УДК 629.4.053 **DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.165.2016.87786**

СИНТЕЗ КРИТЕРІЮ ЯКОСТІ РОБОТИ ЕРГАТИЧНОЇ СИСТЕМИ «МАШИНІСТ-ЛОКОМОТИВ»

Асп. А. О. Антонович

СИНТЕЗ КРИТЕРИЯ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «МАШИНИСТ-ЛОКОМОТИВ»

Асп. А. О. Антонович

THE SYNTHESIS OF QUALITY CRITERION OF ERGATIC SYSTEM «TRAIN DRIVER – LOCOMOTIVE»

Pg. A. O. Antonovych

У роботі отримано критерій якості для оцінки керуючої діяльності машиніста локомотива. Синтез критерію ґрунтується на адитивному показнику, що включає в себе визначені показники витрати енергоресурсів на тягу поїздів, дотримання графіка руху та показник рівня безпеки руху. Такий підхід дозволив отримати теоретичне підґрунтя для порівняння дій машиністів у різних поїзних ситуаціях.

Ключові слова: *ергатична система, локомотив, машиніст, якість керування, безпека руху.*

В работе получен критерий качества для оценки управляющей деятельности машиниста локомотива. Синтез критерия основывается на аддитивном показателе, включающем в себя показатели расхода энергоресурсов на тягу поездов, соблюдение графика движения и показатель уровня безопасности движения. Такой подход позволил получить теоретическое основание для сравнения действий машинистов в различных поездных ситуациях.

Ключевые слова: *эргатическая система, локомотив, машинист, качество управления, безопасность движения.*

Obtain a criterion of quality for the evaluation of the management activities of the locomotive engineer. The quality of the functioning ergatic system because of its reliability. Each partial criterion represents the functionality, including vectors of technical condition of locomotive, control the driving signals, initial conditions and final States. Modalities for the accounting of each partial criterion weight coefficients. In the structuring of partial criteria formulated in the following terms: limiting their total amount; account of train situation at the station; saving computing resources on-Board computer. The synthesis criterion is based on an additive index that includes indicators of energy consumption for train traction, adherence to the schedule and an indicator of the level of traffic safety. Be less than the predicted values of the given quantities, the more useful it is considered to take the control decision. This approach allowed to obtain a theoretical basis for comparison of the actions of the train drivers in different situations. In the future the survey can be used to detect and compare the qualifications of the different drivers.

Keywords: *ergatic system, locomotive, machinist, quality control, safety.*

Вступ. Забезпечення високої якості роботи машиніста, а отже, і всієї системи «машиніст – локомотив» є пріоритетним завданням на залізничному транспорті. Його вирішення прямо впливає на основні показники роботи локомотивних депо та залізниці в цілому, а саме на витрати енергоресурсів на тягу поїздів, точність дотримання графіка руху і стан безпеки руху. Тому підвищення якості керуючої діяльності людини-оператора на залізничному транспорті є актуальним завданням, спрямованим на вирішення проблеми підвищення ефективності експлуатації транспорту в цілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню професійної діяльності машиністів локомотива присвячено багато робіт як в Україні, та і у світі. Перспективи підвищення якості перевезень за рахунок зниження шкідливого впливу людського фактора розглянуто в роботі [1]. У результаті дослідження [2] описано основні функції машиніста в сучасних умовах ПАТ «Укрзалізниця», що характеризуються погіршенням технічного стану рухомого складу. У роботах [3, 4] визначено основні критерії безпеки руху та вплив людської діяльності на її рівень. Моделювання керуючої діяльності машиніста локомотива виконано з використанням теорії нечітких імовірнісних графів [5] та інтерполяційного структурного моделювання [6]. У наведених роботах автори оперують поняттям «якість керування локомотивом», але це поняття так і залишилось нерозкритим і потребуючим формального визначення.

Якість роботи ергатичної системи «машиніст-локомотив» пов’язана з її надійністю, при визначенні якої необхідно враховувати таке [7]:

1. Показники надійності повинні бути єдиними для всіх ланок системи «машиніст-локомотив» і по можливості містити в собі в явному вигляді показники надійності її окремих ланок – машиніста і локомотива.

2. При визначенні надійності системи «машиніст-локомотив» із методичної точки зору доцільно представляти людину-оператора як одну з ланок системи. Водночас слід розуміти, що людина є специфічною ланкою з властивими тільки їй особливостями [8].

3. Одержання універсального виразу для визначення надійності системи «машиніст-локомотив» будь-якого типу досить складне. Тому необхідно виявити основні складові системи і для кожного з них одержати свої вирази для оцінки надійності.

