

Голові спеціалізованої вченої ради Д 26.062.01
при Національному авіаційному університеті
03058, м. Київ, пр. Любомира Гузара, 1

ВІДГУК

офіційного опонента

проректора з науково-педагогічної роботи Національного університету «Львівська політехніка», доктора технічних наук, доцента Коржа Романа Орестовича на дисертацію НЕЧИПОРУК Олени Петрівни «Інформаційна технологія діагностування багаторівневих технічних систем», поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

Актуальність теми

Підвищення конструктивної складності систем за інших рівних умов неминує веде до зниження їх надійності та ефективності виконання ними заданих функцій. Протиріччя між зростанням складності технічних систем і зниженням їх надійності призводить до необхідності розробки ефективних методів контролю і діагностики їх стану. Метою даного дослідження є створення інформаційної технології діагностування багаторівневих технічних систем для підвищення достовірності результатів ідентифікації комбінацій прихованих несправностей в умовах накладання їх наслідків на контрольовані параметри.

Виникнення комбінацій окремих несправностей при накладанні їх наслідків унеможливорює розв'язання задачі діагностування багаторівневої технічної системи традиційними методами. Досягнення вказаної мети вимагає подальшого розвитку теорії і практики побудови інформаційних технологій діагностування складних технічних об'єктів з багаторівневою структурою, а

також розробки методів розв'язання основних функціональних задач, що виникають у подібних випадках.

Наразі відсутній загальний підхід до побудови ефективних моделей і алгоритмів діагностування причин виникнення прихованих несправностей підсистем і аналізу передаварійних ситуацій у об'єктах з багаторівневою структурою та множинами несправностей. Отже, проблема, вирішенню якої присвячене дисертаційне дослідження Нечипорук О.П., є актуальною і має важливе наукове та прикладне значення для створення та вдосконалення інформаційних технологій діагностування багаторівневих технічних систем.

Оцінка обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність, новизна

Сформульовані в дисертаційній роботі наукові положення та висновки достатньо повно обґрунтовані здобувачем та викладені в доказовій формі.

У авторефераті з необхідною повнотою відображено загальну характеристику, основний зміст та висновки дисертаційної роботи. Структура дисертації відповідає чинним вимогам, які висуваються до докторських дисертацій. Дисертація складається з анотації, змісту, переліку умовних позначень, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, додатків, списку використаних джерел (у кінці кожного розділу основної частини дисертації). Загальний обсяг дисертаційної роботи – 306 сторінок.

Результати дисертаційних досліджень к.т.н., доцента Нечипорук О.П. викладено послідовно й структуровано відповідно до поставлених завдань дослідження.

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертаційного дослідження, сформульована мета і завдання, подані наукова новизна та практичне значення

отриманих результатів, наведені дані про особистий внесок здобувача, апробацію результатів дисертації та кількість публікацій за темою дисертації.

У **першому розділі** проведено аналіз наукових публікацій за темою дисертаційної роботи, зокрема, проаналізовано проблеми, пов'язані з діагностуванням багаторівневих технічних об'єктів, створенням діагностичних моделей, що описують нелінійні функціональні залежності між системними об'єктами та методів виведення рішень на основі даних моделей. На основі проведеного ґрунтовного аналізу стану проблемної області дисертантом обґрунтовано та сформульовано основні завдання дослідження, вирішення яких є необхідною умовою досягнення поставленої мети та вирішення відповідної проблеми.

Другий розділ присвячено розробленню узагальненої логічної моделі діагностування багаторівневих технічних об'єктів та її окремих форм, які відображають причинно-наслідкові залежності між типовими комбінаціями несправностей та відповідними їм змінами значень контрольованих параметрів об'єкту. Застосування даних моделей дозволяє визначати комбінації прихованих несправностей з урахуванням накладання їх наслідків на значення характеристик стану контрольованого об'єкта. Розроблено метод трансформації логічних моделей до комбінаторних форм, які зводяться до канонічного виду систем нерівностей лінійної та нелінійної структури, що дозволяє звести завдання визначення комбінацій несправностей у складному об'єкті діагностування до формування вектора значень змінних, що задовольняють даним системам нерівностей і умові бівалентності.

У **третьому розділі** наведено метод трансформації комбінаторної моделі до канонічного виду систем нерівностей лінійної та нелінійної структури з булевими змінними. Бівалентність шуканих змінних, що входять до даних систем, надає можливості використовувати для їх вирішення модифіковані алгоритми послідовного аналізу та відсіювання варіантів, адаптовані під

структуру кожної з цих моделей. Розроблено методи розв'язання систем комбінаторних нерівностей лінійної та нелінійної структури з булевими змінними, що реалізують стратегію послідовного аналізу і відсіювання варіантів.

