

УДК 629.4.072:656.027

ВИБІР ЕРГАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПЕРЕДРЕЙСОВОЇ ПІДГОТОВКИ ЛОКОМОТИВНИХ БРИГАД ШВИДКІСНОГО РУХУ

Д-р техн. наук В. Г. Пузир, магістрант А. Ю. Громак

ВЫБОР ЭРГАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЕРЕДРЕЙСОВОЙ ПОДГОТОВКИ ЛОКОМОТИВНОЙ БРИГАДЫ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ

Д-р техн. наук В. Г. Пузырь, магистрант А. Ю. Громак

THE CHOICE OF THE ERGATIC MODEL OF THE PRECRUSION PREPARATION OF LOCOMOTIVE HIGH-SPEED MOVEMENT TEAM

D. Sc. (Tech.) V. G. Puzyr, master A. U. Gromak

У статті вирішуються питання щодо вибору ергатичної моделі локомотивної бригади. Локомотивна бригада розглядається як ергатична система з декількома рівнями керування. На підставі критеріїв, що запропоновані у статті, обрана оптимальна система роботи локомотивної бригади з дискретною моделлю «людина-оператор». Наведені моделі можуть бути реалізовані для формування технології передрейсового контролю локомотивної бригади при організації швидкісного руху.

Ключові слова: локомотивна бригада, ергатична система, модель «людини-оператора», безпека руху.

Статья посвящена вопросам технологии предрейсовой подготовки локомотивных бригад. Локомотивная бригада рассматривается как эргатическая система с несколькими уровнями управления. На основании критериев, предложенных в статье, выбрана оптимальная система работы локомотивной бригады с дискретной моделью «человек-оператор». Приведенные модели могут быть реализованы для формирования технологии предрейсового контроля локомотивной бригады при организации скоростного движения.

Ключевые слова: локомотивная бригада, эргатическая система, модель «человека-оператора», безопасность движения.

The article deals with the choice of an ergatic model of a locomotive brigade. The locomotive brigade is considered as an ergatic system with several levels of control. Based on the criteria proposed in the article the optimal system of locomotive brigade operation with the discrete model "person-operator" is chosen. The presented models are implemented for the formation of the technology of pre-flight control of the locomotive brigade in the organization of high-speed traffic. In the context of the deterioration of the technical condition of rolling stock, the focus on improving the work of the locomotive park should be given to improving the efficiency of the operation of the TRS in the operation and maintenance of the locomotive depo. Based on the analysis of the rolling stock operation, it can be argued that the disturbance of traffic safety by locomotive brigades is the most threatening of its consequences. Ensuring the effectiveness of the system "driver-locomotive" remains and acquires a special priority on the railway transport. The efficiency of the locomotive crew's operation in operation affects the main indicators of locomotive depots and railways as a whole, namely, the accuracy of compliance with the schedule of traffic and the cost of energy for traction of trains. That is why improving the quality of managerial activity of "human-operator" in the railway transport is an urgent task, which is aimed at solving problems of increasing the efficiency of transport operation in general. The analysis and especially the synthesis of the ergatic

systems, which are locomotive brigades, assume knowledge of the characteristics of the elements (actions of the locomotive brigade) from which they are composed, since only in this case it is possible to synthesize such systems with a given quality of functioning.

Keywords: locomotive brigade, ergatigue system, model of human-operator, traffic safety.

Вступ. На фоні погіршення технічного стану рухомого складу основна увага щодо покращення роботи локомотивного парку повинна приділятися підвищенню ефективності роботи тягового рухомого складу (ТРС) в експлуатації та ремонтного господарства локомотивного депо. Забезпечення ефективності роботи системи «машиніст-локомотив» залишається і набуває особливого пріоритету на залізничному транспорті. Ефективність роботи локомотивної бригади (ЛБ) в експлуатації впливає на основні показники локомотивних депо та залізниці в цілому, а саме на точність дотримання графіка руху та на витрати енергоресурсів на тягу поїздів. Саме тому покращення якості керуючої діяльності «людини-оператора» на залізничному транспорті є актуальним завданням, яке спрямоване на вирішення проблем підвищення ефективності експлуатації транспорту в цілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На основі аналізу експлуатації рухомого складу можна стверджувати, що порушення безпеки руху з боку локомотивних бригад є найбільш загрозливими за своїми наслідками. Щорічно в результаті неправильних дій машиністів у світі гинуть та травмуються тисячі людей. Саме тому значна кількість практичних і теоретичних досліджень присвячена створенню безпечних умов перевезення вантажів і пасажирів у всьому світі. Так, в [1] здійснено вибір основних критеріїв щодо безпеки руху та впливу людської діяльності на її рівень. У [2] розроблено наукові основи технології передрейсової підготовки локомотивів та локомотивних бригад, а в роботах [3, 4] багато уваги приділено аналізу діяльності поліергатичних систем. Дослідження проводилися з урахуванням швидкостей руху поїздів до 120 км/год.