Визначення мети та задачі дослідження. Виходячи з аналізу доступних досліджень і публікацій основну увагу в ергатичній системі «машиніст-локомотив» приділено надійності та моделюванню роботи машиніста і локомотива (або поїзда). Не визначено та не формалізовано критерій якості керування локомотивом. Це викликає деякі труднощі при вирішенні завдань оптимізації діяльності машиніста і оцінки впровадження нових засобів безпеки та контролю на локомотивах. Тому метою даного дослідження є синтез критерію якості роботи ергатичної системи «машиніст-локомотив».

Основна частина дослідження. Критерій якості роботи ергатичної системи «машиніст-локомотив» у процесі експлуатації може бути представлений у вигляді співвідношення різних показників якості, що відображують різні властивості системи.

Завдаємо комплексний критерій якості системи у вигляді

$$Я = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i I_i \,, \qquad (1)$$

де γ_i – ваговий коефіцієнт i-го показника I_i, $i \in [1, n]$;

n – кількість часткових критеріїв.

Кожен із часткових критеріїв являє собою функціонал

$$I_i = I_i\left(x, u, x_{зв}, x_{пу}, x_{кс}, q_{лб}, t\right) = I_i\left(\bar{\mathrm{X}}\right), \quad (2)$$

де x – вектор технічного стану локомотива;

u – вектор керування;

$x_{зв}$ – вектор задавальних впливів;

$x_{пу}$ – вектор початкових умов;

$x_{кс}$ – вектор кінцевого стану;

$q_{лб}$ – якість роботи локомотивних бригад;

t – час, протягом якого досліджується система.

Функціонали (2) визначені на розв'язанні системи

$$\frac{dx}{dt} = f\left(\bar{\mathrm{X}}\right), \qquad (3)$$

де f – вектор функції узагальненої сили.

Функціонали (2) і рівняння (3) визначені в області простору вектора стану і вектора керування

$$N(x, u) \geq 0\,. \qquad (4)$$

Варіаційна задача полягає в знаходженні оптимального процесу керування з області N

$$\left\{x^*(t), u^*(t)\right\},\ t_0 \leq t \leq t_1\,. \qquad (5)$$

У такій постановці варіаційна задача є невизначеною, якщо невідомі вагові коефіцієнти у виразі (1).

Кожен з часткових показників, що утворюють комплексний критерій якості, відображує різні властивості системи керування і, будучи функціоналом, має числове вираження.

У реальних умовах роботи локомотива завжди є обмеження за запасом потужності, конструкційною швидкістю (або граничною швидкістю для даної ділянки), напруженістю роботи локомотивної бригади та ін.

Ці обмеження необхідно ввести в математичний опис об'єкта. Тому для кожного часткового критерію повинна бути відома верхня межа його вимірювання

$$I_i\left(\bar{X}\right) \le B_i,\ i \in [1, n]. \qquad (6)$$

Якщо ж для деяких критеріїв такої інформації у явному вигляді нема, то граничні значення можуть бути обчислені, наприклад, так, як це запропоновано в роботі [9].

При визначенні комплексного критерію *Я* необхідно визначити кількість і склад часткових критеріїв. Необхідно додержуватись таких умов:

- перелік часткових критеріїв не повинен бути занадто великим. Бажано дрібні критерії виразити за допомогою більш загальних з метою спрощення розрахунків;

- часткові критерії повинні обиратися не тільки з урахуванням якості керування окремо обраним поїздом (локомотивом), але і враховувати, що ергатична система «поїзд-машиніст» є лише складовою великої системи залізниці, що забезпечує перевезення на даній ділянці;

- маючи на увазі перспективні локомотиви, методика розрахунків повинна забезпечувати їх проведення бортовими ЕОМ з необхідною швидкістю. Це дозволить використати отримані дані при керуванні локомотивом, не знижуючи рівень безпеки руху.

У роботі пропонується в якості критеріїв використати фактори корисності, наведені в роботах [10, 11]. Параметрами, що характеризують корисність того чи іншого рішення, прийнятого системою, пропонуються величини складності нештатної ситуації, відхилення від графіка та витрата енергії на тягу. Чим меншими виявляються прогнозні значення наведених величин у результаті прийняття рішення, тим корисніше це рішення.

Корисність рішення визначимо у тривимірній системі координат ($X_{нс}$; G; Δt), де $X_{нс}$ – складність нештатної ситуації, G – витрати енергії на рух поїзда, Δt – відхилення від графіка руху. Корисність дії в такому випадку буде визначатися довжиною вектора, відкладеного від початку координат до точки ($X_{нсі}$; G_i; Δt_i), яка визначається прогнозним значенням вказаних величин у результаті того або іншого рішення, що вироблено системою [11].