У **четвертому розділі** подано інформаційну технологію діагностування багаторівневих технічних систем, інваріантну щодо їх фізичної природи, структури та технічних параметрів, яка здатна ідентифікувати комбінації несправностей в умовах накладання наслідків впливу кожної з них на значення контрольованих параметрів системи. Розроблено експертну систему, що реалізує інформаційну технологію подання та опрацювання діагностичних даних на основі логічних моделей, що стали основою для програмного забезпечення і забезпечили підвищення достовірності результатів процесу діагностування багаторівневого технічного об'єкта.

У **п'ятому розділі** подано результати натурного експерименту, відповідно побудовані експериментальні моделі діагностування газотранспортної системи України в цілому та її складових частин на всіх рівнях (на прикладі компресорної станції, газоперекачувального апарату, системи змащувального мастила). При цьому виявлено залежність зміни значень характеристик стану елементів системи від комбінацій несправностей, що відбулись в системі на момент діагностування. Результати експериментальних досліджень в газотранспортній галузі з використанням розробленого програмного забезпечення підтверджують вірність наукових положень запропонованої інформаційної технології.

Загальні висновки по роботі повністю висвітлюють отримані результати дослідження та за своїм рівнем відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

У **додатках** подані акти впровадження результатів дисертаційного дослідження в профільних установах, а також плани проведення експериментів у

даних установах та свідоцтва про авторське право на комп'ютерні програми, що реалізують основні методи дослідження.

Наукова новизна одержаних особисто здобувачем результатів полягає у такому:

– вперше розроблено метод діагностування багаторівневих технічних об'єктів, який дозволяє ідентифікувати комбінації прихованих несправностей в умовах накладання наслідків кожної з них на значення контрольованих параметрів, що дозволяє скоротити час приведення об'єкта до робочого стану;

– вперше розроблено узагальнену та окремі логічні моделі діагностування технічних об'єктів з багаторівневою структурою, які відображають причинно-наслідкові залежності між типовими комбінаціями несправностей та змінами значень контрольованих параметрів, що дозволяє скоротити час діагностування в окремих практичних випадках;

– вперше розроблено метод перетворення логічних діагностичних моделей до комбінаторних форм, які зводяться до канонічного виду систем нерівностей лінійної та нелінійної структури з булевими змінними, що дозволяє використовувати для розв'язання задач діагностування складних технічних об'єктів з комбінаціями прихованих несправностей ефективні алгоритми послідовного аналізу і відсіювання варіантів.

– отримав подальший розвиток метод послідовного аналізу і відсіювання варіантів, який адаптований до структури моделей реальних задач діагностування, що дозволяє скоротити час отримання шуканого рішення.

– вперше розроблено інформаційну технологію діагностування багаторівневих технічних об'єктів, інваріантну щодо їх фізичної природи, структури та технічних параметрів, яка здатна ідентифікувати комбінації прихованих несправностей в умовах накладання наслідків впливу кожної з них на значення характеристик стану об'єкту.

Достовірність наукових положень

Достовірність наукових положень дисертаційної роботи підтверджується:

- коректною постановкою проблеми та формулюванням основних завдань дисертаційного дослідження (стор. 17-19 і 82-84 дисертації та стор. 2-3 автореферату);
- використанням в роботі математично обґрунтованих та перевірених на практиці методів теорії системного аналізу та штучного інтелекту, математичної логіки, експертного аналізу, методів побудови експертних систем;
- збіжністю теоретичних результатів моделювання та експериментів;
- відповідністю наукових положень основним математичним та фізичним законам.

Наукове значення дисертаційної роботи полягає в подальшому розвитку теорії і практики побудови інформаційних технологій діагностування багаторівневих технічних об'єктів, в яких виникають комбінації прихованих несправностей, що несуть невизначеності стану об'єкта в умовах накладання наслідків - впливу кожної з несправностей на значення контрольованих параметрів.

Практичне значення дисертаційного дослідження полягає в наданні можливості ідентифікації множини прихованих несправностей в багаторівневій технічній системі в умовах невизначеності стану об'єкта, що характеризується накладанням наслідків окремих несправностей на контрольовані параметри. Здобувачем розроблено експертну систему діагностування багаторівневих технічних об'єктів, здатну виявляти такі приховані несправності.

Отримані здобувачем результати стали основою для розроблення та впровадження ряду прикладних програмних продуктів, що підтверджують свідоцтва на авторське право, які надано в додатках.

