

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет залізничного транспорту

**ГРЕБЕНЮК ВІКТОРІЯ ЮРІЇВНА**

УДК 656.2:681.586.782

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ  
РУХОМИХ ОДИНИЦЬ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків - 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі електротехніки та електричних машин Українського державного університету залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, доцент  
**Блиндюк Василь Степанович,**  
Український державний університет залізничного транспорту, кафедра електротехніки та електричних машин, доцент кафедри, проректор з науково-педагогічної роботи.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Скалозуб Владислав Васильович,**  
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, кафедра комп'ютерних інформаційних технологій, завідувач кафедри,

кандидат технічних наук, доцент  
**Хоменко Ігор Васильович,**  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедра передачі електричної енергії, доцент кафедри.

Захист відбудеться “23” червня 2015 р. о “13.30” годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українському державному університеті залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розіслано “21” травня 2015 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради

А. В. Прохорченко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Нові світові тенденції потребують від галузі залізничного транспорту активного розвитку, модернізації технологій, зростання інтенсивності та якості перевезень. Ключовими завданнями залізничного транспорту є забезпечення безпеки руху поїздів, збільшення пропускної спроможності перегонів і станцій, поліпшення якості обслуговування пасажирів, а також підвищення ефективності перевізного процесу. Вирішенню цих завдань сприяють системи залізничної автоматики й телемеханіки (ЗАТ), які призначені для регулювання руху поїздів.

Для підвищення безпеки руху поїздів і автоматизації процесу керування рухом рухомого складу необхідно своєчасне отримання достовірної інформації про стан колійних ділянок. У межах перегонів і станцій, в основному, датчиком інформації служать рейкові кола (РК) і точкові колійні датчики (ТКД). В умовах високого ступеня виробітку технічного ресурсу апаратури ЗАТ, морального і фізичного старіння станційного й перегінного обладнання в цілому і різних типів датчиків зокрема, виникає необхідність модернізації існуючих колійних датчиків (КД) або створення нових покращених технічних засобів.

На сьогодні застосування КД контролю рухомих об'єктів залізничного транспорту стає все більш перспективним завдяки різноманіттю виконуваних функцій. Однак датчики зазнають впливу дестабілізуючих факторів, що мають негативну дію на їх функціональну безпеку. До надійної роботи КД ставляться підвищені вимоги при впливі на них імпульсних та гармонічних завад від тягового струму, блукаючих струмів, унаслідок зміни кліматичних умов та завад іншого характеру. Ці завади можуть призвести до небезпечних збоїв у роботі КД, а також до відмов і несправностей апаратури, до аварійності й травматизму обслуговуючого персоналу. Таким чином, виникає потреба в підвищенні достовірності результатів виявлення транспортних засобів на контрольній колійній ділянці під впливом завад, що є актуальним науково-прикладним завданням.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалася відповідно до Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки (затверджена Наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 14 жовтня 2008 р. № 1259), Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки (Постанова Кабінету Міністрів України № 1390 від 16.12.2009 р.), Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, яку схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1555-р.

Автор брав участь як виконавець у науково-дослідній роботі «Дослідження і розробка методів автоматизованого управління рухомим складом залізничного транспорту» (номер держреєстрації 0111U002240).

**Мета і задачі дослідження.** Метою цієї дисертаційної роботи є вирішення науково-прикладного завдання підвищення достовірності виявлення рухомих транспортних одиниць на колійних ділянках шляхом формування завадозахищених методів їх контролю й удосконалення шлейфових датчиків.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні задачі наукових досліджень:

- провести комплексний аналіз наукових підходів відомих засобів виявлення рухомих одиниць на залізниці та визначити шляхи їх удосконалення;
- розробити завадозахищений метод виявлення рухомих одиниць, що дозволить підвищити достовірність їх контролю на колійній ділянці залізничного транспорту;
- розробити індуктивно-дротовий датчик (ІДД) контролю рухомих об'єктів залізничного транспорту, що дасть змогу удосконалити процес визначення рухомих одиниць у межах певної ділянки колії;
- розробити імітаційну та нейромережні моделі функціонування датчика і виконати моделювання процесів його роботи в різних умовах, зокрема під дією імпульсних та гармонічних завад: від тягового струму, блукаючих струмів, унаслідок зміни кліматичних умов, що дасть змогу врахувати вплив дестабілізуючих факторів на роботу датчика;
- розробити нейро-нечітку модель ІДД, що дозволить оцінити ефективність його роботи в умовах завад;
- розробити метод реєстрації відчепа на основі застосування синтезованого ІДД, що дасть змогу враховувати експлуатаційні особливості функціонування рухомих одиниць;
- провести техніко-економічне обґрунтування впровадження завадостійких методів контролю рухомих одиниць залізничного транспорту.

*Об'єкт дослідження* – процес контролю транспортних одиниць на колійній ділянці.

*Предмет дослідження* – методи та засоби виявлення рухомих одиниць на колійній ділянці залізничного транспорту в умовах завад.

**Методи дослідження.** В основі розроблення й реалізації індуктивно-дротового перетворювача лежать теоретичні основи електротехніки і теорія аналізу та синтезу комбінаційних схем і пристроїв; дослідження фізичних процесів, які відбуваються в індуктивних шлейфах, базуються на теорії електричних кіл; моделювання процесу контролю стану колійної ділянки за допомогою індуктивно-дротового датчика – на теорії імітаційного моделювання, нечіткої логіки й нейромережних технологій. При перевірці адекватності розроблених моделей використано апарат математичної статистики.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у вирішенні науково-прикладного завдання з підвищення достовірності виявлення рухомих одиниць залізничного транспорту на контрольній колійній ділянці шляхом збільшення завадостійкості шлейфових датчиків.

*Вперше:*

- розроблено завадозахищений метод виявлення рухомих одиниць залізничного транспорту, що дозволило підвищити достовірність їх контролю на колійній ділянці;
- розроблено ІДД контролю рухомих об'єктів залізничного транспорту, що дало змогу удосконалити процес визначення рухомих одиниць у межах певної ділянки колії;

- розроблено імітаційну та нейромережні моделі функціонування індуктивно-дротового перетворювача, що дало змогу врахувати вплив дестабілізуючих факторів на роботу датчика.

*Удосконалено:*

- нейро-нечітку модель ІДД, що дозволило оцінити ефективність його роботи в умовах завад.

*Знайшов подальший розвиток:*

- метод реєстрації відчепа на основі застосування синтезованого ІДД, що дало змогу врахувати вплив експлуатаційних особливостей функціонування рухомих одиниць.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблений комплекс моделей дає можливість підвищити якість контролю стану певної колійної ділянки. Розроблено засоби, які забезпечують можливості підвищення достовірності виявлення рухомих одиниць в умовах завад, а саме: розроблено ІДД контролю наявності транспортних засобів у межах контрольної ділянки колії і пристрій контролю проходження відчепа на основі застосування індуктивно-дротових перетворювачів, який може бути використаний для реєстрації відчепа на стрілочній ділянці колії сортувальної гірки, а також для контролю вільності та зайнятості ділянок колії підгіркового парку.

Результати окремих розділів роботи використовуються у навчальному процесі на кафедрі автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів та Інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ) при підготовці начальників, заступників начальників, головних інженерів служб сигналізації та зв'язку, начальників дистанцій сигналізації та зв'язку та ін. Результати дисертаційної роботи впроваджені в 2013-2014 роках на переїздах та сортувальних станціях ДП «Південна залізниця», а саме: рекомендації з удосконалення методів та засобів контролю зайнятості певної колійної ділянки індуктивно-дротовим датчиком з урахуванням впливу зовнішніх факторів. Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами впровадження, які наведені в додатках до роботи.

Упровадження вищевказаних розробок дає змогу з підвищеною достовірністю визначити наявність або відсутність транспортних засобів на контрольній ділянці колії, що забезпечує більш ефективне регулювання рухом поїздів та виконання маневрових робіт.

