

Прийнято до  
спеціалізованої вченої  
ради ФФ 64.820.002  
08.02.2021

Dr. Огар  
Олександр  
голова вченої ради

## Відгук офіційного опонента

на дисертацію Щєбликіної Олени Вікторівни  
«ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ГОТОВНОСТІ  
СИСТЕМ КЕРУВАННЯ РУХОМ ПОЇЗДІВ НА ОСНОВІ КОНТРОЛЮ  
ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ», поданої на здобуття наукового  
ступеня доктора філософії з галузі знань 27 – Транспорт  
за спеціальністю 275 – Транспортні технології

На відгук надано текст дисертації, який складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку літературних джерел з 201 найменування та восьми додатків загальним обсягом 244 сторінок. З них основного тексту 128 сторінок, які містять 47 рисунків та 8 таблиць. Таким чином, за показниками обсягу робота відповідає вимогам МОН України.

**Актуальність теми дисертації** визначається низьким рівнем використання сучасних мікропроцесорних систем сигналізації на залізницях України та необхідністю впровадження цифрових технологій покоління 4.0 в діяльність залізничного транспорту, у тому числі в керуванні рухом поїздів. Але не тільки технічний рівень відображає застарілість систем залізничної автоматики в Україні. Цифрові технології привносять принципово інші можливості забезпечення надійності функціонування. До цього оновлення слід готувати методичну базу контролю стану та персонал, який обслуговує системи сигналізації і України.

Саме тому тематику даного дисертаційного дослідження слід визнати актуальною та практично важливою.

Дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетних напрямків розвитку залізничної галузі, що визначені Національною транспортною стратегією України до 2030 року (розпорядження КМУ від 30.05.2018 р. № 430-р), Стратегічним планом розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року (наказ Міністерства інфраструктури України від 21.12.2015 р. № 547), а також планів НДДКР Українського державного університету залізничного транспорту та Харківського національного автомобільно-

дорожнього університету за трьома темами, у виконанні яких авторка дисертації приймала безпосередню участь.

**Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій.** Наукові положення та висновки, що сформульовані в дисертаційній роботі, випливають з її змісту та відображають нові результати, які отримані здобувачкою.

Розроблені моделі реалізовані на реальних об'єктах і системах залізничної автоматики та довели свою працеспроможність. Це підтверджено у четвертому розділі.

Достовірність графо-функціональних моделей підтверджується використанням повного набору статичних та динамічних властивостей об'єктів керування та контролю. Результати реалізації моделей надано у другому та третьому розділах.

Експериментальні дослідження реалізовано з використанням методів математичної статистики та наочного відображення.

Обґрунтованість висновків та практичних рекомендацій, що запропоновані в дисертаційній роботі, підтверджується практичними та теоретичними дослідженнями. Одержані результати узгоджуються з даними раніше проведених досліджень.

**Новизна наукових отриманих результатів** полягає у наступному. Вперше: розроблено модель оцінки глибини контролю при здійсненні функціональних випробувань систем керування рухом поїздів (СКРП) при врахуванні відношень «об'єкти контролю – їх функції – засоби реалізації – технологічні ситуації»; синтезовано графо-функціональні моделі, що враховують статичні і динамічні властивості об'єктів керування і контролю; запропоновано метод аналітичної інтерпретації технологічних об'єктів СКРП.

Удосконалено та набули подальшого розвитку: метод блочно-діагонального синтезу моделей для функціональних випробувань СКРП; оцінка експлуатаційної готовності СКРП за результатами функціональних випробувань; підходи до врахування багатозначності допоміжних

технологічних режимів СКРП та інтерактивного характеру взаємодії технічних засобів з персоналом; способи прогнозування впливу людського й технічного чинників на експлуатаційну надійність СКРП.

**Повнота викладення наукових результатів в опублікованих працях.** За темою дисертації опубліковано 27 наукових праць у період 2016 – 2020 роки. З них у фахових виданнях України – вісім статей, одна у іноземних виданнях країн ЄС та 18 публікацій апробаційного характеру, в основному у матеріалах конференцій різного рівня. Слід відмітити три патенти на корисну модель. Аналізуючи матеріал, що опубліковано, можна зробити висновок щодо достатньої повноти викладення основних положень та розділів дисертації в опублікованих працях.

**Практична значимість отриманих результатів дисертації** полягає у можливості відтворення в процесі формування моделей статичних та динамічних характеристик об'єктів, підвищенні коефіцієнту експлуатаційної готовності СКРП у процесі контролю функціональних параметрів, підвищенні інтенсивності відновлення СКРП у процесі експлуатації, збільшенні глибини контролю при проведенні випробувань із використанням розроблених моделей, зменшенні тривалості синтезу моделей для випробувань та прогнозованої кількості помилок, скороченні простою у графіку руху поїздів. Фактичне застосування результатів дисертації підтверджено відповідними актами впровадження на регіональній філії «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця», ПАТ «МК «Запоріжсталь», ТОВ «Вуглепромтранс», ТОВ «Хартрон-Енерго» та в освітньому процесі УкрДУЗТ.

