

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертацію **Озірковського Леоніда Деонісійовича** на тему **«Розвиток теоретичних засад оцінювання показників функціональної безпечності радіоелектронних систем відповідального призначення»**, подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи

1. Актуальність теми виконаних досліджень та зв'язок з науковими планами і програмами

1.1. На початковому етапі проектування радіоелектронних систем відповідального призначення, які входять в склад складних технічних систем, обов'язковим є оцінювання їх функціональної безпечності під час експлуатації. Оцінювання функціональної безпечності здійснюється за допомогою моделі системи у вигляді дерева відмов. Розроблення дерева відмов за існуючою (ручною) методикою передбачає велике інтелектуальне навантаження на групу спеціалістів, яким доручено виконання такої задачі, і потребує великих затрат часу. Так затрати часу на розроблення дерева відмов для одного варіанту реалізації радіоелектронної системи складають сотні годин. В практиці проектування радіоелектронних систем розглядається багато варіантів доцільних технічних рішень, з яких треба вибрати ті, що відповідають вимогам до функціональної безпечності. Оскільки необхідний час на виконання такої задачі не вкладається в терміни виконання проектних робіт, строгий багатоваріантний аналіз замінюється інтуїтивними евристичними рішеннями. Вирішення такої проблеми можливе через автоматизацію процесу оцінювання функціональної безпечності експлуатації.

Для проектування складних технічних систем с підвищеними вимогами по надійності в світі є розповсюдженими програмні комплекси: RELEX (Relax software Corporation, США); ITEM Software (Великобританія); A.L.D. Group (Ізраїль); ISOGRAPH (Великобританія). В цих програмних комплексах є програмні модулі для визначення показників функціональної безпечності і надійності. Однак можливостей, які дають результати дисертації Л.Д. Озірковського, вони не мають.

Для детального дослідження критичності відмов та оцінювання функціональної безпечності на сьогодні найбільш вживаним є аналіз видів, наслідків та критичності несправностей FMEA/FMECA, який регламентований рядом міжнародних стандартів (MIL-882, Fides Issue, Telcordia, MIL-217). Однак у сучасних методиках реалізації FMEA/FMECA

аналізу не передбачено врахування особливостей технічного обслуговування, зокрема обмеження на кількість ремонтів, вплив використання відмовостійких конфігурацій, засобів контролю, діагностики та самодіагностики на достовірність показників функціональної безпечності експлуатації радіоелектронних систем. Якщо радіоелектронна система проектується як програмно-апаратна система в її математичній моделі надійності мають бути представлені як апаратні, так і програмні засоби.

Отже для оцінювання функціональної безпечності експлуатації радіоелектронних систем сучасні методи, в основу яких покладено дерево відмов, не дозволяють побудувати моделі з достатнім ступенем адекватності. Відповідно достовірність значень показників функціональної безпечності та надійності є низькою. А це, в свою чергу, призводить до надмірного резервування і відповідно до зростання вартості радіоелектронної системи.

Тому тема, мета та поставлені завдання дисертації Озірковського Л.Д., є без сумніву **актуальними**.

1.2. Актуальність задачі, важливість та перспективність отриманих результатів підтверджується також тим, що робота виконувалася, відповідно до наукового напрямку кафедри теоретичної радіотехніки та радіовимірювання НУ «Львівська політехніка» «Теорія і методи проектування радіотехнічних кіл, систем і комплексів та забезпечення їх якості», в рамках п'яти держбюджетних науково-дослідних робіт, які виконувалися на протязі 14 років (2004 – 2018).

2. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

2.1. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел і 4 додатки.

У вступі здобувач обґрунтував актуальність теми дослідження і науково-прикладної проблеми, сформулював мету, завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження, показав наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, а також навів інформацію щодо впровадження, апробації та публікації результатів дослідження.

У *першому розділі* дано вичерпне обґрунтування актуальності проблеми, яка вирішена в дисертації. Зроблено акцент на тому, що в існуючій практиці системотехнічного проектування радіоелектронних систем відповідального призначення задачі оцінювання і підвищення функціональної безпечності та надійності вирішуються окремо, на різних моделях. Це дерево відмов для отримання показника функціональної безпечності і дискретно-неперервна стохастична модель для отримання показників надійності.