**Особистий внесок здобувача.** Усі основні результати теоретичних і експериментальних досліджень, наведених у дисертаційній роботі, отримані особисто автором або за його безпосередньої участі. У публікаціях, які відбивають основні положення дисертації і які написані у співавторстві, здобувачеві належать: [1] – проведено аналіз електричних факторів, що впливають на роботу колійних перетворювачів, [2] – досліджено зміну індуктивності котушки при вільності колії та за наявності над котушкою феромагнітної маси рухомої одиниці, [3] – проведено синтез технічних засобів, що дало змогу розробити ІДД, [6] – побудовано і навчено багат шарову нейромережу з прямою передачею сигналу, [7] – розроблено

імітаційну модель функціонування колійного датчика на базі нейромережних технологій, [9] - запропоновано застосування одношарової лінійної нейромережі для виконання завдання контролю рухомих об'єктів на колійній ділянці, [12] - доведено адекватність розробленої моделі контролю стану колійної ділянки. Роботи [11], [4, 5], [8, 10], [13] написані одноосібно.

Дослідження, що висвітлені в усіх наукових працях, проводились в УкрДУЗТ.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися і схвалені на науково-технічних конференціях:

1. На 25, 26 Міжнародних конференціях «Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины» // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2012, 2013. – м. Алушта.

2. На 74, 75, 76 Міжнародних науково-технічних конференціях кафедр академії, інженерно-технічних працівників залізниць, підприємств і організацій України та інших країн. – Харків: УкрДАЗТ, 2012, 2013, 2014.

Дисертацію в повному обсязі розглянуто та схвалено на розширеному засіданні кафедри електротехніки та електричних машин Українського державного університету залізничного транспорту.

**Публікації.** Відповідно до теми дисертації опубліковано 22 наукові праці, з яких 12 статей (з них 5 без співавторів), що опубліковані у фахових виданнях затверджених Міністерством освіти і науки України (4 статті включені до міжнародних наукометричних баз) 2 патенти на винахід, 2 патенти на корисну модель, 1 додаткова стаття, 5 праць апробаційного характеру.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота містить вступ, 4 розділи, висновки, список використаних джерел та додатки. Повний обсяг роботи становить 144 сторінок, обсяг основного тексту складає 118 сторінок друкованого тексту, 47 ілюстрацій, 19 таблиць, список використаних джерел інформації складається з 140 найменувань і 5 додатків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** наведено обґрунтування актуальності теми, мету і основні завдання досліджень, наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача у виконанні дисертаційної роботи. Наведено інформацію про структуру дисертації, публікації та апробацію робіт.

**У першому розділі** проведено комплексний аналіз відомих засобів виявлення рухомих одиниць на залізницях, визначено необхідність в модернізації існуючих пристроїв з метою підвищення рівня безпеки руху та експлуатації об'єктів залізничного транспорту.

Сучасні системи ЗАТ, які застосовуються на залізницях, побудовані на використанні РК і ТКД. Значний внесок у теорію і практику застосування КД внесли вчені: Аркатов В.С., Бабаєв М.М., Блиндюк В.С., Бойнік А.Б., Брилеєв А.М., Бутько Т.В., Гаврилюк В. І., Дмитрієв В.С., Жуковицький І. В., Котляренко Н.Ф., Кравцов Ю.А., Лисенков В.М., Мойсеєнко В.І., Панченко С.В., Покровський Є.В.,

Разгонов А.П., Скалозуб В.В., Соболев Ю.В., Шелухін В.І. та ін. Тим не менш, проблема підвищення безпеки руху поїздів і виконання маневрових робіт за допомогою КД залишається нагальною і сьогодні.

Дослідження існуючих КД вказує на їх недостатню відповідність зростаючим вимогам до процесу перевезень. Тому актуальними питаннями залишаються необхідність комплексування декількох типів датчиків для вирішення основних завдань, подальше удосконалення відомих моделей, а також створення їхніх нових альтернативних рішень. У розділі досліджено негативні наслідки від дії на КД зовнішніх факторів, проаналізовано відповідні способи захисту. Враховуючи розширені можливості та переваги перспективних ІДД щодо інших датчиків, а також несприятливе електромагнітне середовище, актуальним є вдосконалення даного типу датчиків. Виникає необхідність створення нового покращеного датчика, який зможе забезпечити достовірне і надійне функціонування в різних умовах. Вирішення цього завдання і становить основний напрямок даної дисертаційної роботи.

У другому розділі розглянуто теоретичні основи побудови колійного ІДД. Чутливим його елементом є покладений всередині рейкової колії на контрольній колійній ділянці індуктивний шлейф, що містить дві секції, які укладені послідовно всередині рейкової колії (рис. 1. а). Кожна секція покладена між рейками так, що її боки 2 і 4 паралельні рейкам, а сторони 1 і 3 перпендикулярні їм (рис. 1. а). Довжина боку 2 дорівнює довжині боку 4 та дорівнює  $a$  метрів, довжина боку 1 дорівнює довжині боку 3 та дорівнює  $b$  метрів. Вершина  $\Delta x$  проміжку між ввідними дротами буде знехтувано малою порівняно з вершиною  $b$ . Вид тієї ж конструкції в поперечному перерізі показано на рис. 1, б (показано торці боків 2 та 4 котушки), крім того, справжній радіус  $r_0$  дроту набагато менший порівняно до перерізу рейки, аніж це показано на рисунку.

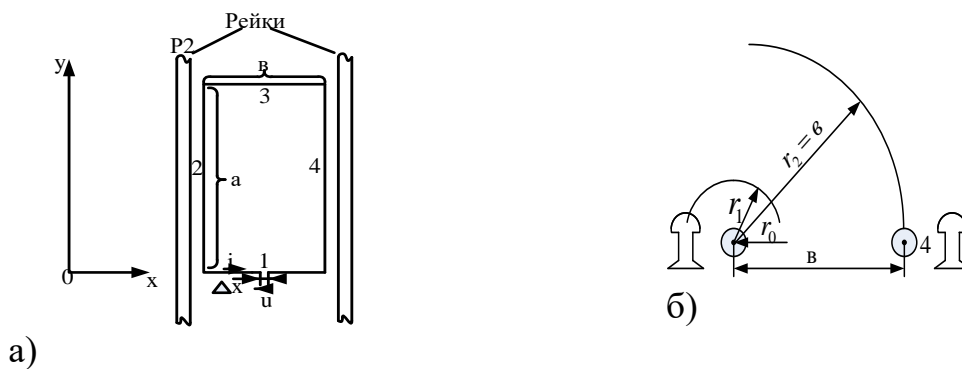


Рисунок 1 - Індуктивний шлейф: а) укладений поміж рейками, б) вигляд у поперечному перерізі

Лінії рівної індукції довгого провідника із струмом являють собою концентричні кола, площини яких перпендикулярні вісі цього провідника. Магнітне поле, утворене боками 1 та 3 котушки не охоплює рейок (рис. 2). З огляду на це магнітний потік, утворений вказаними боками крізь площину котушки дорівнює

$$\Phi_{1,3} = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot i \cdot b}{\pi} \cdot \ln \frac{r_0}{r_0 + b}, \quad (1)$$

де  $i$  – миттєве значення струму в котушці;  $\mu \approx 1$  - магнітна проникність середовища (повітря та ґрунту);  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м – магнітна проникність вакууму.