Таким чином вираз (1) конкретизуємо та подамо як

$$Я = \sum_{i=1}^{3} \gamma_i I_i\ , \qquad (7)$$

де I_1 – частковий критерій безпеки руху;

I_2 – частковий критерій витрати енергоресурсів на тягу поїздів;

I_3 – частковий критерій дотримання графіка руху поїзда;

γ_i – ваговий коефіцієнт і-го часткового критерію.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. У результаті дослідження запропоновано показник якості роботи ергатичної системи «машиніст-локомотив» подавати у вигляді адитивного критерію. Частковими критеріями якості визначено показники витрати енергоресурсів на тягу поїздів, дотримання графіка руху та показник рівня безпеки руху. Такий підхід дозволив формалізувати оцінку керуючої діяльності локомотивної бригади, що є підставою для об'єктивного порівняння дій машиністів у різних, як нормальних, так і нештатних, поїзних ситуаціях. У подальших дослідженнях необхідно обґрунтувати величини вагових коефіцієнтів часткових

критеріїв. Однією з перспектив використання даного підходу до визначення якості керуючої діяльності є визначення та порівняння кваліфікаційного рівня різних машиністів.

Список використаних джерел

1. Rajabalinejad, M. Operation, safety and human: Critical factors for the success of railway transportation [Text] / M. Rajabalinejad, A. Martinetti, L. A. M. van Dongen // System of Systems Engineering Conference (SoSE), 2016 11th. – Kongsberg Kunnskap og kulturpark, Kongsberg, Norway: IEEE, 2016. – pp. 85-91.

2. Самсонкин, В. Н. Исследование особенностей деятельности машиниста поезда в современных условиях: взгляд изнутри профессии [Текст] / В. Н. Самсонкин, Я. П. Петинов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 3 (78). – С. 40-45.

3. Самсонкін, В. М. Теорія безпеки на залізничному транспорті [Текст]: монографія / В.М. Самсонкін, В. І. Мойсеєнко. – К.: Видавництво «Каравела», 2014. – 247 с.

4. Rail Human Factors: Supporting reliability, safety and cost reduction. [Text] / N. Dadashi, A. Scott, J. R. Wilson, A. Mills. – London, UK: CRC Press, 2013. – 762 p.

5. Бутько, Т. В. Моделирование управляющей деятельности машиниста локомотива с помощью теории нечетких графов [Текст] / Т. В. Бутько, А. Н. Горобченко // Наука та прогрес транспорту: Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – 2015. – № 2 (56). – С. 88–96.

6. Extracting train driver's perception strategies using Interpretive Structural Modeling [Text] / Y. Horiguchi, T. Suzuki, T. Sawaragi, etc. // Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS), 2014 Joint 7th International Conference on and Advanced Intelligent Systems (ISIS). – Kitakyushu, Japan: Kitakyushu International Conference Center, 2014. – P. 45-53.

7. Пузир, В. Г. Наукові основи удосконалення технології передрейсової підготовки локомотивів та локомотивних бригад [Текст]: автореф. дис. … д-ра техн. наук: В. Г.Пузир. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – 38 с.

8. Павлов, В. В. Синтез эргатических систем управления [Текст] / В. В. Павлов, А. Н. Воронин, А. М. Мелешев // Кибернетика и вычислительная техника. – К.: Наукова думка, 1972. – 225 с.

9. Пузир, В. Г. Інформаційна модель процесу керування локомотивом [Текст] / В. Г. Пузир // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків, 1998. – № 1. – С. 22-25.

10. Бабанін, О. Б. Визначення цільової функції для оптимізації процесу керування в ергатичній системі «машиніст-СППР-поїзд» на підставі критерію корисності [Текст] / О. Б. Бабанін, О. М. Горобченко // Зб. наук. праць держ. екон.-технол. ун-ту трансп. – К.: ДЕТУТ, 2014. – Вип. 25. – С. 92-99.

11. Горобченко, О. М. Визначення корисності дії інтелектуального агента керування рухом поїзду [Текст] / О. М. Горобченко // Тези доповідей 71 Міжнар. наук.-практ. конф. "Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту", 14-15 квітня 2011 р. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2011. – С. 63.

Антонович Артем Олегович, кафедра експлуатації і ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: 093-0256400. E-mail: artem_antonovich@mail.ru.

Antonovych Artem Olehovych, graduate student Major Maintenance and repair of rolling stock, Ukraine State University of Railway Transport. Tel.: 093-0256400. E-mail: artem_antonovich@mail.ru.

Статтяя прийнята 27.10.2016 р.