

Висновок

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації**

Олексюка Вадима Володимировича на тему:

**«Математичне та програмне забезпечення
дослідження завадостійкості цифрових модемів з шумовими сигналами»**

для здобуття ступеня доктора філософії

за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення

Актуальність теми дослідження. Вдосконалення математичного та програмного забезпечення для дослідження та імітаційного моделювання процесів передавання даних у системах з шумовими сигналами викликано потребою покращення результатів оцінювання завадостійкості цифрових модемів, які використовуються в таких системах. На сучасному етапі розвитку науки і техніки недостатня розвиненість методики оцінювання потенційної завадостійкості цифрових систем з шумовим носієм призводить до наявності похибок у розрахунках. Зокрема, це проявляється в значних розходженнях між емпіричними та теоретичними оцінками завадостійкості таких систем.

Таким чином, виникає потреба в розробці нових підходів до математичного моделювання та проектування програмного забезпечення процесів аналізу та імітаційного моделювання цифрових модемів для отримання потенційної оцінки завадостійкості таких систем зв'язку. Виходячи з наведеного, розробка математичного та програмного забезпечення дослідження завадостійкості цифрових модемів з шумовими сигналами є актуальною задачею.

Тему дисертаційного дослідження затверджено на засіданні вченої ради Черкаського державного технологічного університету 28.08.2020 р. (протокол № 1).

Мета дисертаційного дослідження полягає в підвищенні точності оцінки характеристик демодуляторів цифрових модемів з шумовими сигналами за

рахунок розробки математичного та програмного забезпечення дослідження їх завадостійкості.

Для досягнення поставленої мети в роботі автором вирішуються наступні **задачі**:

- аналіз автокореляційних методів передавання даних шумовими та шумоподібними сигналами а також методів та засобів імітаційного моделювання та програмного забезпечення реалізації цих процесів;
- розробка методів моделювання процесу передавання даних у модемах з кореляційною та фазовою маніпуляцією шумової складової;
- удосконалення методу проектування програмного забезпечення імітаційного моделювання процесу передавання модемом сигналів шляхом відображення процесів кореляційно-часової та фазової маніпуляції;
- розробка методів математичного моделювання оцінювання завадостійкості цифрових модемів автокореляційного типу з шумовими сигналами для підвищення адекватності програмної реалізації оцінювання завадостійкості таких модемів;
- експериментальне підтвердження достовірності отриманих результатів моделювання та ефективності удосконалень процесів проектування програмних систем.

Об'єктом дослідження є процес моделювання обробки інформації в цифрових модемах з шумовими сигналами.

Предметом дослідження є математичні та програмні методи оцінювання завадостійкості в моделях цифрових модемів автокореляційного типу з шумовими сигналами.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених в дисертації задач застосовувались методи: об'єктно-орієнтованого програмування (для удосконалення методу проектування та програмування імітаційної моделі), уніфікованої мови моделювання (UML, Unified Modeling Language) для аналізу та синтезу програмних рішень, системного аналізу (для виявлення протиріч та властивостей об'єктів дослідження), теорії широкосмугового зв'язку та теорія

передачі дискретних повідомлень (для побудови математичних моделей передачі даних шумовими сигналами), теорії ймовірності (для виконання теоретичної оцінки завадостійкості систем передачі даних), математичної статистики (для дослідження процесу передачі даних шумовими сигналами).

Формулювання наукового завдання. У дисертаційній роботі вирішено актуальну науково-технічну задачу, що полягає в підвищенні адекватності оцінювання характеристик демодуляторів цифрових модемів з шумовими сигналами за рахунок розробки математичного та програмного забезпечення їх дослідження.

Дисертаційне дослідження містить в собі наступні **наукові положення, розроблені особисто дисертантом:**

1. *вперше* розроблено метод математичного моделювання процесу оцінювання завадостійкості демодулятора цифрового модему з шумовими сигналами, що враховує квадратичний розподіл випадкової величини демодулятора. На відміну від відомих аналогів цей метод враховує негауссовий закон розподілу складових, що дає змогу підвищити точність оцінки завадостійкості багатопозиційного модему з кореляційно часовою маніпуляцією шумового сигналу;
2. *вперше* розроблено метод математичного моделювання процесу оцінювання завадостійкості з використанням характеристичних функцій для бінарного модему з кореляційно часовою маніпуляцією шумового сигналу, що на відміну від існуючих аналогів дозволяє підвищити точність оцінки завадостійкості модему та отримати аналітичні вирази для обчислення потенційної завадостійкості демодулятора за рахунок врахування негауссовості функції розподілу випадкової величини;
3. *отримав подальший розвиток* метод математичного моделювання процесу оцінювання завадостійкості з використанням характеристичних функцій, що за рахунок врахування негауссовості функції розподілу випадкових величин дозволяє отримати аналітичні вирази для точної оцінки потенційної завадостійкості демодулятора для модему з фазовою маніпуляцією шумового сигналу.