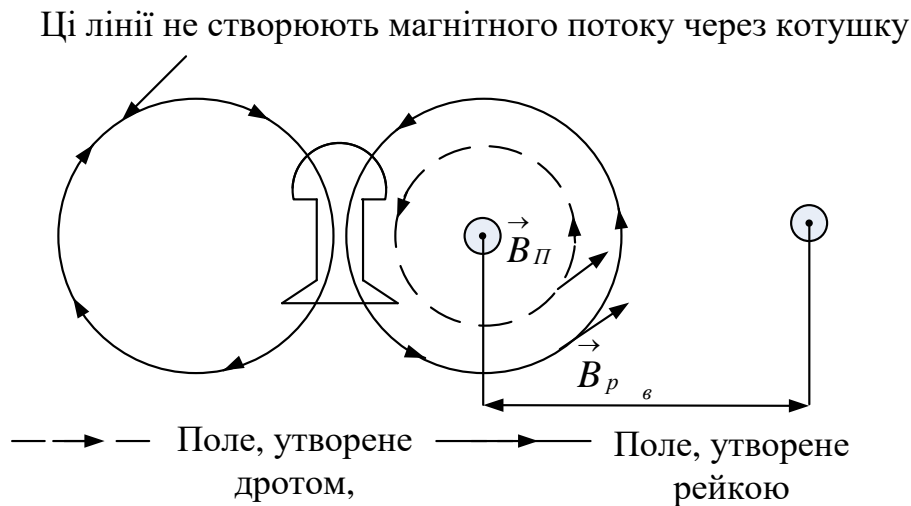


Рисунок 2 – Утворення магнітних полів

Індуктивність котушки за відсутності над нею феромагнітної маси рухомої одиниці дорівнює

$$L = W^2 \cdot \left[ \frac{\mu_0 \cdot b}{\pi} \cdot \ln \frac{r_0}{r_0 + b} + \frac{\mu_0 \cdot a}{\pi} \cdot \ln \frac{r_0}{r_0 + a} + 2\mu_p \mu_0 \int_S \vec{k}(x, y) d\vec{S} \right], \quad (2)$$

де  $\mu_p$  - відносна магнітна проникність рейки;  $W$  – кількість витків котушки;  $S$  - пласка поверхня рамки котушки;  $\vec{k}(x, y)$  - вектор, довжина якого залежить від взаємного просторового розташування рейки проводу та розташування точки  $(x, y)$  вимірювання індукції в рамці котушки; напрям цього вектора є напрямом індукції магнітного поля рейки  $\vec{B}_p$  у вказаній точці рамки котушки.

Потокозчеплення котушки дорівнює

$$\psi = W \cdot \Phi_w = W^2 \cdot i \cdot \left[ \frac{\mu_0 \cdot b}{\pi} \cdot \ln \frac{r_0}{r_0 + b} + \frac{\mu_0 \cdot a}{\pi} \cdot \ln \frac{r_0}{r_0 + a} + 2\mu_p \mu_0 \int_S \vec{k}(x, y) d\vec{S} \right], \quad (3)$$

де  $\Phi_w$  - сумарний магнітний потік котушки.

Індуктивність котушки при розташуванні феромагнітної маси рухомої одиниці над нею



$$L_{\text{ПЕ}} = W^2 \cdot \left[ \frac{\mu_0 \cdot b}{\pi} \cdot \ln \frac{r_0}{r_0 + b} + \frac{\mu_0 \cdot a}{\pi} \cdot \ln \frac{r_0}{r_0 + a} + 2\mu_p \mu_0 \int_S \vec{k}(x, y) d\vec{S} + \mu_{\text{ПЕ}} \cdot \mu_0 \int_S \vec{k}_{\text{ПЕ}}(x, y) d\vec{S} \right], \quad (4)$$

де  $\mu_{\text{ПЕ}}$  – відносна магнітна проникність матеріалу рухомої одиниці і відповідний додатковий магнітний потік;  $\vec{k}_{\text{ПЕ}}(x, y)$  – вектор, аналогічний вектору  $\vec{k}(x, y)$  за походженням, обумовлений наявністю феромагнітної рухомої одиниці.

Потокозчеплення виражається через індуктивність котушки як  $\psi = L_{\text{ПЕ}} \cdot i$ . Магнітне потокозчеплення крізь площину  $S$  котушки за наявності рухомої одиниці над нею становить

$$\psi_{\text{ПЕ}} = i \cdot W^2 \cdot \left[ \frac{\mu_0 \cdot b}{\pi} \cdot \ln \frac{r_0}{r_0 + b} + \frac{\mu_0 \cdot a}{\pi} \cdot \ln \frac{r_0}{r_0 + a} + 2\mu_p \mu_0 \int_S \vec{k}(x, y) d\vec{S} + \mu_{\text{ПЕ}} \cdot \mu_0 \int_S \vec{k}(x, y) d\vec{S} \right]. \quad (5)$$

Оскільки напрямки всіх магнітних потоків через котушку в обох ситуаціях (без рухомої одиниці та з нею) збігаються, то сума додатків в (5) більша аніж (3), звідки випливає, що  $L_{\text{ПЕ}} > L$ . Таким чином, наявність феромагнітної рухомої одиниці над котушкою призводить до збільшення її індуктивності.

Розроблено імітаційну модель вимірювального каналу індуктивного шлейфа датчика, на підставі якої проведено дослідження різних режимів його роботи, що дало змогу реалізувати заводозахисний ІДД контролю рухомих одиниць залізничного транспорту (рис. 3).