Збільшення швидкостей руху висуває нові вимоги до надійності ергатичних систем. Отже, у сучасних умовах неабиякої актуальності набувають питання щодо вибору ергатичної моделі локомотивних бригад швидкісного руху.

Визначення мети та задачі дослідження. Мета роботи полягає у виборі ергатичної моделі передрейсової підготовки локомотивних бригад швидкісного руху. Для вирішення цих питань необхідно реалізувати такі завдання:

1. Проаналізувати модель взаємозв'язків операторів у поліергатичних системах швидкісного руху.

2. Визначити шляхи підвищення якості керуючої діяльності машиністів швидкісного руху в процесі ведення поїзда.

Основна частина дослідження. Аналіз і особливо синтез ергатичних систем, якими є локомотивні бригади, припускають знання характеристик елементів (дій локомотивної бригади), з яких вони складаються, оскільки лише в цьому випадку можна синтезувати такі системи із заданою якістю функціонування. Це дає змогу прогнозувати поведінку системи при зміні окремих параметрів, що дуже важливо для багатьох ергатичних систем. Оскільки людина є ланкою системи, остільки вивчення систем з людиною в контурі управління повинно здійснюватися як єдине ціле.

Розглянемо технічні ергатичні системи управління (ТЕС), ланки яких описуються звичайними диференціальними рівняннями. Завдання отримати математичну модель локомотивної бригади при роботі її в контурі ТЕС надзвичайно складне навіть для окремих завдань. Це пояснюється неадекватністю поведінки людини при одних і тих же умовах, а також залежністю її характеристик від часу і

безлічі психологічних факторів, урахувати які не завжди можливо.

Це означає, що локомотивній бригаді на індикаторі надається інформація лише про одну величину $\varepsilon(t)$. У багатьох реальних системах вхідних величин для локомотивної бригади може бути і більше.

Однак необхідно врахувати, що локомотивна бригада є одноканальною ланкою, хоча зовнішнє враження багатоканальності існує, оскільки частота перемикання уваги у людини може бути досить високою [5]. У схемі (рис. 1) локомотивна бригада працює в режимі стеження за вхідним сигналом.

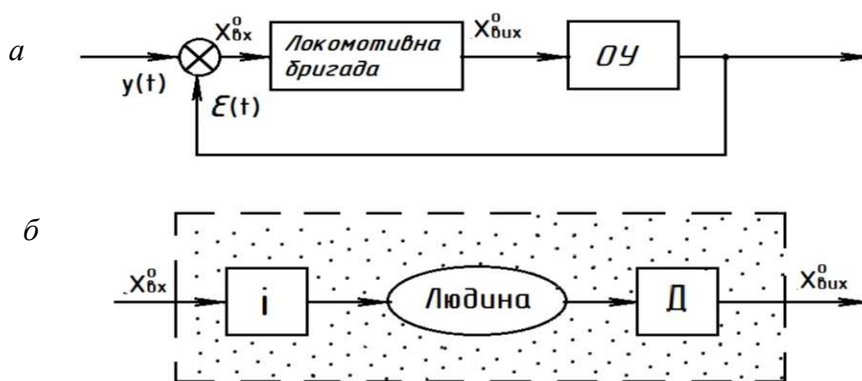


Рис. 1. Структура ергатичної системи (а) та ланки людини (локомотивна бригада) (б): ОУ – об’єкт управління; І – індикатор; Д – датчик реакції

Найбільш вивченими є ТЕС, структурні схеми яких мають вигляд, поданий на рис. 1, тобто системи, у яких локомотивна бригада як елемент системи має одну вхідну величину $\varepsilon(t)$.

Якщо індикатор є пристроєм, який показує лише незгодженість $\varepsilon(t) = y(t) - x(t)$ між вхідною величиною $y(t)$ і керованою (вихідною) величиною $x(t)$, то такий режим називається режимом компенсаторного стеження. У ньому функції локомотивної бригади зводяться до нуля помилки $\varepsilon(t)$.

Якщо індикатор показує вхідну $y(t)$ та вихідну (керовану) величину $x(t)$, то такий режим називається режимом переслідуваного стеження.