Здобувач звернув увагу на те, що такий підхід породжує протиріччя, яке полягає в тому, що введення засобів для підвищення функціональної безпечності може знижувати надійність. Тому розробник має знаходити компромісне рішення. А для цього в його розпорядженні має бути єдина математична модель процесу експлуатації радіоелектронної системи, яка дасть змогу отримувати, як показники її функціональної безпечності, так і показники її надійності.

В проведених дослідженнях здобувач показав, що в доступних йому інформаційних джерелах такої моделі не виявлено, а існуючий теоретичний базис не дає можливості для створення необхідної моделі. Тому здобувач сформулював перелік завдань, які підлягають вирішенню. Цей перелік завдань він згрупував в 4 напрямки досліджень.

Перший напрямок – це створення теоретичних засад, на яких базується створення стохастичних моделей процесу експлуатації радіоелектронних систем, з яких можна отримувати, як показники функціональної безпечності, так і показники надійності.

Другий, третій і четвертий напрямки пов'язані із засобами, які використовуються для підвищення функціональної безпечності та надійності. Це стратегії технічного обслуговування та ремонту; відмовостійкі системи мажоритарного типу з реконфігурацією (деградацією ядра і відповідною зміною правила голосування) та з дворівневим принципом мажоритарного резервування; алгоритми відмовостійкого функціонування для програмно-апаратних систем. Формулюючи на етапі системотехнічного проектування вимоги до реалізації цих засобів для радіоелектронної системи, важливо звертати увагу на знаходження розумного компромісу при підвищенні значень показників функціональної безпечності та надійності підчас її експлуатації.

У другому розділі здобувач показав межу, яка досягнута існуючими методами оцінювання функціональної безпечності. Запропонував підхід, який, як показали проведені дослідження, відкриває нові можливості для проектування безпечних в експлуатації радіоелектронних систем відповідального призначення.

Для реалізації запропонованого підходу здобувач створив теоретичні засади оцінювання показників функціональної безпечності радіоелектронних систем відповідального призначення. Теоретичні засади включають в себе метод розроблення дискретно-неперервних стохастичних моделей процесу експлуатації радіоелектронних систем в тому вигляді, який дає змогу визначати мінімальні січення. Мова йде про метод розроблення графа станів і переходів, придатного (призначеного) для визначення не тільки показників

надійності, а і мінімальних січень. Для такої моделі здобувач запропонував метод формування функції аварійності в підпросторі непрацездатних станів.

Наявність такої дискретно-неперервної стохастичної моделі дає змогу розробнику отримувати залежність ймовірності виникнення мінімального січення від тривалості експлуатації, яку здобувач назвав функцією аварійності.

Використаний для розроблення графа станів і переходів метод, в основу якого покладено структурно-автоматну модель процесу експлуатації радіоелектронних систем, забезпечує суттєву автоматизацію визначення показників функціональної безпечності.

Слід відзначити, що створені в другому розділі теоретичні засади є вагомим вкладом в теорію системотехнічного проектування радіоелектронних систем та комплексів. Базуючись на цих результатах здобувач в наступних розділах здійснив розроблення моделей та методів для розв'язання задач проектування радіоелектронних систем з заданим рівнем їх функціональної безпечності та надійності.

У третьому розділі надані рекомендації, як оцінювати вплив на функціональну безпечність експлуатації радіоелектронних систем параметрів стратегії технічного обслуговування та ремонту. Згідно постановки задачі розроблено стохастичну модель процесу використання стратегій технічного обслуговування та ремонту одною ремонтною бригадою певної кількості радіоелектронних систем, розташованих на віддалених один від одного об'єктах. Тут мова йде про радіоелектронний комплекс, так як радіоелектронні системи призначені для виконання спільного завдання. Так як модель призначена для розв'язання задач параметричного синтезу запропонованої стратегії, здобувач приділяє увагу досягненню необхідного ступеня її адекватності. Використаний підхід до розроблення стохастичної моделі дає змогу перевірити («побачити») досягнутий ступінь адекватності. Суть підходу в тому, що перед розробленням моделі у вигляді графа станів і переходів виконано розроблення моделі у вигляді системи масового обслуговування. Проведений здобувачем перегляд монографій та прикладних статей з теорії масового обслуговування показав, що така модель сформована вперше. Це служить обґрунтуванням доцільності подальших наукових досліджень цього напрямку.