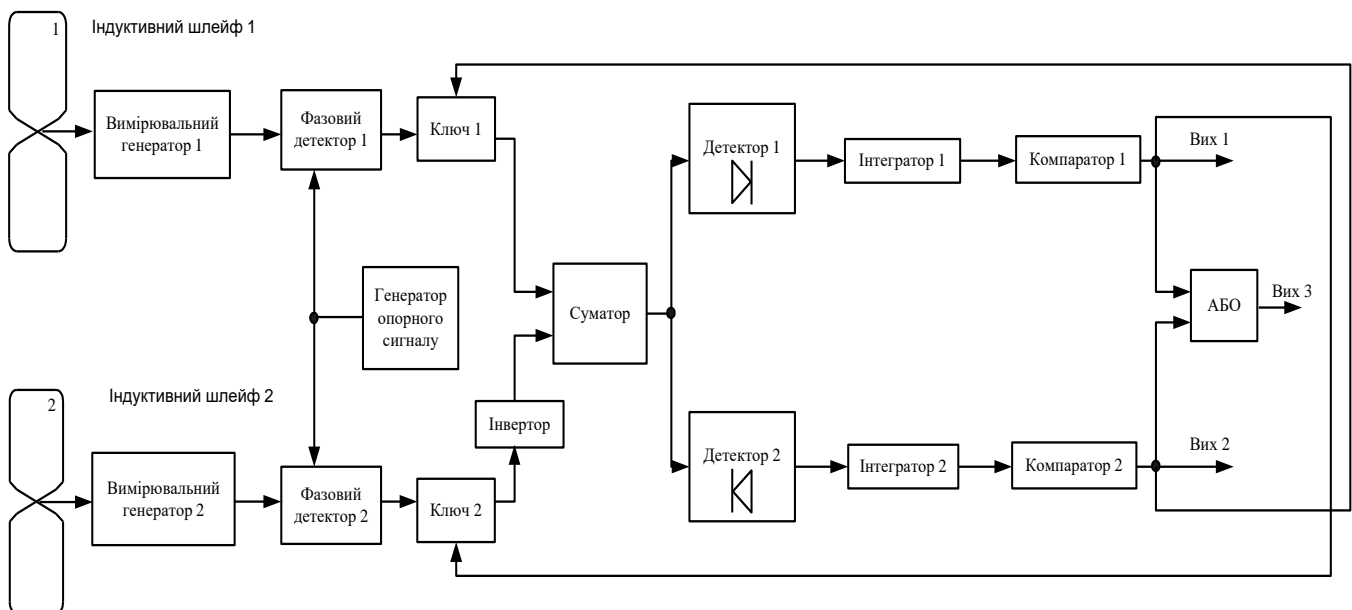


Рисунок 3 – Функціональна схема ІДД

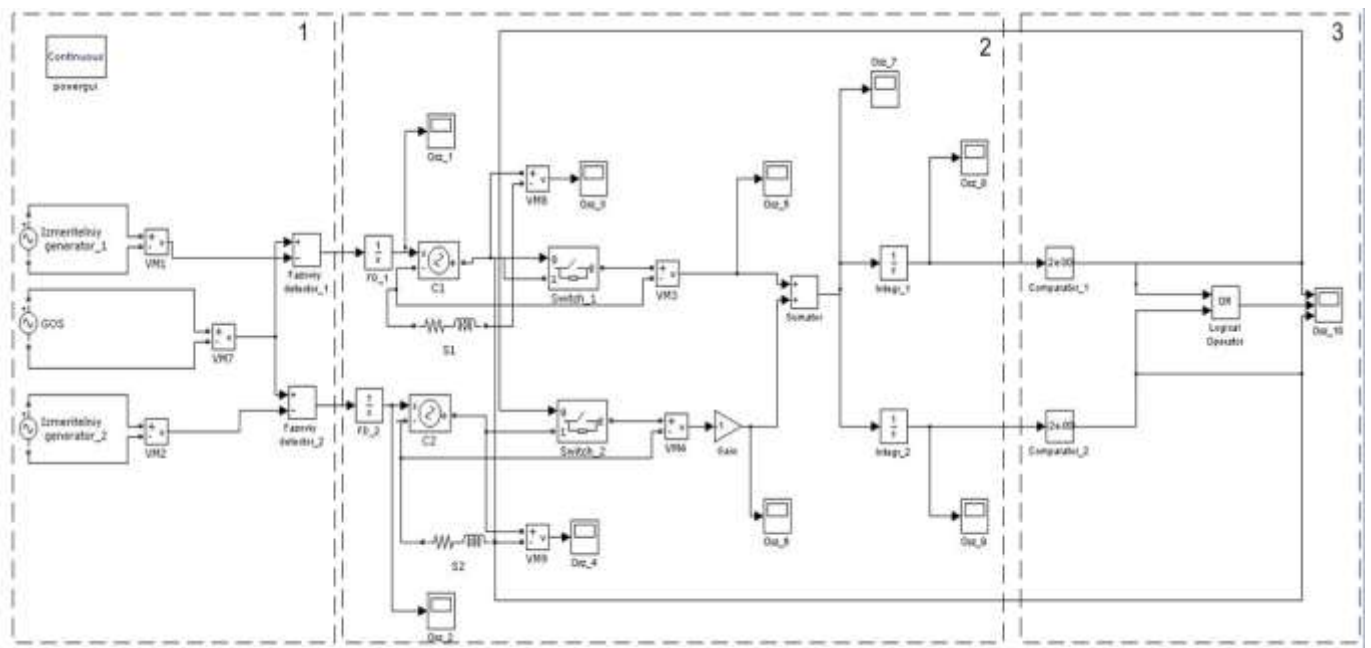
Показано, що запропонований метод виявлення рухомих одиниць на ділянці колії дає змогу підвищити достовірність результатів контролю транспортних засобів в умовах завод.

У третьому розділі проведено імітаційне моделювання процесів роботи ІДД за допомогою побудованої моделі його функціонування (рис. 4) при таких граничних умовах:

$$\begin{aligned} 1. \quad & t_1 \quad L_1 > L_2, \\ & t_2 \quad L_1 = L_2, \\ & t_3 \quad L_1 < L_2, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad & U_{вих} = U^1, \text{ якщо } U_{вх} < U_{он} \\ & U_{вих} = U^0, \text{ якщо } U_{вх} > U_{он}, \end{aligned}$$

де  $t_1, t_2, t_3$  - моменти часу при наїзді рухомої одиниці на індуктивний шлейф;  $L_1, L_2$  - індуктивності першої і другої секцій шлейфу;  $U_{вх}, U_{вих}$  - відповідно напруга на вході та виході компаратора;  $U_{он}$  - напруга рівня порога.



Пояснення: 1 – Блок контролю зайнятості колійної ділянки; 2 – Блок обробки інформації; 3 – Блок індикації та виводу інформації

Рисунок 4 – Імітаційна модель функціонування ІДД

Адекватність результатів моделювання (рис. 5 – 10) підтверджено перевіркою моделі за критерієм Фішера (значення розрахованих коефіцієнтів складають: кореляції –  $r_{yx} = 0,98$ , детермінації –  $R^2 = 0,9604$ , F-відношення  $F=392$ ).

Для підвищення точності моделювання в роботі застосовано апарат нейронних мереж (НМ). Основною вимогою щодо створення нейромережної моделі є те, що значення допустимої помилки обчислень (значень на виході) не повинно перевищувати заданого рівня (допустима абсолютна похибка 1,5 %).

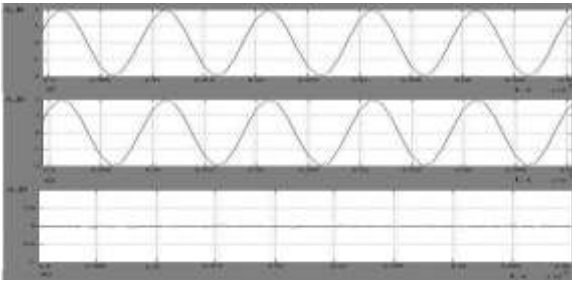


Рисунок 5 – Сигнали на виході другого вимірювального генератора (а), ГОС (б) та другого фазового детектора (в) при вільній колійній ділянці

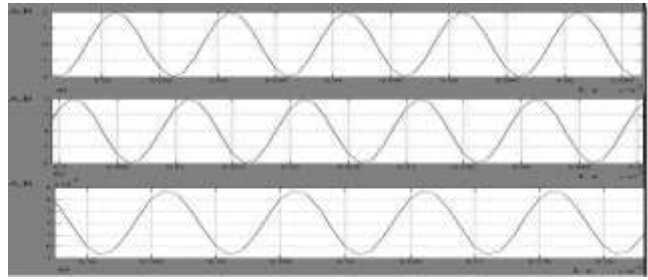


Рисунок 6 – Сигнали на виході другого вимірювального генератора (а), ГОС (б) і другого фазового детектора (в) під впливом дестабілізуючих факторів

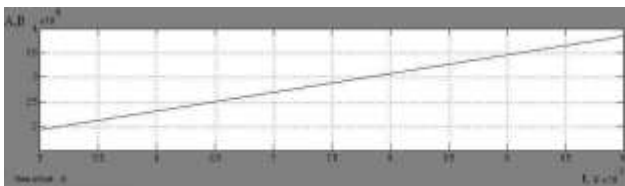


Рисунок 7 – Вихідні сигнали інтегратора під впливом феромагнітної маси вагона

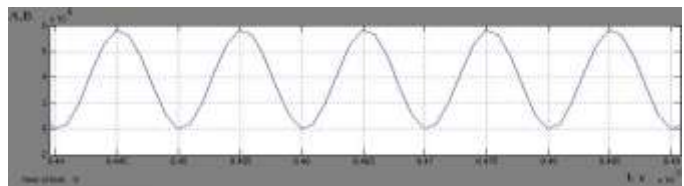
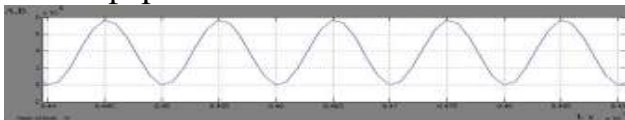
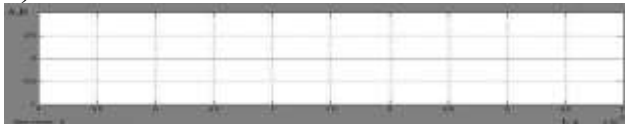


Рисунок 8 – Вихідний сигнал суматора при зайнятості ділянки колії



а)



б)

Рисунок 9 – Сигнали на виході першого (а) і другого (б) фазового детектора при зайнятій колійній ділянці

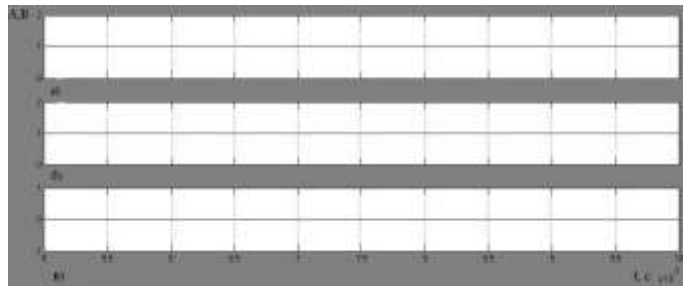


Рисунок 10 – Сигнали на виході першого (а), другого (в) компаратора та схеми АБО (б) за наявності рухомої одиниці на колійній ділянці

Для вирішення завдання реалізації процесу функціонування ІДД розроблено нейромережну модель його функціонування на базі лінійної одношарової НМ. Процес її навчання (як навчальна послідовність використана табл. 1) склав 500 ітерацій глобального циклу, в результаті чого отримано значення нахилу логістичної функції та вагових коефіцієнтів  $w_{11} = -1,1216$ ,  $w_{12} = 1,3628$ ,  $s_1 = -0,011859$ .