### **Оцінка змісту дисертації.**

Назва дисертації адекватно відображає її зміст.

У вступі обґрунтована актуальність дослідження. Визначені мета, завдання, об'єкт, предмет та методи дослідження, наукова новизна й практичне значення одержаних результатів. Наведені дані щодо державних програм та планів, а також тем наукових розробок закладів вищої освіти за

темою дослідження. Надана інформація про апробацію, впровадження та публікації результатів дисертаційної роботи.

У першому розділі дисертації надано змістовний аналіз стану технічних засобів автоматики, діагностики та телекомунікації на магістральному залізничному транспорті з точки зору надійності та фізичного зносу. Із наведених даних випливає тенденція до зниження експлуатаційної готовності СКРП, а відповідно – підвищення ризику транспортних подій. Ключовими причинами відмов пристроїв СКРП є порушення технології виконання робіт з технічного обслуговування (52,38%) та фізичне старіння приладів (20,25%). Це яскраво пояснює актуальність напрямку дослідження.

Як принципово пріоритетним напрямком модернізації СКРП визначено концепцію цифровізації або Industry-4.0. Це відповідає дійсності та напрямкам розвитку систем залізничної автоматики та комунікацій у світі. Обґрунтовано необхідність перегляду підходів до контролю функціональних параметрів СКРП із урахуванням потреб цифровізації інформаційно-керуючих систем залізничного транспорту нового покоління.

Проаналізовано методи та моделі контролю функціональних параметрів програмно-технічних засобів СКРП. Обґрунтовано необхідність використання експериментальних способів (випробувань) верифікації обладнання. Обґрунтовано, що ключовою задачею при застосуванні випробувань є формування та використання відповідних ефективних моделей. Запропоновано вдосконалення та доопрацювання графоаналітичних методів та моделей випробувань у предметній галузі.

У другому розділі «Моделі оцінки глибини контролю функціональних параметрів» визначено та обґрунтовано основні параметри, які визначають ефективність функціональних випробувань СКРП. Встановлено зв'язки між даними параметрами за допомогою формалізованого цільового функціонала дослідження, який зводиться до підвищення тестового покриття функціональних випробувань та зменшення ресурсів на їх проведення.

Встановлені та обґрунтовані складові глибини контролю СКРП та зв'язки між ними. Обґрунтовано взаємозв'язок між складовими тестового покриття та іншими параметрами ефективності функціональних параметрів.

Розроблено лінійну модель оцінки тестового покриття функціональних випробувань у матричному вигляді та її нелінійні обмеження. З використанням правила Крамера до системи лінійних рівнянь знайдено оцінку глибини контролю СКРП для різних потужностей зв'язків між об'єктами керування та контролю, програмно-апаратним забезпеченням, функціями та технологічними ситуаціями. Підтверджено адекватність розробленої моделі та визначено діапазони похибок використання вказаної моделі при оцінці тестового покриття. Встановлені основні рекомендації по застосуванню моделі у процесі реалізації випробувань та підготовки до них.

Очевидність висновків та рішень інтерпретують графічні побудови, що позитивно характеризує рівень педагогічної, комп'ютерної та фахової підготовки авторки.

Третій розділ присвячено синтезу модифікованої графо-функціональної моделі оцінки експлуатаційної готовності мікропроцесорних СКРП.

Спочатку було сформовано базову графічну модель технологічного об'єкту СКРП, яка взята за основу розробленого методу синтезу моделей для випробувань. Шляхом трансформації базової графічної моделі розроблено принципи формування графо-функціональної моделі технологічного об'єкта СКРП, яка в змозі інтерпретувати об'єкти контролю вершинами графу з відповідною вагою, що дозволяє відтворити як статичні, так й динамічні властивості.

Розроблено принципи аналітичної інтерпретації графо-функціональної моделі на базі функціонально-топологічної матриці суміжності, яка дозволяє задати всі можливі зв'язки між об'єктами контролю СКРП.

Далі розроблено метод синтезу динамічної моделі для випробувань СКРП, який поєднує у суцільну матрицю непересічні блоки функціонально-топологічної матриці та їх доповнення. Це реалізується шляхом визначення

їх модифікованої прямої суми, з чого метод названо методом модифікованих прямих сум. На відміну від існуючого розроблений метод дозволяє завдавати динамічні властивості, скорочує час й ресурси підготовки випробувань.

Приведено оцінку ефективності методу модифікованих прямих сум за критеріями обсягу введеної інформації, кількості помилок, тривалості формування моделі для випробувань, глибини контролю. Визначені переваги розробленого методу порівняно з найближчим аналогом.