Для оцінювання функціональної безпечності радіоелектронної системи здобувач запропонував новий метод визначення середнього значення ймовірності існування мінімального січення, яке включає в себе комбінацію прихованих та явних відмов або виключно приховані відмови. Цей метод

забезпечує підвищення достовірності цього показника за рахунок правильного відтворення в моделі появи прихованих відмов.

Подальше розроблення стохастичної моделі процесу використання стратегії технічного обслуговування та ремонту здобувач виконує на основі запропонованих ним теоретичних засад. Мова йде про розроблення структурно-автоматної моделі, побудову графа станів і переходів та отримання системи диференціальних рівнянь. Проведена ґрунтовна валідація розробленої стохастичної моделі.

Використання розробленої стохастичної моделі забезпечує розв'язання задачі синтезу значень семи показників та параметрів стратегії технічного обслуговування для заданих значень показників безпечності та надійності радіоелектронного комплексу в цілому.

Отже в третьому розділі здобувач показує подальший розвиток теорії системотехнічного проектування радіоелектронних комплексів для проведення досліджень з удосконалення та підвищення ефективності стратегій їх технічного обслуговування та ремонту. А розроблена модель у вигляді «системи масового обслуговування» разом з відповідною системою диференціальних рівнянь Колмогорова – Чепмена доповнює арсенал моделей в теорії масового обслуговування.

Одним із способів забезпечення безпечної експлуатації радіоелектронних систем є використання відмовостійких систем. Якщо для оцінювання надійності відмовостійких систем традиційно визначають ймовірність попадання в стан критичної відмови, то для оцінювання їх функціональної безпечності більшу доцільність має показник «ймовірність перебування в станах, які безпосередньо передують стану критичної відмови». Виходячи з такого обґрунтування здобувач рекомендує для практичного використання два показники для оцінювання функціональної безпечності відмовостійких радіоелектронних систем з використанням мажоритарних структур. А саме, ймовірність потрапляння радіоелектронних систем в перед аварійну ситуацію та середнє значення частоти потраплянь в аварійну ситуацію. Для визначення цих показників у *четвертому розділі*, базуючись на створених теоретичних засадах, здобувач розробив дві нові структурно-автоматні моделі поведінки відмовостійких систем мажоритарного типу необхідного ступеня адекватності. Слід відзначити, що структурно-автоматні моделі призначені для автоматизованої побудови графа станів і переходів. Для заданих значень показників функціональної безпечності та надійності радіоелектронних систем ці моделі, з використанням програмного засобу ASNA, дають змогу розробнику розв'язувати через багатоваріантний аналіз

задачі синтезу показників надійності та функціональності складових відмовостійких систем мажоритарного типу.

Наукові результати четвертого розділу можливо є певним вкладом здобувача в розвиток відповідного розділу теорії надійності.

Коли радіоелектронна система критичного застосування проектується як відмовостійка програмно-апаратна система, то необхідно вирішувати задачу розроблення алгоритму функціонування. Такий алгоритм також має вносити свій вклад в забезпечення властивості відмовостійкості. Розроблення відмовостійкого алгоритму функціонування програмно-апаратної системи є відповідальним етапом, так як в подальшому цей алгоритм використовується для розроблення програмного забезпечення.

Для оцінювання функціональної безпечності експлуатації алгоритму відмовостійкого функціонування в *п'ятому розділі* запропоновано нову характеристику, а саме частоту потрапляння у стани неуспішного завершення алгоритму за час, необхідний (витрачений) для його виконання. Така характеристика забезпечує можливість обґрунтовувати мінімальне значення тривалості виконання алгоритму, при якому середнє значення частоти потрапляння у стани неуспішного завершення буде відповідати заданому (необхідному) значенню.

Розроблено два методи для оцінювання функціональної безпечності розробленого алгоритму відмовостійкого функціонування програмно-апаратної системи, які дають можливість порівнювати значення його показника для встановлення його достовірності. Мова йде про новий метод, в якому модель алгоритму розробляється у вигляді «схеми шляхів», та удосконалений відомий метод, у якому використовується дискретно-неперервна стохастична модель алгоритму.