У зв'язку з тим, що максимальна абсолютна помилка вихідних значень лінійної одношарової моделі (5,7 %) перевищує заданий допустимий рівень похибки, для виконання поставленого завдання у роботі застосовано багатшарову НМ, яка характеризується тим, що кожен нейрон мережі містить нелінійну функцію активації – на першому і другому шарах використовується сигмоїдальна функція. У

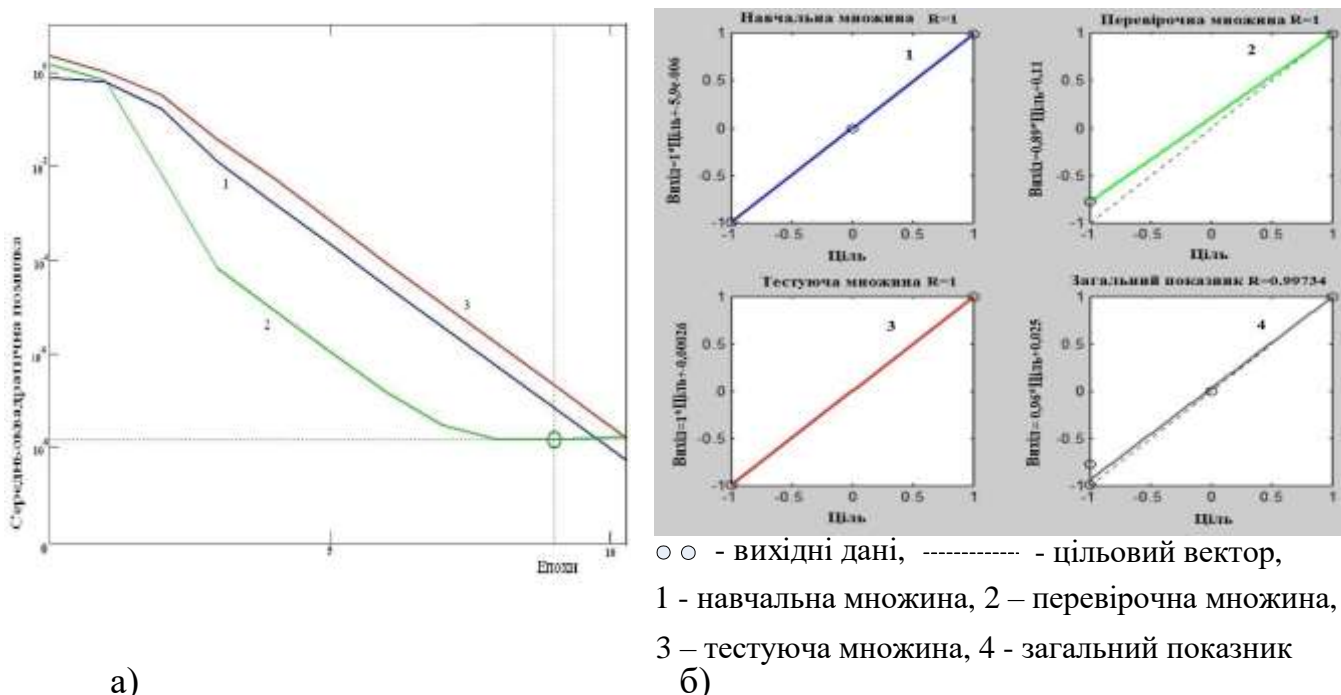


Якість навчання НМ на обраній навчальній послідовності (табл. 1) пояснюється графіком на рис. 12, а, де крива 1 показує результат зміни помилки в процесі навчання на навчальній множині, крива 2 – на перевірочній множині і крива 3 – на тестуючій послідовності.

Таблиця 1 – Навчальна послідовність багатосарової нейромережної моделі з прямим розповсюдженням сигналу

Дані / умови	Вплив зовнішніх факторів			Наїзд з боку першої секції шлейфа			Наїзд з боку другої секції шлейфа			
Секція 1 шлейфу	0	0,15	0	0,9	1	0,8	0,1	0	0,15	0,05
Секція 2 шлейфу	0,1	0,15	0,15	0,15	0,1	0,05	1	0,8	0,9	0,8
Вихід датчика	0	0	0	-1	-1	-1	1	1	1	1

Оцінити результат навчання моделі можна за допомогою побудови функцій регресії результатів, отриманих на виході мережі (які дає навчена мережа) від цільових значень, які були початковими умовами завдання (рис. 12, б). Проходження графіка через задані точки і максимальне наближення побудованої лінії до пунктиру свідчить про відповідність цільових даних до вихідних значень.



а)

Рисунок 12 – Оцінка результатів навчання моделі: а) зміна помилки в процесі навчання нейромережної моделі ІДД, б) лінійна регресія між виходами моделі та цілями (б)

У результаті навчання розробленої нейромережної моделі функціонування ІДД були одержані значення нахилу логістичної функції та вагових коефіцієнтів (табл. 2). З огляду на вихідні значення (табл. 3) видно, що максимальна абсолютна похибка на виході моделі складає 1,1 %, що задовольняє поставлені умови.

Результат навчання адекватний тому, що заключна середньоквадратична помилка мала і складає  $1,495e-008$ , помилка тестового і перевірконого наборів твердження мають схожі характеристики, перенавчання не відбулося.

Таблиця 2– Результат навчання багат шарової НМ

Номер нейрона	1-й шар		2-й шар	
	$S_j$	$W_{kij}$	$S_j$	$W_{kij}$
1	-2,2863	0,4963 2,6841	-0,56479	-0,85714
2	0,90789	-2,9688 -0,35127		1,7551
3	-2,8529	-1,6525 3,4333		2,0482

Таблиця 3 – Результати вихідних значень моделі

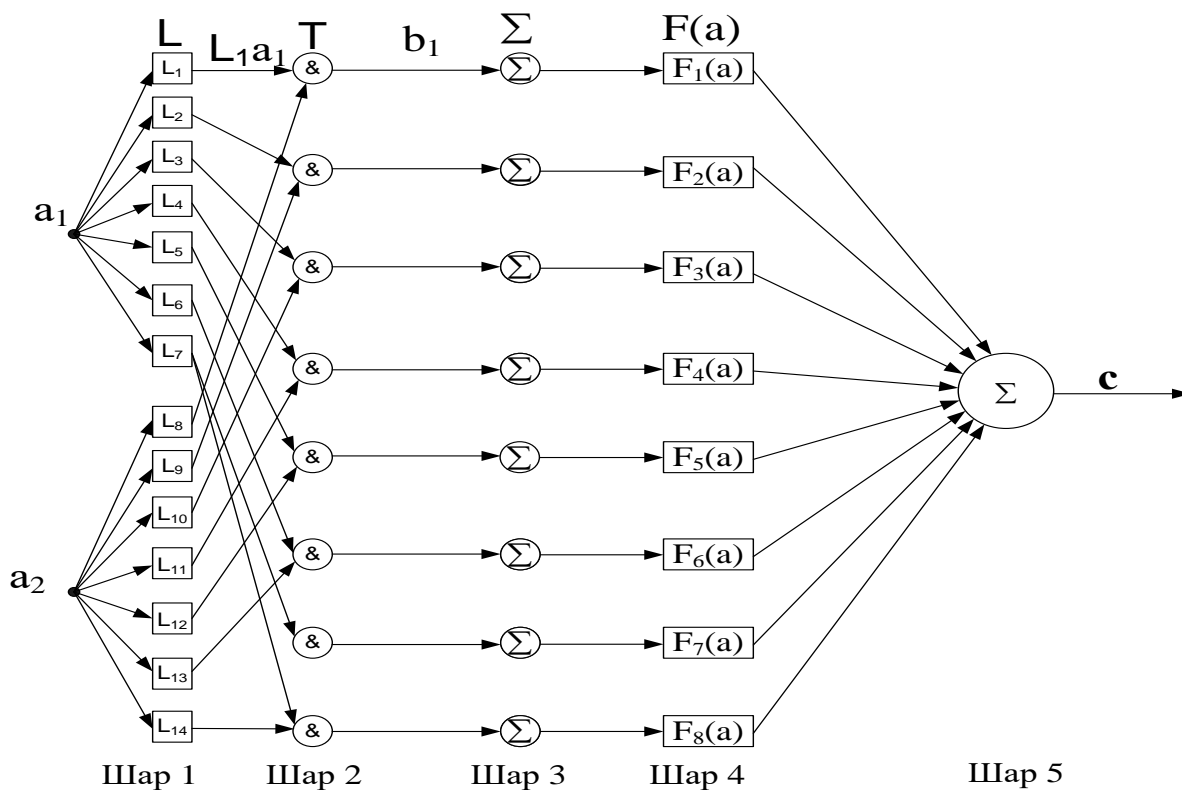
Дані / умови	Вплив зовнішніх факторів			Наїзд з боку першої секції шлейфа			Наїзд з боку другої секції шлейфа			
	Секція 1	0	0,15	0	0,9	1	0,8	0,1	0	0,15
Секція 2	0,1	0,15	0,15	0,15	0,1	0,05	1	0,8	0,9	0,8
Вихід	0,0008	-0,005	-0,00007	-0,997	-0,998	-0,989	0,996	0,997	0,996	0,995
Помилка	0,0008	0,005	0,00007	-0,003	-0,002	-0,011	0,003	0,002	0,003	0,004

