

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

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора Корнієнка Б.Я.
на дисертацію кандидата технічних наук, доцента Нечипорук Олени Петрівни за
темою «Інформаційна технологія діагностування багаторівневих технічних
систем», подану на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук за спеціальністю
05.13.06 – інформаційні технології

Актуальність теми

Експлуатація і обслуговування сучасних складних технічних об'єктів у
будь-яких умовах вимагає забезпечення їх високоякісним технічним
діагностуванням. Діагностування є однією з найбільш інтелектуально ємних
процедур. Від якості діагностування технічного стану системи залежить
ефективність її технічного обслуговування та безпека експлуатації.

Сучасні технічні об'єкти представляють собою складні технічні системи, що
являються об'єднанням модулів різного фізичного виконання й призначення.
Проведення діагностичної процедури та обробка її результатів має велику
працеемність, чи, більш того, вона є нереалізованою з причин обмеження на
обчислювальні ресурси. Тому постає необхідність створення принципово нових
моделей подання даних про об'єкт з метою діагностування, на основі яких
можливо організувати ефективну комбінаційну процедуру пошуку несправностей
для складних систем з великою кількістю станів. Особливої гостроти набуває
проблема ідентифікації саме комбінацій несправностей, що притаманні об'єктам
діагностування з багаторівневою структурою, в яких несправності в підсистемі

того чи іншого рівня можуть викликати комбінації несправностей в інших підсистемах даного рівня і підсистемах інших рівнів, що взаємодіють з даним. Крім того, дані комбінації несправностей несуть різні негативні впливи на контрольовані параметри системи.

З цих позицій, дисертаційна робота Нечипорук О.П. присвячена розв'язанню актуальної науково-практичної проблеми (яка має як теоретичне, так і практичне значення) пов'язаної з розробкою інформаційної технології діагностування багаторівневих технічних систем, в яких виникають приховані комбінації несправностей в у мовах накладання їх наслідків на контрольовані параметри системи.

Отже, зважаючи на зв'язок теми дисертації Нечипорук О.П. з означеними вище питаннями, вважаємо її достатньо обґрунтованою та актуальною.

***Оцінка обґрунтованості та достовірності наукових положень,
висновків та рекомендацій***

Викладені наукові положення, висновки та рекомендації є повністю обґрунтованими. Достовірність запропонованих дисертантом теоретичних положень, гіпотез, логічних і математичних моделей підтверджується відповідними експериментальними даними та результатами верифікації запропонованих моделей, методів та узагальненої технології. Отримані під час експериментів дані відповідають теоретичним висновкам роботи та повністю підтверджують їх. Коректне застосування методів системного аналізу, методів математичної логіки, елементів теорії штучного інтелекту та теорії програмування.

Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації

Проаналізувавши автореферат і дисертацію здобувача, можна зробити висновки, що в авторефераті з необхідною повнотою відображено загальну

характеристику, основний зміст та висновки дисертаційної роботи. Для основних положень дисертації та змісту автореферату характерна повна ідентичність.

У **вступі** автором представлена характеристика дисертації, обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, визначено наукову новизну отриманих результатів та їх практичне значення, наведено інформацію про впровадження результатів, їх апробацію та публікації, структуру, об'єм та ключові слова.

У **першому розділі** проведено аналіз вітчизняної та зарубіжної наукової літератури за темою дисертаційної роботи. Проведено аналіз проблем діагностування складних технічних систем з багаторівневою структурою і, зокрема, процесу ідентифікації комбінацій несправностей на всіх рівнях складної системи. Проаналізовано сучасні методи виведення рішень в експертних системах діагностики. На основі проведеного аналізу визначено основні завдання дослідження, вирішення яких необхідне для досягнення мети, що представлена в дисертаційній роботі.

У **другому розділі** запропоновано узагальнену логічну модель діагностування багаторівневих технічних систем, яка дозволяє визначати комбінації прихованих несправностей з урахуванням накладання їх наслідків на значення характеристик стану контрольованого об'єкта. Запропоновано метод, що передбачає перетворення логічної моделі до комбінаторних форм. Це дозволяє звести завдання визначення комбінацій несправностей у складному об'єкті діагностування до формування вектора значень змінних, що задовольняють побудованим системам нерівностей і умові бівалентності.

У **третьому розділі** запропоновано метод, що передбачає перетворення логічної моделі до комбінаторних форм, які дозволяють використовувати для ідентифікації комбінацій несправностей ефективні алгоритми послідовного аналізу і відсіювання варіантів, що є альтернативою громіздким традиційним процедурам логічного виводу. Запропоновано методи розв'язання систем

комбінаторних нерівностей лінійної та нелінійної структури з булевими змінними, що реалізують стратегію послідовного аналізу і відсіювання варіантів. Модифіковано метод послідовного аналізу та відсіювання варіантів, розповсюджений на розв'язання систем комбінаторних нерівностей лінійної та нелінійної структури.

У **четвертому розділі** розроблено 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** описано проведені натурний експеримент для побудови логічних моделей діагностування газотранспортної системи. При цьому виявлено залежність зміни значень характеристик стану елементів системи від комбінацій несправностей, що відбулись в системі на момент діагностування. 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), також в ході дослідження побудовано експериментальну логічну модель двоконтурного турбореактивного двигуна, який є основним конструктивним вузлом ГПА газотранспортної системи. Подібні двоконтурні турбореактивні двигуни також є підсистемою інших складних систем.