Всі теоретичні напрацювання п'ятого розділу зведені здобувачем в методологію синтезу безпечних алгоритмів функціонування програмно-апаратних систем критичного застосування. Використання такого підходу обґрунтовується тим, що методику розв'язання задачі синтезу алгоритму треба створювати для кожної конкретної програмно-апаратної системи. Тому для розроблення методики синтезу алгоритмів функціонування конкретних програмно-апаратних систем критичного застосування здобувач створив теоретичну базу, яка вкладена в методологію. Використовуючи методологію розробник створює методику, для якої він має провести деталізацію виконання п'яти етапів.

Наукові результати п'ятого розділу є певним вкладом здобувача в розвиток системотехнічного проектування програмно-апаратних систем

критичного застосування.

Висновки дисертації містять розгорнутий перелік основних отриманих результатів та рекомендацій.

У додатках розміщені ряд проміжних результатів дослідження, Акти про впровадження результатів дисертації, список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.

2.2. Всі завдання, поставлені для вирішення сформульованої науково-прикладної проблеми, є належним чином обґрунтовані і вирішені. Обґрунтованість одержаних наукових результатів базується на коректному використанні положень теорії стохастичних систем, теорії системотехнічного проектування радіоелектронних систем та комплексів, теорії надійності складних систем, теорії масового обслуговування, теорії марковських випадкових процесів. Слід відзначити, що обґрунтованість отриманих здобувачем наукових положень, висновків та рекомендацій базується також на результатах валідації розроблених методів та моделей.

3. Наукова новизна одержаних результатів

3.1. Підтверджую, що до наукових результатів дисертації Озірковського Л.Д. запропонованих вперше правильно віднесені: функція аварійності; метод визначення функції аварійності на підставі розділення непрацездатних станів на непрацездатні безпечні стани, непрацездатні критичні та непрацездатні катастрофічні стани; метод розрахунку середнього значення ймовірності існування мінімального січення; показники функціональної безпечності для відмовостійких радіоелектронних систем відповідального призначення з мажоритарною структурою, а саме ймовірність потрапляння в передаварійну ситуацію та середнє значення частоти потраплянь в аварійну ситуацію; характеристику безпечності експлуатації алгоритму відмовостійкого функціонування програмно-апаратної радіоелектронної системи відповідального призначення, яка представлена залежністю середнього значення частоти потраплянь у стани неуспішного завершення виконання алгоритму від тривалості виконання завдання алгоритмом функціонування.

До результатів, які представляють подальший розвиток відомих методів та моделей справедливо належать: метод простору станів з використанням структурно-автоматної моделі; метод побудови дерева відмов; модель стратегії технічного обслуговування, в якій враховано планово-профілактичне обслуговування та аварійно-відновлювальні роботи; метод синтезу параметрів стратегії технічного обслуговування за заданим значенням показника

функціональної безпечності; дві моделі відмовостійких систем з мажоритарною структурою, призначені як для радіоелектронної системи відповідального призначення в цілому так і для її окремих функціональних модулів.

3.2. Вважаю, що у сукупності одержані наукові результати вирішують поставлену науково-прикладну проблему та розвивають теоретичну і методичну базу системотехнічного проектування радіоелектронних систем критичного застосування.

4. Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність отриманих результатів та висновків підтверджується наступним.

4.1. Коректністю і обґрунтованістю основних припущень та положень, на яких ґрунтуються методи і методики побудови стохастичних моделей надійності відмовостійких радіоелектронних систем відповідального призначення. В першу чергу результатами валідації розроблених стохастичних моделей та методів.

4.2. Збігом часткових результатів в прикладах розв'язання задач з використанням запропонованих і відомих методів. Наприклад, збіг значення ймовірності існування (виникнення) мінімальних січень, визначеного традиційним методом за допомогою дерева відмов, яке будується для одного значення тривалості експлуатації, та значення функції аварійності, визначеного в точці з такою ж тривалістю експлуатації.

4.3. Використанням двох різних методів для оцінювання функціональної безпечності розробленого алгоритму відмовостійкого функціонування програмно-апаратної системи, які дають можливість порівнювати значення його показника.

4.4. Масштабною (широкою) апробацією результатів на міжнародних та всеукраїнських конференціях і семінарах.