У результаті дослідження нейромережних структур отримано висновок, що для прийнятих вимог достатньо застосування моделі на основі багат шарової НМ. Якщо вимоги зміняться (похибка зросте) доцільним буде використання одношарової НМ. Розроблені нейромережні моделі функціонування ІДД дають змогу врахувати вплив завад від тягового струму, блукаючих струмів, внаслідок зміни кліматичних умов та ін.

У четвертому розділі реалізовано пристрій контролю об'єктів залізничного транспорту на базі індуктивно-дротових перетворювачів, зокрема запропоновано пристрій контролю проходження відчепа на колійній ділянці.

Ураховуючи те, що під впливом дестабілізуючих факторів індуктивність кожної із секцій ІДД набуває різних значень у множині  $[0; 1]$ , у роботі було застосовано його нейро-нечітке моделювання (рис. 13). Розроблена нейро-нечітка модель складається з п'яти шарів нейронів. На виходах вузлів першого шару подані аргументи функцій приналежності при конкретних значеннях вхідних величин  $a_1, a_2$ . За допомогою нейронів цього шару здійснюється процедура фазифікації вхідних даних моделі. Виходами нейронів другого шару є істинні значення для правил, складових бази знань, яка була створена внаслідок навчання моделі. Нейрони цього шару, позначені літерою Т, можуть реалізовувати будь-які варіанти Т-норми для моделювання логічної операції «І». Нейрони третього шару містять

результати обчислень правил з урахуванням ваги кожного правила. Кінцеві результати обчислень, згруповані в класи  $F(a)$ , містяться на четвертому шарі. Єдиний нейрон п'ятого шару розраховує кінцевий вихід моделі  $c$ , виконуючи операцію дефазифікації. Набір правил навчання моделі нечіткого виводу наведено на рис. 14.



Пояснення:  $L_1, L_2$  – нейрони першого шару;  $b_1, b_2$  – ступені істинності передумов кожного правила;  $L_1 a_1$  – ступінь приналежності вхідної величини  $a_1$  деякій нечіткій множині  $L_1$

Рисунок 13 – Архітектура нейро-нечіткої моделі ІДД

За базу знань, відповідно до якої проведено налаштування нечітких правил моделі, використано табл. 1. Вихід моделі являє собою прогнозований стан колійної ділянки в різних умовах, при цьому здійснюється визначення напрямку руху рухомого складу. Після навчання нейро-нечіткої моделі функціонування ІДД отримано поверхню (рис. 15), яка демонструє залежність зміни індуктивностей першої та другої секцій індуктивного шлейфа від результуючого значення на виході ІДД, що характеризує функціонування датчика під впливом завад.

Адекватність цієї моделі підтверджено її перевіркою за допомогою методу множинної регресії та критеріїв Фішера (коефіцієнт детермінації дорівнює  $R^2 = 0,9134$ , величина F-відношення  $F = 36,92$ ) і Манна-Уїтні ( $U_{експер} = 48$ ), з чого випливає, що наведена модель повною мірою дає змогу оцінити роботу ІДД в різних умовах.

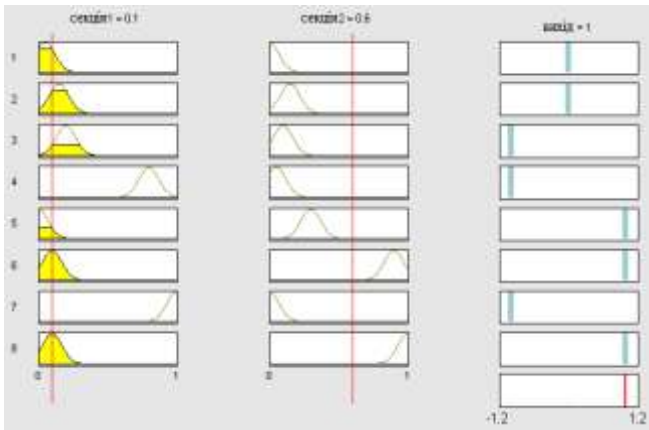


Рисунок 14 – Набір правил нейро-нечіткої моделі ІДД при зайнятості колійної ділянки

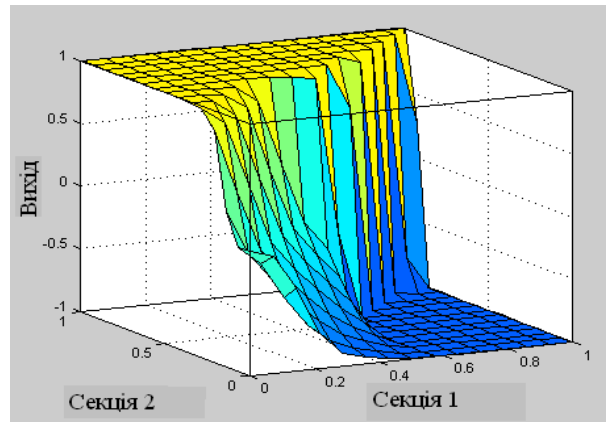


Рисунок 15 – Графічний вигляд вихідних значень нейро-нечіткої моделі ІДД

На основі застосування синтезованого ІДД розроблено пристрій контролю проходження відчепа, за допомогою якого реалізується вдосконалений метод реєстрації відчепа. Застосування цього методу дозволило контролювати певну колійну ділянку за рахунок інформації про її зайнятість або вільність, напрямок руху відчепа і визначення номера колії, на яку він прямує, та кількості в ньому вагонів.

Проаналізовано економічну ефективність виробництва ІДД, визначено витрати на розроблення його серійного виробництва. Проведено розрахунок чистого дисконтового грошового потоку за проектом з урахуванням облікової ставки. За розрахованими показниками економічної ефективності, де чиста теперішня вартість проекту  $NPV=294072,58$  грн, індекс рентабельності інвестицій  $PI=7,49$ , період окупності проекту  $PP=0,67$  року, розроблення та впровадження запропонованого ІДД можна вважати високоефективним інвестиційним проектом.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено науково-прикладне завдання підвищення достовірності виявлення рухомих транспортних одиниць на колійних ділянках шляхом формування заводо захищених методів їх контролю й удосконалення шлейфових датчиків. На основі наведених досліджень сформульовано нижченаведені висновки.

1. Аналіз відомих засобів виявлення рухомих одиниць на залізничному транспорті вказує на їх недостатню відповідність зростаючим вимогам до процесу перевезень. В умовах високого ступеня зносу технічного ресурсу апаратури залізничної автоматики й телемеханіки, фізичного та морального зносу пристроїв контролю проходження транспортних одиниць виникає необхідність оновлення технічних засобів шляхом подальшого удосконалення існуючих моделей, а також створення їх нових альтернативних рішень.



2. Розроблено метод виявлення рухомих одиниць на ділянці колії, який на відміну від існуючих, дає змогу з більшою достовірністю виявляти транспортні засоби на певних колійних ділянках, у тому числі й на переїздах, що дає змогу у свою чергу контролювати наявність / відсутність транспортних засобів на колії, а також проходження відчепа, стрілки й довгобазних вагонів. Перевагою цього методу є можливість визначення напрямку руху транспортного засобу на конкретній колійній ділянці залізниці.

