

термів вхідних і вихідних змінних рекомендується вибирати від 5 до 7, з посиланням на дослідження із психології (людина із середніми здатностями в стані одночасно зберігати в пам'яті від 5 до 9 інформаційних гранул (термів)). Однак ці рекомендації й формули не мінімізують число термів нечітких змінних або число нейронів у проміжному шарі ШНС залежно від необхідної точності реалізації складної моделі.

Модель системи визначається у вигляді відрізків прямих ліній, що проходять через крапки з координатами  $x_1, y_1$  і  $x_2, y_2$ , заданими таблицею лінгвістичних правил, що перебувають на кривій

другого порядку. Тобто мова йде про апроксимацію кривій маючої  $2l$  похідних відрізками прямих, що проходять через дві крапки з координатами  $x_1, y_1$  і  $x_2, y_2$  кривій із заданою максимальною погрішністю  $\Delta_{\max}$ .

У таблиці від числа ділянок апроксимації  $n$  й числа термів  $m$  нечітких змінних  $x, v$  знайдені значення відносної погрішності апроксимації  $\delta$  й абсолютної погрішності апроксимації  $\Delta_{\max}$ .

Вибираючи необхідні значення  $\delta$  або  $\Delta_{\max}$  одержуємо значення  $n$  або  $m$  гарантуючу необхідну точність реалізації моделей.

Таблиця

n	1	2	3	4	5	10	20
m	2	3	4	5	6	11	21
$\delta$	1	0,25	0,11	0,0625	0,04	0,01	0,0025
$\Delta_{\max}$	$0,25 \mu$	$0,0625 \mu$	$0,0275 \mu$	$0,016 \mu$	$0,01 \mu$	$0,0025 \mu$	$0,000625 \mu$

**Висновок.** Запропоновано аналітичний метод визначення складності нечітких і нейронних моделей для систем, описуваних функціями  $y_c = f_c(x)$ , що мають  $2l$  похідних залежно від заданої точності їхньої реалізації.

#### Список використаних джерел

1. Б.Т. Сытник. Реализация нейронечетких моделей и регуляторов гарантированной точности / В.А. Брыксин, В.С. Михайленко, Б.Т.Сытник, С.И. Яцько // Научно-технический журнал "Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте". – 2011. – №. 4. – С.24.
2. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А.Пегат.- М.: Бином, 2009. – 798 с.

*Ситник Б. Т., к.т.н., доцент,*

*Овчаренко О. О., магістр,*

*Гавришченко В. О., магістр (УкрДУЗТ)*

### УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ І АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РУХОМИМ ОБ'ЄКТОМ

**В докладі** обґрунтовано актуальність тем магістерських дипломних робіт, сформульовано мету і завдання досліджень, а також охарактеризовано особистий внесок магістрантів, практичне значення і наукова новизна отриманих результатів, виконано огляд і аналіз підходів до відомих [1-4] сучасних методів створення моделей рухомих об'єктів керування. За результатами огляду та аналізу зроблені висновки. Висновки дозволили сформулювати постановку мету і задачі роботи.

**Мета і завдання дослідження.** Метою

магістерських робіт є удосконалення математичної моделі електромеханічних об'єктів керування для інформаційно-керуючої системи керування (ІККС) рухомих складом. Для досягнення мети сформульовані наступні завдання:

Зробити аналіз сучасних систем керування тяговим рухомих складом в Україні та у світі, сформулювати постановку задачі розробки ІККС одиниць рухомого складу.

Розв'язати задачу оптимізації системи керування поїзду із тяговими двигунами постійного струму для зменшення енерговитрат

Удосконалити математичні моделі виконавчих механізмів електромеханічних систем об'єктів керування, за допомогою введення додаткових блоків, враховуючих усі додаткові змінні фактори руху (вагу, технічний стан, завантаженість, ухил, радіус траєкторії руху та ін.) змінюючи параметри моделі, для зміни настроювань адаптивних регуляторів системи керування швидкістю руху РО і розв'язання задач оптимального керування рухомих об'єктом.

Підтвердити правильність запропонованих рішень за допомогою порівняння характеристик розробленої моделі і реальної електропередачі.

*Об'єктом дослідження* є процеси моделювання тягового рухомого складу.

*Предметом дослідження* є інформаційне та математичне забезпечення оптимізації процесів керування та контролю тяговим рухомих складом.