5. Практична цінність одержаних результатів та їх подальше використання

5.1. Практична цінність одержаних результатів полягає у створенні на основі розроблених методів, моделей та методик високого ступеня формалізації, які дали змогу: автоматизувати окремі етапи процесу оцінювання показників функціональної безпечності радіоелектронних систем; підвищити достовірність, отриманих показників функціональної безпечності та надійності; зменшити затрати часу розробника на розв'язання проектних завдань синтезу відмовостійкої структури, алгоритму поведінки та процедур

стратегії технічного обслуговування та ремонту радіоелектронних систем. Все це є важливим на етапі системотехнічного проектування, коли формується технічне завдання на розроблення нової радіоелектронної системи відповідального призначення в умовах суттєвого обмеження на час виконання.

5.2. Практичну цінність результатів підтверджує використання запропонованих методів, моделей та методик в реальних проектах по розробленню бортової навігаційно-обчислювальної системи безпілотного літального апарата та комплексу охоронної сигналізації у Науковому центрі Академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, що відображено в акті. Крім цього підтверджують використання результатів акти від Компанії МС Зв'язок та від ТОВ «Поліном–Стиль». Акт від НУ «Львівська політехніка» підтверджує використання результатів в п'яти держбюджетних науково-дослідних роботах, які виконувалися протязі 14 років (2004 – 2018). Також є акт, який підтверджує введення методичною комісією спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка» методів та методик у відповідні дисципліни навчального процесу НУ «Львівська політехніка».

5.3. Подальше використання результатів дисертації є доцільним на кафедрах, де викладаються дисципліни системотехнічного проектування складних технічних систем критичного застосування.

5.4. Запропоновані методики, які базуються на розроблених моделях і методах будуть корисними для аспірантів і магістрантів спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка».

6. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу результатів в опублікованих працях

6.1. *Оформлення дисертації* відповідає всім атестаційним вимогам.

6.2. *Дотримання вимог академічної доброчесності.* Проведена перевірка дисертації на наявність академічного плагіату показала, що представленим результатам належить висока індивідуальність. По всьому тексту дисертації простежується авторський стиль. В дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

6.3. *Повнота викладу результатів в опублікованих працях.* Наукові і практичні результати дисертації опубліковані у фахових журналах і апробовані на 73 міжнародних та Всеукраїнських науково-технічних конференціях. В опублікованих працях викладено в повному обсязі основні положення дисертації, які винесено на захист. Особистий внесок здобувача в сумісних публікаціях є виділеним. Рівень та кількість публікацій, рівень

апробації відповідають вимогам, що ставляться до докторських дисертацій в Україні.

У наукометричних базах Scopus та Web of Science представлено 27 публікацій автора, що свідчить про визнання цінності результатів для наукової спільноти.

7. Недоліки та зауваження до дисертації

7.1. В дисертації запропоновано нову характеристику для кількісної оцінки функціональної безпечності застосування алгоритму відмовостійкого функціонування радіоелектронних систем. В дисертації ця характеристика представляється як «частота потрапляння у стани неуспішного завершення за час, необхідний для виконання алгоритму». На наш погляд, більш коректно було б представляти нову характеристику як залежність «середнього значення частоти потрапляння у стани неуспішного завершення від значення тривалості виконання алгоритму». Представлення вищезначеної характеристики в такому вигляді можливо даси більш точне значення кількісною оцінки функціональної безпечності експлуатації алгоритму відмовостійкого функціонування радіоелектронних систем.

7.2. В представленні практичного значення отриманих результатів дисертації, здобувач відзначає, що запропоноване математичне та інформаційне забезпечення (методи, моделі, методики, аналітичні та логічні співвідношення, схеми розрахунку та інш.) процесу проектування відмовостійких радіоелектронних систем критичного застосування зменшує практичне навантаження на проєктантів системи. Однак, для отримання та аналізу кількісної оцінки зменшення часу та складності проектування необхідно провести додаткове практичне дослідження процесу проектування радіоелектронних систем.

7.3. На наш погляд, в назві розділу 5 (стор. 237) «Синтез безпечних алгоритмів поведінки радіоелектронних систем відповідального призначення» було б доцільно використати назву «Синтез безпечних алгоритмів функціонування відмовостійких радіоелектронних систем». Це обумовлено тим, що в розділі дисертації мова йде про процес використання функціонального резервування та резервування за часом в процесі проектування алгоритмів функціонування для програмно-апаратної реалізації радіоелектронної системи. Таким чином, дана обставина обумовлює запропоновану назву 5 розділу.