3. На основі оцінки зміни індуктивності котушки при вільності колії й за наявності над котушкою феромагнітної маси рухомої одиниці розроблено й запатентовано індуктивно-дротовий датчик, який відрізняється від існуючих можливістю врахування впливу завад на його роботу.

4. Розроблено імітаційну модель індуктивно-дротового перетворювача, що дає змогу досліджувати його функціонування при різних станах колії. При цьому виконано перевірку створеної моделі на адекватність за F-критерієм Фішера (значення коефіцієнтів складають: кореляції –  $r_{yx} = 0,98$ , детермінації –  $R^2 = 0,9604$ , F-відношення  $F=392$ ), що дає можливість використовувати результати моделювання в подальших дослідженнях.

5. Розроблено моделі функціонування індуктивно-дротового датчика за допомогою багатосарової нейромережі з прямим розповсюдженням сигналу і односарової нейромережі, що дало змогу врахувати імпульсні та гармонічні завади внаслідок впливу дестабілізуючих факторів. Результат порівняння двох моделей свідчить про виконання поставленого завдання з різним рівнем помилки вихідних значень: максимальна абсолютна похибка багатосарової нейромережної моделі досягає 1,1 %, односарової – 4,5 %, тому для прийнятих вимог доцільним буде вибір багатосарової нейромережної моделі.

6. З метою оцінки точності розробленого індуктивно-дротового датчика розроблено і перевірено на адекватність (коефіцієнт детермінації дорівнює  $R^2 = 0,9134$ , величина F- відношення  $F = 36,92$ , значення критерію Манна-Уїтні складає  $U_{експер} = 48$ ) нейро-нечітку модель функціонування індуктивно-дротового датчика, що дає змогу відтворити реальну картину колійної ділянки та оцінити технічну ефективність його роботи в умовах завад.

7. Розроблено метод реєстрації відчепа який, на відміну від існуючих, не тільки контролює вільність / зайнятість ділянок колії підгіркового парку, але й дає змогу збільшити переробну спроможність гірки за рахунок отримання інформації про напрямок руху відчепа та визначення номера колії, кількості в ньому вагонів, а також підвищити достовірність і завадозахищеність при реєстрації проходження відчепа або баз довгобазних вагонів.

8. Проведено розрахунок собівартості дослідного зразка індуктивно-дротового перетворювача, визначено витрати на розроблення серійного виробництва цих пристроїв. За розрахованими показниками економічної ефективності очікується, що загальна сума чистої приведеної вартості заходу з урахуванням зміни вартості грошей у часі складе 294072,58 грн. Період окупності (менше року) при цьому буде менше, ніж його термін реалізації (п'ять років), що свідчить про ефективність і прибутковість проекту, який слід розглянути і впровадити на залізницях країни найближчим часом.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Основні наукові праці

1. Бабаєв, М.М. Анализ влияния электромагнитных факторов на работу рельсовых цепей [Текст] / М.М. Бабаєв, В.Ю. Гребенюк // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. – Вип. 28. – С. 75 – 82.

2. Бабаєв, М.М. Аналіз впливу феромагнітної маси рухомої одиниці на індуктивні датчики систем залізничної автоматики [Текст] / М.М. Бабаєв, М.Г. Давиденко, В.Ю. Гребенюк // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – вип. № 129. – С. 117 – 123.

3. Бабаєв, М.М. Индуктивно-проводной датчик контроля подвижных объектов железнодорожного транспорта [Текст] / М.М. Бабаєв, В.С. Блиндюк, В.Ю. Гребенюк // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – Донецьк: ДонІЗТ, 2012. – Вип. 32. – С. 91 – 99.

4. Гребенюк, В.Ю. Моделирование процессов работы индуктивно-проводного датчика [Текст] / В.Ю. Гребенюк // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 134. – С. 162– 173.

5. Гребенюк, В.Ю. Нейро-нечеткое моделирование процессов работы индуктивно-проводного датчика [Текст] / В.Ю. Гребенюк // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 136. – С. 241– 247.

6. Бабаєв, М.М. Нейросетевая модель функционирования индуктивно-проводного датчика с использованием сети с прямой передачей сигнала и обратным распространением ошибки [Текст] / М.М. Бабаєв, В.Ю. Гребенюк // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – Донецьк: ДонІЗТ, 2014. – Вип. 38. – С. 5 – 13.

7. Бабаєв, М.М. Разработка модели контроля состояния путевого участка с помощью индуктивно-проводного датчика на базе нейросетевых технологий [Текст] / М.М. Бабаєв, В.Ю. Гребенюк // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 135. – С. 159 – 167.

8. Гребенюк, В.Ю. Ефективність розроблення та впровадження інноваційного продукту залізничного транспорту. Ч.1 [Текст] / В.Ю. Гребенюк // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 143. – С. 155 – 160.

**Публікації у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:**

9. Бабаєв, М.М. Разработка модели функционирования индуктивно-проводного датчика с помощью нейросетевых технологий [Текст] / М.М. Бабаєв, В.Ю. Гребенюк // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014. – № 1. – С. 59 – 63.

10. Гребенюк, В.Ю. Ефективність розробки та впровадження інноваційного продукту залізничного транспорту. Ч.2 [Текст] / В.Ю. Гребенюк // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014. – № 3. – С. 49 – 54.

11. Гребенюк, В.Ю. Анализ современных путевых датчиков контроля подвижных объектов железнодорожного транспорта [Текст] / В.Ю. Гребенюк // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2012. – № 3. – С. 70 – 75.

12. Бабаєв, М.М. Проверка модели контроля состояния путевого участка на адекватность [Текст] / М.М. Бабаєв, В.Ю. Гребенюк // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2013. – № 2. – С. 91 – 96.

**Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:**

13. Гребенюк, В.Ю. Применение путевых датчиков контроля подвижных объектов на железнодорожном транспорте [Текст] / В.Ю. Гребенюк // Українські залізниці. – 2013. – №5. – С. 56 – 61.

14. Індуктивно-дротовий датчик для виявлення транспортного засобу в межах певної ділянки шляху [Текст]: пат. 69618 України: МПК В 61 L 1/00, / Бабаєв М.М., Блиндюк В.С., Ананьєва О.М., Гребенюк В.Ю.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. – № u 201111537; заявл. 29.09.2011; опубл. 10.05.2012, Бюл. №9. – 4 с.

15. Індуктивно-дротовий датчик для виявлення транспортного засобу в межах певної ділянки шляху [Текст]: пат. 101096 України: МПК В 61 L 1/00, / Бабаєв М.М., Блиндюк В.С., Ананьєва О.М., Гребенюк В.Ю.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. – № а 201111355; заявл. 26.09.2011; опубл. 25.02.2013, Бюл. №4. – 5 с.

16. Пристрій контролю проходження відчепа [Текст]: пат. 75537 України МПК В 61 L 1/00, / Бабаєв М.М., Блиндюк В.С., Чепцов М.М., Давиденко М.Г., Ананьєва О.М., Гребенюк В.Ю.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. – № u 201204385; заявл. 09.04.2012; опубл. 10.12.2012, Бюл. №23. – 5 с.

17. Пристрій для контролю проходження відчепа [Текст]: пат. 102472 України МПК В 61 L 1/00, / Бабаєв М.М., Блиндюк В.С., Чепцов М.М., Давиденко М.Г., Ананьєва О.М., Гребенюк В.Ю.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. – № а 201204243; заявл. 25.09.2012; опубл. 10.07.2013, Бюл. №13. – 5 с.

**Праці апробаційного характеру:**

18. Гребенюк, В.Ю. Обґрунтування доцільності розробки та впровадження індуктивно-дротового датчика на залізничному транспорті [Текст] / В.Ю. Гребенюк // 76-та Міжнародна науково-технічна конференція УкрДАЗТ. - Збірник наукових праць УкрДАЗТ: тези доповідей. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 143. – С. 232– 233.

19. Гребенюк, В.Ю. Моделювання електромагнітних датчиків [Текст] / В.Ю. Гребенюк // Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железных дорог Украины: 25-я междунар. конф., 24 – 29 сентября, 2012 г.: тезисы докл. – Алушта, 2012. – С. 111-112.