*Методи дослідження.* Для вирішення поставлених завдань були використані методи: теоретичні положення щодо побудови математичних моделей поїздів та їх систем керування і математичне моделювання застосовані під час удосконалювання існуючої моделі системи керування приводом електропоїзду з тяговими двигунами постійного струму.

**Наукова новизна отриманих результатів.**

Рішення поставлених завдань дозволило отримати наступні результати:

Удосконалені математичні моделі тягових двигунів постійного струму за допомогою введення додаткових входів враховуючих вагу, технічний стан, завантаженість, ухил, радіус траєкторії руху.

Розроблені нові комп'ютерні моделі додаткового та шунтуючого резисторів двигуна.

Удосконалені математичні моделі регулятора тягових ІККС за допомогою введення додаткових сигналів із нової моделі двигуна, враховуючих вагу, технічний стан, завантаженість, ухил, радіус траєкторії руху, для зміни настроювань адаптивних регуляторів системи керування швидкістю руху РО і розв'язання задач оптимального керування рухомим об'єктом.

**Практичне значення отриманих результатів:**

Результати роботи використані в учбовому процесі.

**Особистий внесок магістрантів.** Моделювання запропонованих рішень і порівняння характеристик розроблених моделей і реальної електропередачі.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дипломні роботи виконувалися відповідно до Державній програмі реформування залізничного транспорту (розпорядження Кабінету Міністрів України від 27.12.2006 р. № 651-р), Концепції створення державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення керування рухливими об'єктами (розпорядження Кабінету Міністрів України від 17.07.2003 р. № 410-р), "Концепції Державної цільової програми впровадження на залізничних шляхах швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005-2015рр.", що схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України № 079-р від 31.12.2004р.

При розгляді електропоїзда як об'єкту керування в [2-4] виділені такі основні діючі моменти: момент тяги состава  $M_T$  і момент навантаження  $M_H$ . Таким чином, вузол визначення обертів двигуна  $n$  повинен складатися з моделі тягового моменту й моделі моменту навантаження:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_T - M_H,$$

де  $M_T$  – момент тяги;

$M_H$  – момент навантаження.

Тяговий момент визначається як:

$$M_T = 4 \mu M_D = 4 \mu C_M \Phi_D i_A.$$

Момент навантаження визначається співвідношеннями:

$$M_H = jr W_0 F_C R_K;$$

$$W_0 = \frac{1}{1000} (a_0 + a_1 V + a_2 V^2);$$

$$F_C = m g,$$

де  $j$  – змінний коефіцієнт ухилу шляху (для горизонтальної ділянки  $j = 1$ );

$r$  – змінний радіус траєкторії руху

$W_0$  – питомий опір руху;

$F_C$  – зчіпна вага;

$R_K$  – радіус колеса;

$a_0, a_1, a_2$  – постійні коефіцієнти;

$V$  – швидкість електропоїзда;

$m$  – змінна маса состава;

$g$  – прискорення вільного падіння.

Зчіпна вага  $F_C$  визначається сумарною масою вагонів і завантаженням їхніми пасажирями.

Визначення моменту навантаження  $M_H$  можна здійснити згідно вираження:

$$M_H = jr \frac{1}{1000} (a_0 + a_1 V + a_2 V^2) m g R_K.$$

Швидкість руху електропоїзда  $V$  [м/сек] визначається згідно вираження:

$$V = \omega_K R_K; \omega_K = \frac{2 \pi n}{\mu},$$

де  $\omega_K$  – кутова швидкість колеса;

$R_K$  – радіус колеса;

$n$  – оберти двигуна;

$\mu$  – передаточне число редуктора.

Визначення швидкості при розмірності [км/год] як:

$$V = \frac{2 \pi n}{\mu} R_K \frac{3600}{1000}.$$

Для визначення обертів двигуна  $n$  в операторній формі запису виразимо кутову швидкість  $\omega$  через  $n$  і замінивши операцію диференціювання на оператор Лапласа  $p$ , одержимо:

$$n = \frac{\mu}{2 \pi J p} (M_T - M_H).$$

Момент інерції  $J$  визначається як:

$$J = m R_K^2.$$

Таким чином, одержимо:

$$n = \frac{K_3}{p} (M_T - M_H),$$

де  $K_3 = \mu / (2 \pi J)$ .