Розділ 4 дисертації присвячено аспектам використання розробленого у дисертації підходу.

Середня тривалість відновлення технічних засобів СКРП пропорційна глибині контролю (тобто обсягу тестового покриття) та тривалості верифікації одного функціонального модуля – програмно-апаратного компонента. Визначена формула середньої тривалості (формула (4.1)) та інтенсивності відновлення з урахуванням формул, які були отримані у розділах 2 та 3. Сформовані закономірності залежності параметрів експлуатаційної готовності (коефіцієнту готовності, середнього часу та інтенсивності відновлення) від глибини контролю та масштабності СКРП (вирази (4.2) – (4.4)). Наведено відповідні графічні інтерпретації.

У даному розділі наведено апробаційні приклади застосування методу синтезу моделей випробувань: графо-функціональна модель стрілки, функціональна схема роботи моделі для випробувань СКРП на базі методу модифікованих прямих сум, комп'ютерна реалізація модуля верифікації для МПЦ станції «Карапиші».

Наведено результати випробувань системи мікропроцесорної централізації станції «Карапиші» із використанням науково-прикладних результатів дисертації. Встановлено, що виявленні помилки програмного забезпечення при поступовому виправленні підлягають експоненціальному закону розподілу з негативним показником.

**Завершеність у цілому.** Отримані результати свідчать, що авторкою досягнута мета дослідження.

**Апробація.** Основні результати теоретичних досліджень дисертаційної роботи викладені у наукових доповідях на десяти міжнародних науково-практичних конференціях з 2016 по 2019 роки.

**Серед недоліків дисертаційної роботи можна зазначити такі:**

1. У назві розділів (принаймні, першого, другого та третього) відсутнє ключове слово, яке характеризує призначення розділу у логічній побудові дослідження: огляд, розробка, аналіз, синтез та подібні. Назва розділів більше притаманна монографії.
2. Виникає питання при застосуванні авторкою визначення наукової новизни у формі «методичний підхід» (стор. 29).
3. У правій частині формули (2.1) відсутні визначення параметру  $S_{орв}$ .
4. Авторка не дає чіткого визначення термінів «гомоморфний» та «сюр'єктивний» (стор.78), що призводить до неоднозначного сприйняття матеріалу, враховуючи неоднозначність використання цих термінів у різних сферах знань.
5. Припущення (у табл.2.2)  $M_{mn} \uparrow \Rightarrow P_e \uparrow$ , тобто зростання тестового покриття призводить до зростання достовірності випробувань, не завжди вірно з точки зору системного підходу. Бо зростання кількості параметрів контролю призводить до невизначеності стану СКРП як системи. Також імовірно існує верхня границя тестового покриття, де зростання достовірності майже невідчутне.
6. Відсутнє визначення авторкою поняття системний підхід.
7. Незрозуміла функція Додатку А «Аналіз методів графоаналітичного моделювання технологічних об'єктів». Він не пояснює окремі положення основного тексту, а є продовженням огляду існуючих розробок та підходів з об'єкту та предмету дослідження.
8. Мають місце різноманітні помилки на стор. 29, 79, 86, 98, 107, 126. Термін «графо-функціональний» використовується по тексту з ризикою та без неї.

Зазначені зауваження не мають принципового характеру та не знижують загального наукового рівня дисертації та кваліфікації здобувачки.

### Загальні висновки.

На підставі аналізу дисертації Щебликіної О.В. «Підвищення експлуатаційної готовності систем керування рухом поїздів на основі контролю функціональних параметрів», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 275 – Транспортні технології, впливають такі висновки:

- сукупність представлених на захист результатів можна кваліфікувати як вирішення прикладної наукової задачі підвищення рівня безперервності та безпеки руху на залізничному транспорті за рахунок підвищення ефективності контролю функціональних параметрів систем керування рухом поїздів;

- у дисертації запроваджено декілька сучасних математичних, аналітичних, комп'ютерних, імітаційних методів та засобів, які свідчать про високий фаховий рівень здобувачки;

- по рівню наукової розробки, актуальності та достовірності отриманих результатів дисертаційна робота у цілому відповідає вимогам пунктів 9, 10, 11, 12 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167;

- у дисертації та опублікованих за її матеріалами наукових працях відсутні порушення академічної доброчесності.

Таким чином, дисертаційна робота відповідає усім встановленим вимогам, а її авторка – Щебликіна Олена Вікторівна – заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 27 – Транспорт за спеціальністю 275 – Транспортні технології.

### Офіційний опонент:

Доктор технічних наук, професор  
кафедри технологій транспорту  
та управління процесами перевезень  
Державного університету інфраструктури  
та технологій МОН України, професор

Підпис: *Самсонкіна В.М.*  
Засвідчує: *С.М. ВР*



Самсонкін В.М.