20. Гребенюк, В.Ю. Аналіз впливу дестабілізуючих факторів на роботу індуктивно-дротових датчиків систем залізничної автоматики [Текст] / В.Ю. Гребенюк // 74-а Міжнародна науково-технічна конференція УкрДАЗТ. - Збірник наукових праць УкрДАЗТ: тези доповідей. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 129. – С. 203.

21. Гребенюк, В.Ю. Моделювання процесів роботи індуктивно-дротового датчика за допомогою нейронних мереж [Текст] / В.Ю. Гребенюк // 75-та Міжнародна науково-технічна конференція УкрДАЗТ. - Збірник наукових праць УкрДАЗТ: тези доповідей. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 136. – С. 290.

22. Гребенюк, В.Ю. Дослідження роботи індуктивно-дротового датчика за допомогою нейромережевого моделювання [Текст] / В.Ю. Гребенюк // Внедрение перспективных микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и средств телекоммуникаций на базе цифровизации: 26-я междунар. научно-практ. конф. 23 – 28 сентября, 2013 г.: тезисы докл. – Алушта, 2013. – С. 106.

## АНОТАЦІЯ

Гребенюк В.Ю. Удосконалення методів та засобів контролю рухомих одиниць залізничного транспорту. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 - експлуатація та ремонт засобів транспорту. - Український державний університет залізничного транспорту МОН України, Харків, 2015.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково – прикладного завдання науково-прикладного завдання підвищення достовірності виявлення рухомих транспортних одиниць на колійних ділянках шляхом формування завадозахищених методів їх контролю й удосконалення шлейфових датчиків.

У роботі обґрунтовано й теоретично встановлено можливість удосконалення методів і засобів контролю зайнятості або вільності певної колійної ділянки за допомогою синтезованого індуктивно-дротового датчика. Розроблено та перевірено на адекватність імітаційні нейромережні моделі функціонування датчика, що дає змогу прогнозувати й контролювати ситуацію на певній ділянці колії в різних умовах, зокрема під дією імпульсних та гармонічних завод: від тягового струму, блукаючих струмів, внаслідок зміни кліматичних умов, що дасть змогу врахувати вплив дестабілізуючих факторів на роботу датчика. Розроблено і запатентовано пристрій контролю проходження відчепа, що дало змогу врахувати експлуатаційні особливості функціонування рухомих одиниць. Після розрахунку економічної ефективності від впровадження цього інвестиційного проекту очікується, що загальна сума чистої приведеної вартості заходу з урахуванням зміни вартості грошей у часі складе 294072,58 грн.

**Ключові слова:** колійні датчики, індуктивно-дротовий датчик, нейромережа, колійна ділянка, імітаційна модель, адекватність, нейро-нечітке моделювання, рухома одиниця.

## АННОТАЦИЯ

Гребенюк В.Ю. Усовершенствование методов и средств контроля подвижных единиц железнодорожного транспорта. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. – Украинский государственный университет железнодорожного транспорта МОН Украины, Харьков, 2015.

Диссертационная работа посвящена решению научно-прикладного задания повышения достоверности обнаружения подвижных транспортных единиц на

путевых участках путем формирования помехозащищенных методов их контроля и усовершенствования шлейфовых датчиков.

В работе обоснована и теоретически установлена возможность усовершенствования методов и средств контроля занятости или свободности определенного путевого участка с помощью синтезированной и запатентованной индуктивно-проводного датчика (ИПД), который предназначен для определения свободности или занятости подвижным составом участка пути.

Принцип действия ИПД основан на изменении индуктивности катушки при свободности пути и при наличии над ней ферромагнитной массы подвижного средства. Разработанный ИПД контролирует прохождение подвижной единицей стрелки, отцепа и баз длиннобазных вагонов, исключение вреза стрелки при маневрах, а также наличие «окон» в системе контроля заполнения путей подгорочного парка сортировочных горок. По сравнению с другими типами датчиков ИПД обладает рядом преимуществ: преобразователь обеспечивает гарантированную зону контроля подвижного состава независимо от эксплуатационных факторов, исключает перевод стрелки под вагоном, а также не требует частой сезонной регулировки. К тому же разработанный ИПД позволяет определить направление движения подвижной единицы.

Применение ИПД на объектах железнодорожного транспорта обусловило разработку метода контроля подвижных единиц, который, в отличие от существующих решений, позволяет с большей достоверностью выявлять транспортные средства на определенных путевых участках, в том числе и на переездах.

Разработаны имитационные нейросетевые модели функционирования ИПД, что позволило контролировать ситуацию на определенном участке пути в различных условиях. Описанная имитационная модель процессов работы ИПД позволяет воссоздать реальную картину путевого участка и учесть влияние помех от тягового тока, блуждающих токов, помех вследствие изменения погодных условий, после чего контролировать состояние данного участка пути. В результате исследования нескольких нейросетевых структур выявлено, что для выполнения задания функционирования ИПД при заданных требованиях достаточно применения модели на основе многослойной нейросети. С помощью нейро-нечеткого моделирования решена задача реализации процессов работы ИПД в различных условиях, что позволило оценить техническую эффективность его работы в условиях помех. С целью дальнейшего использования предложенных моделей функционирования ИПД проведена проверка адекватности полученных результатов имитационного моделирования путем применения методов и критериев математической статистики.

Разработан метод регистрации отцепа на основе применения запатентованного устройства контроля прохождения отцепа, основной функцией которого является контроль свободности / занятости участков пути подгорочного парка, что позволило увеличить пропускную способность горки за счет информации о направлении движения отцепа, количества в нем вагонов, повысить достоверность и

помехозащищенность при регистрации прохождения отцепя или длиннобазных вагонов.

После расчета экономической эффективности от внедрения данного инвестиционного проекта ожидается, что общая сумма чистой приведенной стоимости мероприятия с учетом изменения стоимости денег во времени составит 294072,58 грн.

**Ключевые слова:** путевые датчики, индуктивно-проводной датчик, нейросеть, путевой участок, имитационная модель, адекватность, нейро-нечеткое моделирование, подвижная единица.

## SUMMARY

Grebeniuk V.Yu. Improvements in methods and means for rail vehicle control. – Manuscript.

Dissertation for the Candidate of Engineering Sciences Academic Degree, speciality 05.22.20 – Operation and Maintenance of Transport Means. – Ukrainian State University of Railway Transport Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkov, 2015.

The dissertation deals with theoretical and practical problems of developing methods to detect rail vehicles on control track sections due to higher noise immunity of loop sensors.

The research grounds and theoretically substantiates possibility to improve methods and means to control occupancy/vacancy of certain track sections by the designed and patented inductive-and-wire sensor (IPD). It also controls passing railway points, batches and centers of long wheelbase cars. In comparison with other types of sensors the IPD has a number of advantages: the converter provides a guaranteed control zone for rolling stock regardless of maintenance factors, prevents point operation under the car, and also does not require frequent seasonal adjustment. Besides, the developed IPD makes it possible to determine the direction of a rail vehicle. The simulation connectionist models to control the track section condition with this sensor have been developed. They allow forecasting and controlling the situation on certain track sections in various conditions. On the base of the offered IPD it has been developed a device to control passing batches, the basic function of which is control of occupancy/vacancy of hump yard sections which leads to higher operational efficiency due to information about the batch movement and the number of its cars, improved accuracy and noise immunity in registration of passing batches or centers of long wheelbase cars.

The total net present value including changes in time value of money is expected UAH 294,072.58, as a calculated cost efficiency of the investment project implementation.

**Key words:** track sensors, inductive-and-wire sensor, neuronet, track section, simulation model, fidelity, neuro-fuzzy modelling, rail vehicle.

**Гребенюк Вікторія Юріївна**

**656.2:681.586.782**

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ  
РУХОМИХ ОДИНИЦЬ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

к.т.н., доц. О.Є. Зінченко

---

Підписано до друку « 19 » травня 2015 р.  
Формат паперу 60x84 1/16. Папір для множних апаратів.  
Умовн.-друк.арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,1.  
Замовлення № 244. Тираж 150 прим.

---

Видавництво УкрДУЗТу, свідоцтво ДК №2874 від 12.06.2007 р.  
Друкарня УкрДУЗТу, 61050, м. Харків, майдан Фейсрбаха, 7.