У **додатках** вміщено акти впровадження результатів дисертаційної роботи та свідоцтва про авторське право на комп'ютерні програми.

Наукова цінність результатів роботи

Основний науковий результат дисертації полягає у наступному:

1. **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.
2. **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.
3. **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.
4. **Отримав подальший розвиток** метод послідовного аналізу і відсіювання варіантів, який адаптований до структури моделей реальних задач діагностування, що дозволяє скоротити час отримання шуканого рішення.
5. **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. Розроблена інформаційна технологія містить комплекс методів, алгоритмів і програм, які надають можливість розв'язувати задачі діагностування багаторівневих технічних систем на новому

якісному рівні, що дозволяє підвищити достовірність прийняття рішень в умовах накладання наслідків кожної окремої несправності.

Підтвердження повноти викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях

Основні положення дисертаційного дослідження опубліковано у 50 наукових працях, 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, а також 20 матеріалів та тез доповідей конференцій.

Значення результатів для практики

Отримані результати дослідження призначені для використання, в першу чергу, в газотранспортній галузі. Крім того, вони можуть знайти своє застосування в інших галузях, де виникає потреба діагностування багаторівневих технічних систем з комбінаціями прихованих несправностей при накладанні їх наслідків, наприклад, авіа- та машинобудування.

Зокрема, практична цінність одержаних результатів полягає у наступному:

– розроблено експертну систему діагностування багаторівневих технічних об'єктів, здатну ідентифікувати комбінації прихованих несправностей з урахуванням накладання їх наслідків;

– розроблено логічну модель діагностування газотранспортної системи України як багаторівневого технічного об'єкта з урахуванням всіх її складових частин, яка дозволяє виявляти комбінації прихованих несправностей, і, як наслідок, приводить до зменшення аварійних останів системи.

– удосконалено моделі діагностування турбореактивних двоконтурних двигунів як складової частини газотранспортної системи, що дозволило скоротити процес діагностування та термін ліквідації наслідків несправностей у системі.

Результати теоретичних та практичних досліджень знайшли застосування у таких науково-дослідних роботах:

– «Розробка моделюючої системи польоту БПЛА у комбінованому режимі»;

– «Розробка програмного забезпечення «Програмне забезпечення комплексу завдань «Параметрична діагностика»»;

– «Моделі та методи визначення показників функціонування телекомунікаційних систем»;

– «Дослідження засобів аналізу та оптимізації роботи комп'ютерних мереж вузівського масштабу»;

– «Теоретичні та практичні аспекти впровадження мережевих 3D-технологій у навчальному процесі».

Результати дисертаційної роботи впроваджено у науково-дослідну роботу в Національному авіаційному університеті, а також у діяльність ДП «Завод №410 ЦА», УМГ «Черкаситрансгаз», АТ «Укртрансгаз».

Зауваження до дисертації та автореферату

1. У дисертаційній роботі запропоновано використання моделей, побудованих, зокрема, на основі методів математичної логіки. Однак, недостатньо уваги приділено визначенню ступеня адекватності цих моделей фактичним процесам і об'єктам.

2. Експериментальні дослідження, результати яких розкрито в п'ятому розділі, повинні бути оформлені більш строго, як того вимагає теорія планування та оформлення експерименту. Додержання таких вимог дозволило б встановити зв'язок між метою експерименту, його завданнями та одержаними результатами. При цьому

слід відмітити, що плани експериментів надано в додатках в повному обсязі, а ознаки планування експерименту та його результати дисертантом представлені в роботі, але не структуровані. На нашу думку, етапи наукових досліджень, які надано в додатках, мали б знайти своє відображення в основному тексті роботи.

3. У дисертаційній роботі замало уваги приділено засобам програмної реалізації розроблених структур баз даних та баз знань, при цьому слід відмітити наявність структурного опису зазначених складових експертної системи в розділі 4.

4. Перший розділ дисертаційного дослідження, а саме пункт 1.1 переповнений загальновідомими фактами, які можна було б не наводити.

5. В роботі присутні стилістичні та орфографічні помилки, які в цілому не впливають на сприйняття роботи.

Очевидно, що зазначені недоліки є наслідком високої складності розглянутої предметної області дослідження, яка знаходиться на етапі інтенсивного розвитку, та великого об'єму виконаних досліджень.

Висновки

Не зважаючи на зазначені недоліки, дисертаційна робота Нечипорук Олени Петрівни є закінченою науковою працею, яка містить нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що у сукупності є суттєвими для розвитку теорії і практики діагностування багаторівневих технічних систем. Усі одержані наукові результати можуть застосовуватися у різних галузях виробництва і експлуатації технічних систем.

Отже, вважаю, що дисертаційна робота «Інформаційна технологія діагностування багаторівневих технічних систем» повністю відповідає чинним вимогам МОН України, зокрема «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), а її автор Нечипорук

Олена Петрівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – «Інформаційні технології».

Офіційний опонент

професор кафедри автоматики та
управління в технічних системах
Національного технічного університету
України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»
доктор технічних наук, професор



Б.Я. Корнієнко

Підпис професора Б.Я. Корнієнко засвідчую