7.4. Потребує окремого, детального дослідження та пояснення твердження здобувача про те, що показник «ймовірність потрапляння в передаварійну ситуацію» можливо використовувати для того, щоб оцінювати

доцільність реконфігурації мажоритарної структури (стор. 180). На наш погляд, твердження автора дисертації щодо використання показника «ймовірність потрапляння в передаварійну ситуацію» не явно.

7.5. В розділі 2 при переході від структурно-автоматної моделі, що застосовується для розрахунку показників надійності, до бінарної структурно-автоматної моделі призначеної для визначення показників функціональної безпечності та надійності бажано оцінити вплив зростання розмірності простору станів на достовірність отриманих показників надійності. Аналіз результатів проведеної оцінки дав би змогу більш точно розрахувати показники функціональної безпечності та надійності.

7.6. На основі розробленої структурно-автоматної моделі та програмного модуля ASNA в роботі здійснено автоматизоване розроблення графа станів та переходів (стор. 157-160). У 3.6.1 третього розділу дисертації розроблена структурно-автоматна модель стратегії технічного обслуговування (ТО) радіоелектронної системи відповідального призначення з врахуванням виникнення аварійних ситуацій, спричинених явними та прихованими відмовами. Для цього сформована математична модель системи для реалізації стратегії технічного обслуговування у вигляді відомого типу системи диференційних рівнянь Колмогорова – Чепмена. Системи диференційних рівнянь має вигляд співвідношень (3.7), стор. 160. Представлена модель дає змогу синтезувати стратегію ТО, яка забезпечить задані показники безпечності та готовності системи з врахуванням необхідних параметрів.

Для впевненості в тому, що представлена модель буде відповідати встановленим критеріям у дисертації необхідно було привести переконливі результати її валідації.

7.7. У 4.1.4 дисертації було проведено синтез необслуговуваних відмовостійких радіоелектронних систем відповідального призначення на базі використання дворівневих мажоритарних структур. У висновках до результатів дослідження представлених на рисунку 4.8 (стор. 204) відсутнє пояснення про причину зростання максимуму залежності частоти попадання в аварійну ситуацію при збільшенні кількості модулів в ядрі мажоритарної структури. Дана обставина не дає змогу провести теоретичне та практичне узагальнення ефективності застосування дворівневих мажоритарних структур.

7.8. В тексті дисертації зустрічаються незначні стилістичні та орфографічні помилки.

Недоліки та зауваження до дисертації не впливають на загальний позитивний висновок щодо дисертації.

8. Загальні висновки

8.1. Оцінюючи роботу в цілому, вважаю, що дисертація Озірковського Л.Д. на тему «Розвиток теоретичних засад оцінювання

показників функціональної безпечності радіоелектронних систем відповідального призначення» є завершеною науковою працею, у якій отримані нові наукові і практичні результати, важливі для проектування радіоелектронних систем відповідального призначення з необхідним рівнем функціональної безпечності та надійності.

8.2. Сукупність наукових положень, сформульованих і обґрунтованих у дисертації, має практичну цінність і є результатом розв'язання науково-прикладної проблеми розвитку теоретичних засад комплексного забезпечення необхідного рівня функціональної безпечності та надійності радіоелектронних систем відповідального призначення на етапі їх системотехнічного проектування.

8.3. Дисертація за змістом відповідає паспорту спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

8.4. Матеріали дисертації достатньо апробовані та висвітлені у наукових публікаціях відповідного рівня.

8.5. Автореферат об'єктивно і з необхідною повнотою відображає зміст і основні положення дисертації.

8.6. Дисертація здобувача за своїм науковим рівнем, обсягом, якістю та повнотою досліджень відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567 щодо докторських дисертацій, а її автор Озірковський Леонід Деонісійович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

ОФЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ

Професор кафедри електроніки і управляючих систем
факультету комп'ютерних наук
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна,
Почесний радист, Заслужений винахідник України,

доктор технічних наук, професор



Віктор КРАСНОБАЄВ

