відзначити, що при цьому отримані наступні нові наукові результати:

1. Вперше розроблено метод допускового еліпсоїдного оцінювання функціональної придатності статичних систем, який враховує часову зміну параметрів компонентів системи.

2. Розроблено метод забезпечення функціональної придатності статичних систем на основі аналізу інтервальних даних, який, на відміну від існуючих, ґрунтується на розв'язуванні інтервальної системи нелінійних алгебраїчних рівнянь і одночасно враховує обмеження на вихідні характеристики системи та забезпечує оцінювання оптимальних параметрів;

3. Побудовано метод забезпечення функціональної придатності статичних систем на основі аналізу інтервальних даних, який, на відміну від відомих, дає можливість одночасного знаходження оптимальних параметрів статичних систем та їх допусків.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи полягає наступному:

1. Отримані при виконанні дисертаційної роботи результати надали можливість розробити програмний комплекс для моделювання та забезпечення функціональної придатності статичних систем, працездатність та ефективність якого перевірено на промислових підприємствах з виробництва гіпсокартону;

2. Розроблені методи та програмний комплекс, що їх реалізує, відрізняються багатofункціональністю, оскільки можуть бути використані у різних напрямках науково-прикладних досліджень і промислового виробництва. Це підтверджено їх застосуванням при дослідженні радіоелектронних кіл та виробництві гіпсокартону.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено використанням фундаментальних законів класичної теорії та сучасних програмних продуктів, комплексним характером досліджень, узгодженістю отриманих результатів із даними інших авторів (де це порівняння можливе), обговоренням висунутих наукових положень та зроблених висновків на багатьох міжнародних та національних науково-технічних конференціях, численними експериментами. Отримані

експериментальні результати знаходяться в задовільній якійсній та кількісній відповідності до висунутих теоретичних положень.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях. Основні результати дисертаційної роботи достатньо повно висвітлено в 14 наукових працях, серед яких 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави, яке включено до міжнародної наукометричної бази Scopus, 5 статей у наукових фахових виданнях України, дві з яких входять до міжнародної наукометричної бази Scopus, а також 8 публікаціях у матеріалах конференцій та семінарів.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертації доповідались й обговорювалися на 15 міжнародних та національних наукових конференціях.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації. Оформлення автореферату за своїм обсягом, структурою та змістом відповідає чинним вимогам до оформлення дисертаційних робіт. Основний зміст автореферату ідентичний змісту основних положень дисертації.

Зауваження по дисертаційній роботі і автореферату

1. Перший розділ дисертації надто переобтяжений великою кількістю опису відомих методів, означень тощо (метод моментів, Монте-Карло, статична система, функціональна придатність та ін.). Достатньо було б зробити посилки на відповідні підручники або літературні джерела, де це наведено.
2. У дисертаційній роботі запропоновано та обґрунтовано новий метод забезпечення функціональної придатності статичних систем на основі аналізу інтервальних даних, який ґрунтується на розв'язуванні інтервальної системи нелінійних алгебричних рівнянь і забезпечує одночасне знаходження оптимальних параметрів статичних систем та їх допусків. Одночасно детальний аналіз зазначеного методу вказує на той факт, що якщо параметри статичних систем оптимальні, то отримані допуски не є такими, оскільки в методі не зазначено критерію їх оптимізації. Можна вважати ці допуски оптимальними для отриманого точкового значення параметрів статичної системи, але не загалом.
3. У задачі аналізу та забезпечення функціональної придатності лінії з виробництва гіпсокартону автором запропоновано математичну

модель, яка описує час затвердіння суміші залежного від деяких чинників. З дисертаційної роботи та автореферату не зрозуміло, чи ця модель є новою, чи вона відома, обрана автором для побудови ІСЛАР (4.12).

4. У дисертаційній роботі недостатньо висвітлено використання розроблених методів аналізу та забезпечення функціональної придатності статичних систем при проектуванні та промисловому виробництві радіоелектронної апаратури.
5. При розкритті суті методу забезпечення функціональної придатності на основі аналізу інтервальних даних, який зводиться до розв'язування оптимізаційної задачі (3.9), формула (3.11) відображає один із варіантів опису функції мети. У цій формулі ширина інтервалу допустимих значень вихідної характеристики при заданих допусках буде більшою від його перетину з заданим інтервалом значень вихідної характеристики. Тому використання модуля у цій формулі не є доцільним.
6. При верифікації методу еліпсоїдного оцінювання функціональної придатності статичних систем, який ураховує часову зміну параметрів компонентів системи, розглянуто ряд прикладів на основі радіоелектронних кіл. У дисертації не пояснено, чим зумовлено часові зміни параметрів компонентів радіоелектронних кіл.
7. У деяких математичних виразах відсутнє описання прийнятих буквених позначень, які до цих виразів входять. Це суттєво ускладнює сприйняття цих виразів (наприклад, (2.9), (2.28) та ін.).
8. У тексті дисертації зустрічаються стилістичні неточності, опечатки (наприклад, (3.11), (3.15) та ін.).

Висновки.

В цілому, дисертаційна робота *Крепич Світлани Ярославівни* на тему: "Моделювання та забезпечення функціональної придатності статичних систем методами аналізу інтервальних даних" є завершеною науково-дослідною працею, в якій розв'язано актуальну наукову задачу пов'язану зі створенням математичних і програмних засобів для моделювання та забезпечення функціональної придатності статичних систем, які б враховували часові зміни параметрів компонентів системи та забезпечували можливість одночасного знаходження оптимальних значень певних параметрів досліджуваних систем. Розв'язок даної задачі сприятиме

підвищенню ефективності технологічних процесів, пов'язаних з виготовленням окремих видів продукції для будівельної промисловості та при вирішенні задач дослідження радіоелектронних кіл.

Представлена дисертаційна робота відповідає вимогам п.11, п.12 та п.13. "Порядку присудження наукових ступенів", а її авторка *Кретич Світлана Ярославівна* заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ:

доктор технічних наук, професор,
завідувач відділу теоретичної
електротехніки Інституту
електродинаміки НАН України



М.В.Мислович

03.03.2016р

Григоренко Віта
начальник
відділу кадрів