**Висновок.** З урахуванням формул описуючих об'єкт керування удосконалені математичні моделі тягових двигунів постійного струму за допомогою введення додаткових входів враховуючих змінні параметри (вагу, технічний стан, завантаженість, ухил, радіус траєкторії руху) і розроблені нові комп'ютерні моделі додаткового та шунтуючого резисторів двигуна.

Удосконалені математичні моделі регулятора тягових ІККС за допомогою введення додаткових змінних сигналів із нової моделі двигуна, враховуючих вагу, технічний стан, завантаженість, ухил, радіус траєкторії руху, для зміни настроювань адаптивних регуляторів системи керування швидкістю руху РО і розв'язання задач оптимального керування рухомим об'єктом.

#### Список використаних джерел

1. Б. Т. Сытник. Реализация нейронечетких моделей и регуляторов гарантированной точности / В.А. Брыксин, В.С. Михайленко, Б.Т.Сытник, С.И.Яцько // Научно-технический журнал "Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті". – 2011. – №. 4 С.24-2
2. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат. - М.: Бином, 2009. – 798 с.
3. Дмитриенко В.Д., Носков В.И., Липчанский М.В. Математическое моделирование и оптимизация системы управления тяговым электроприводом // Системы обработки інформації. Зб. наук. праць. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 11(39). – С.55–62.
4. Блиндюк В. С. Обобщенная машинная модель вагона электропоезда // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2012. – №5. – С. 51-61.

*Шандер О. Е., доцент, к.т.н.,  
Винниченко О. Ю., магістр (УкрДУЗТ)*

УДК 656.223

#### УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ВАГОНОПОТОКАМИ В УМОВАХ ХАРКІВСЬКОЇ ДИРЕКЦІЇ

Аналіз показників роботи Харківської дирекції виявив, що на сьогоднішній день існує великий дефіцит вагонного парку. На даний час інвентарний парк УЗ складає 106 тис. вантажних вагонів (проти 185 тис. в 2007 році). Ситуація з експлуатаційним парком ще гірша – 71 тис. вантажних вагонів. На 1 вересня 2017 року в робочому стані знаходилось всього 66 тис. вагонів. Харківська дирекція межує з

Придніпровською залізницею зі здачею вагонів по стику Лозова; з Донецькою залізницею зі здачею вагонів по стику Букине та Лозова. За об'ємами руху Харківська дирекція є транзитною, тому основна задача це переробка транзитних вагонів з переробкою. Тому важливим кроком для забезпечення прибутковості і конкурентоспроможності залізниці в умовах дефіциту вагонного парку є доступ приватних операторських компаній до інфраструктури з їх власним вагонним парком. Збільшення числа операторських компаній з власним вагонним парком забезпечить зростання обсягів перевезень та надасть можливість виконання заданих планових завдань в межах дирекції.

Виходячи з цього, з урахуванням всіх вимог, які були проаналізовані, сформовано оптимізаційну модель організації залізничних вантажних перевезень в умовах Харківської дирекції за допомогою математичних методів на основі інтелектуалізації, за умови виконання запланованих обсягів перевезень вантажів на всій мережі залізниць України, а також забезпеченні безпеки руху [1]. Формування відповідної технології забезпечить: підвищення ефективності керування перевізним процесом; скорочення часу знаходження вагонів під вантажними операціями; зменшення пробігу порожніх вагонів; збільшення пропускної спроможності вагонів; зниження тарифу на перевезення залізничним транспортом; забезпечення доставки вантажів « точно в строк».

#### Список використаних джерел

1. Бутько, Т.В. Формалізація процесу управління парком вантажних вагонів операторських компаній [Текст] / Т.В. Бутько, О.Е. Шандер // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. - № 2/3(68). - С. 55-58.

*Шандер Ю. В., асистент,  
Бондарчук А. Є., магістр,  
Давидчук М. М., магістр (УкрДУЗТ)*

УДК 656.027

#### УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ВОКЗАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ В УМОВАХ ВПРОВАДЖЕННЯ ШВИДКІСНОГО РУХУ

В умовах впровадження швидкісного руху та зростання пасажиропотоків на головних залізничних пасажирських вокзалах постає питання вирішення задачі щодо формування заходів для уникнення різноманітних незручностей при пересуванні пасажирів по вокзалу. За таких умов актуальним стає рішення задачі формування ефективної системи орієнтування пасажирів на залізничному вокзалі. Одним із ефективних напрямків рішення поставленої