Практична значущість одержаних результатів і достовірність наукових положень підтверджені актами впровадження, копії яких подано у додатках дисертації і на які в авторефераті посилається здобувач, що підтверджують особистий внесок здобувача в науку.

Мова та стиль викладення дисертації та автореферату дозволяють повно та адекватно зрозуміти суть розроблених наукових положень та отриманих практичних результатів.

Дисертація та автореферат у цілому відповідають вимогам, які висуваються до їх оформлення відповідно до «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року (із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 656 від 19.08.2015 року № 1159 від 30.12.2015 року та № 567 від 27.07.2016 року); вимог ДСТУ 3008-2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення».

У цілому зміст дисертації та автореферату викладено послідовно та логічно.

Підтвердження повноти викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях

За напрямом дисертаційних досліджень здобувачем опубліковано 50 наукових праць, у тому числі 2 монографії, 28 наукових статей у наукових журналах та збірниках наукових праць, з яких 3 наукові статі у виданнях, що входять до міжнародної бази даних Scopus, 11 наукових статей у наукових виданнях, що входять до інших міжнародних наукометричних баз даних, 14 наукових статей у вітчизняних фахових наукових журналах та збірниках наукових праць.

Апробація наукових результатів відбулась на 20 конференціях, 18 з яких міжнародні.

Публікації дисертанта з достатньою повнотою відображають наукові та практичні результати наукових пошуків.

З праць, що опубліковані у співавторстві, у дисертації використано лише ті результати, які отримані здобувачем самостійно.

Зауваження щодо змісту дисертації та її оформлення

1. В дисертації в розділі 5 наведено формули (5.54-5.59), які далі не використовуються в експерименті, але на параметри, які використані в даних формулах є посилання автором в доказах підтвердження значення проведеного експерименту, що доводить необхідність приведення даних формул.

2. Відомо, що будь-яка експертна система діагностування повинна не тільки формувати пакет інформації щодо результату процесу діагностування, але й надавати допустимі варіанти вирішення ситуації, що виникла. На жаль, у дисертації не наведені приклади подібних рішень та математичний апарат, що використовується для їх виведення.

3. В дисертації відсутні характеристики комп'ютерної та програмної реалізації розроблених дисертантом методів. Але при цьому у додатках наведено копії свідочств про авторське право на комп'ютерні програми розроблених автором основних методів, що допускає можливість ненадання програмного коду в тексті дисертації.

4. Дисертація та автореферат містять громіздкі фрази, що ускладнює розуміння їх змісту.

5. Дисертація містить багато суто технічної інформації, яка, для докторської дисертації є зайвою. Зокрема, це стосується детального опису структури газотранспортної системи, наведеної у розділі 5.

6. Методи розв'язання задач діагностування, описані в розділі 4, представлено на прикладах, але не вказано, до яких конкретних реальних задач застосовано дані приклади.

7. Зважаючи на вагомість одержаних результатів, в дисертації не знайшли місце практичні рекомендації, від яких робота тільки б виграла у поданні.

Вказані недоліки не впливають на загальний позитивний висновок щодо дисертації.

Висновки

Ознайомившись та проаналізувавши дисертацію, автореферат дисертації та праці здобувача, опублікованих за темою дисертаційного дослідження, можна сформулювати наступні висновки:

- дисертаційна робота відповідає вимогам Порядку присудження наукових ступенів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року (зі змінами);
- дисертаційна робота відповідає пп. 1, 2, 3 та 11, 12 паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології;
- зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації;
- результати наукових досліджень, за якими здобувач захистив кандидатську дисертацію, на захист докторської дисертації не виносяться;
- дисертація є завершеною кваліфікаційною науковою працею, що містить нові науково обгрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які вирішують конкретну науково-прикладну проблему, пов'язану з розробкою інформаційної технології діагностування багаторівневих технічних систем, в яких виникають комбінації прихованих несправностей в умовах накладання їх наслідків на контрольовані параметри системи;
- використання чужих наукових результатів без посилань на авторів у дисертації не виявлено, що свідчить про особистий внесок здобувача в науку;

– автор дисертації НЕЧИПОРУК Олена Петрівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Офіційний опонент

проректор з науково-педагогічної роботи
Національного університету «Львівська політехніка»
доктор технічних наук, доцент



Р.О. Корж

Підпис проректора Коржа Р.О. засвідчую
Вчений секретар
Національного університету «Львівська
політехніка», к.т.н., доцент

Р.Б. Брилинський