4. **удосконалено** метод пошуку мінімальної кількості відліків аналогово-цифрового перетворювача шумового сигналу для заданого рівня відношення сигнал/завада, який шляхом застосування експоненційної регресії дозволяє підвищити ефективність програмної реалізації цифрового модему та забезпечити зменшення ймовірності помилки біту для різного рівня заводських обставин в модемі множинного доступу з кореляційно-часовою маніпуляцією шумового сигналу;
5. **удосконалено** метод проектування програмного забезпечення шляхом об'єктно-орієнтованого підходу до імітаційного моделювання процесу оцінювання заводостійкості цифрових модемів з шумовими сигналами, що дозволяє підвищити ефективність супроводжування імітаційної системи.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Розроблено у середовищі програмування та запатентована структурна схема модему множинного доступу із кореляційно-часовою модуляцією шумового сигналу, що на стороні модулятора має в $(K-1)$ разів меншу потужність еталонного сигналу відносно запатентованого прототипу, та дозволяє збільшити заводостійкість приймача за рахунок зменшення негативного впливу потужності системної завади для K -користувачів;
2. Розроблене програмне забезпечення обрахунку мінімальної кількості відліків аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) модему з шумовими сигналами для визначеної кількості користувачів та заданого рівня відношення сигнал/завада мінімізує імовірність виникнення помилки;
3. Використання удосконаленої архітектури та об'єктно-орієнтованої методики програмної реалізації засобів імітаційного моделювання цифрових модемів з шумовим носієм дає можливість підвищити ефективність супроводження імітаційної системи;
4. Розроблені засоби середовища математичного та програмного забезпечення дають точні аналітичні вирази оцінки заводостійкості цифрових модемів, що важливо для задач порівняння нових методів розробки та проектування модемів інформаційних систем.

5. Одержані в роботі результати використані в процесі проектування систем передачі даних та впроваджені у державному підприємстві НДІ «Акорд» (м. Черкаси, акт від 16.09.2020 р.).

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.

Наукові положення, висновки та рекомендації роботи обґрунтовано достатньою мірою. Обґрунтованість отриманих теоретичних результатів дисертації базується на використанні методів теорії ймовірності та математичної статистики, цифрової обробки сигналів, статистичного аналізу та об'єктно-орієнтованого програмування.

Для підтвердження висунутих наукових положень здобувачем виконані дослідні випробування на основі розроблених програмних та програмно-апаратних моделей із застосуванням методів і засобів дослідження статистичних властивостей систем передавання даних.

Рівень теоретичної підготовки здобувача. Дисертантом виконано змістовне дослідження предметної області, розглянуто основні методи дослідження завадостійкості бінарних та багатопозиційних цифрових модемів з шумовими сигналами. На основі опрацювання значної кількості літературних джерел, наукових публікацій, патентного пошуку автором роботи в достатній мірі враховано наукові досягнення в обраному напрямку досліджень. Отримані результати свідчать також про ґрунтовні теоретичні знання дисертанта в області об'єктно-орієнтованого програмування, системного аналізу, теорії систем передавання даних, цифрової обробки сигналів, теорії ймовірності та математичної статистики.

Повнота викладу матеріалів дисертації. Результати дослідження опубліковано в 10 наукових роботах, у тому числі в чотирьох наукових статтях у виданнях, що входять до переліку фахових видань України та інших наукометричних баз даних, однієї статті в періодичному закордонному виданні, чотирьох матеріалах науково-практичних конференцій і одному патенті України на корисну модель. Повний перелік публікацій:

- [1] Первунінський С.М., Олексюк В.В. Аналіз бінарного цифрового модема шумових сигналів з урахуванням впливу квадратичної складової демодулятора // С. М. Первунінський, В. В. Олексюк. – Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2018. – № 1. – С. 35-40.
- [2] Пат. 123726 Україна, МПК Н04В 7/00. Пристрій для передачі даних шумовими сигналами від K користувачів / С. М. Первунінський, В. В. Олексюк; власник Черкаський державний технологічний університет – № u201707998; заявл. 31.07.2017; опубл. 12.03.2018, Бюл.№ 5.
- [3] Первунінський С.М., Олексюк В.В. Завадостійкість модема множинного доступу шумових сигналів з урахуванням впливу квадратичної складової/ С. М. Первунінський, В. В. Олексюк // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2019. – № 2. – С. 60–68.
- [4] Pervuninsky S., Metalap V., Oleksjuk V. Analysis noise immunity of the binary digital modem with signals type noise using the characteristic function method/ S.M. Pervuninsky, V.V. Metalap, V.V. Oleksjuk // Magyar Tudományos Journal – 2019. – № 35. – С. 60–64.
- [5] Первунінський С. М., Олексюк В.В. Оцінка завадостійкості бінарного модему шумових сигналів методом характеристичних функцій/ С. М. Первунінський, В. В. Олексюк // Вісник Університету «Україна». Серія: інформатика, обчислювальна техніка та кібернетика, 2019. – №2(23). – С. 54–62.
- [6] Первунінський С. М., Олексюк В.В. Програмне забезпечення системи автоматизованого керування імітаційною моделлю модемів з шумовими сигналами/ С. М. Первунінський, В. В. Олексюк // Вісник інженерної академії України, 2019. – №4. – С. 105–109.
- [7] С. М. Первунінський, В. В. Олексюк. Завадостійкість бінарного цифрового модему шумових сигналів з врахуванням впливу квадратичної складової демодулятора / С. М. Первунінський // Тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2018): Черкаси: ЧДТУ, 2018. – С.141–142.

- [8] С. М. Первунінський, В. В. Олексюк. Аналіз завадостійкості модему множинного доступу шумових сигналів з врахуванням впливу квадратичної складової демодулятора / С. М. Первунінський // Збірник матеріалів доповідей та тез II міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми кібербезпеки інформаційно-телекомунікаційних систем (PCSITS-2019): Київ: 2019. – С. 38-40.
- [9] С. М. Первунінський, В. В. Олексюк. Аналіз завадостійкості модему множинного доступу шумових сигналів з врахуванням впливу квадратичної складової демодулятора. / С. М. Первунінський // Матеріали I міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні моделюючі технології, системи та комплекси» (ІМТСК-2019): Черкаси: 2019. – С. 47-49.
- [10] В. В. Олексюк. Експериментальна завадостійкість макету бінарних цифрових модемів шумових сигналів // Тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2020): Черкаси: ЧДТУ, 2020. – С.75–76.

Результати аналізу роботи, в тому числі за допомогою перевірки тексту дисертації з використанням Системи виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості, свідчать про відповідність дисертації принципам академічної доброчесності.

Апробація основних положень дисертаційного дослідження відбувалась на наступних наукових конференціях:

- Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці ІТОНТ-2018» (17-18.05.2018 р., Черкаси);
- Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми кібербезпеки інформаційно-телекомунікаційних систем (PCSITS)» (11-12.04.2019 р., Київ);
- Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні моделюючі технології, системи та комплекси» (29-31.05.2019 р., Черкаси);
- Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці ІТОНТ-2020» (21-23.05.2020 р., Черкаси);

Оцінка мови та стилю дисертації. Дисертацію написано грамотно, а стиль викладу в них матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує легкість і доступність їх сприйняття.

Відповідність змісту дисертації освітньо-науковій програмі. Зміст дисертації відповідає спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення, освітньо-науковій програмі «Інженерія програмного забезпечення».

Рекомендація дисертації до захисту. Дисертацію Олексюка В.В. на тему «Математичне та програмне забезпечення дослідження завадостійкості цифрових модемів з шумовими сигналами» для здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення рекомендовано до захисту у разовій спеціалізованій раді.

Висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Олексюка В.В. сформовано за результатами проведення фахового семінару на кафедрі програмного забезпечення автоматизованих систем ЧДТУ 22.09.2020 р. На засіданні фахового семінару були присутні: д.т.н., проф. Первунінський С.М., д.т.н., проф. Голуб С.В., д.т.н, доц. Федоров Є.Є., д.т.н., доц. Фауре Е.В., к.т.н., доц. Рідкокаша А.А., к.т.н., доц. Металап В.В., к.т.н., доц. Куницька С.Ю., ст. викладач Заспа Г.О., ст. викладач Півень О.Б., інженер Гресько Є.І. Рішення підтримано 10 особами з 10 присутніх на семінарі.

Рецензенти:

Проректор з науково-дослідної роботи

та міжнародних зв'язків,

професор кафедри інформаційної безпеки

та комп'ютерної інженерії, ЧДТУ


д.т.н., доцент

Професор кафедри

робототехніки та спеціалізованих

комп'ютерних систем, ЧДТУ

д.т.н., доцент


Відділ кадрів
Підпис засвідчую
Відділ кадрів
Е.В. Фауре


Відділ кадрів
Підпис засвідчую
Відділ кадрів
Є.Є. Федоров