Для вирішення завдань спостереження з візуальним індикатором існує багато підходів до отримання математичних моделей функціонування локомотивної бригади як ланки замкнутої системи: безперервних лінійних, нелінійних дискретних та ін.

Усі типи математичних моделей ЛБ повинні за можливості повніше відобразити основні характеристики людини як ланки системи управління. До таких характеристик належать:

а) запізнювання реакції;

б) згладжування високих частот (це властивість посилюється із збільшенням частот);

в) залежність характеристик від часу (причиною цього є те, що людина навчається, вона може передбачати зміну вхідної величини за непрямими ознаками, на неї впливають стомлюваність, емоції тощо);

г) нелінійність.

Структурні схеми деяких типових моделей локомотивних бригад [5] наведені на рис. 2–4.

Виходячи з досвіду та практики експлуатації доцільно прийняти систему з дискретною моделлю людини–оператора.

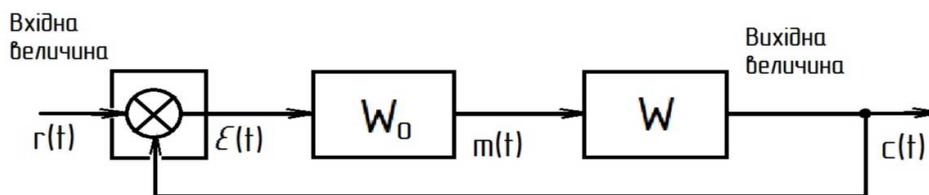


Рис. 2. Лінійна модель системи з локомотивною бригадою:
 W_0 – передавальна функція людини-оператора; W – передавальна функція керованого пристрою

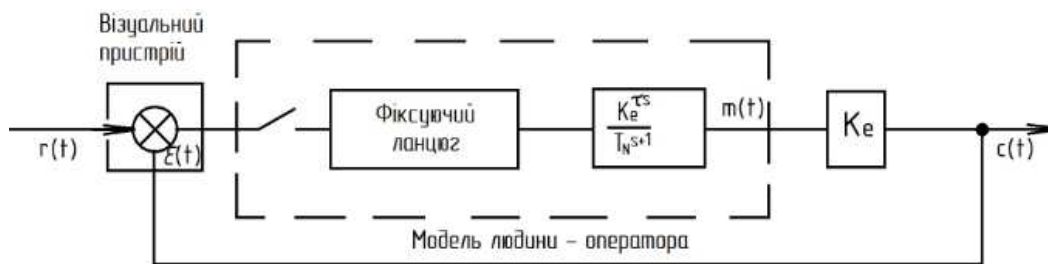


Рис. 3. Система з дискретною моделлю «людини-оператора»

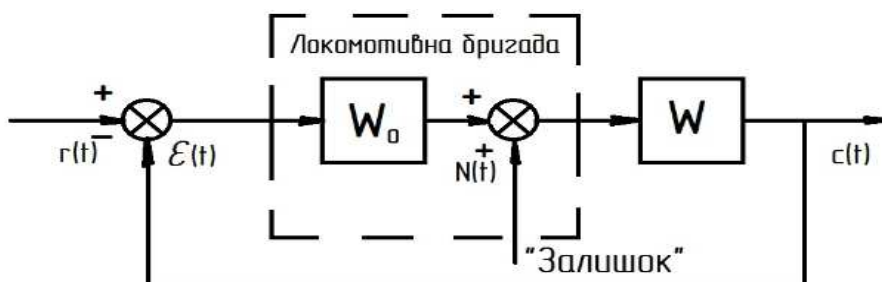


Рис. 4. Система з квазілінійною моделлю «людини-оператора»

У практичній же діяльності людей дуже часто трапляються системи управління, що складаються з декількох людей (локомотивна бригада). Такі системи зазвичай називають поліергатичними. Якість функціонування таких систем визначається характеристиками не тільки окремих операторів, а й колективу в цілому. Це залежить від злагодженості колективу, від психологічної сумісності її членів, від структури зв'язків у колективі, від розподілу функцій тощо. Залежно від кількісного складу колективи операторів можуть бути великі і малі, при цьому поведінка людини-оператора в умовах великих і малих груп може істотно

відрізнитися. У групах до того ж, крім функціональних (ділових) контактів, виникають емоційні (неофіційні, неділові) контакти, які чинять взаємний вплив. Усе це підкреслює складність аналізу і синтезу поліергатичних систем.

При оцінці різних структурних зв'язків операторів у групі [6], наприклад, розглядається показник центральності i -го оператора

$$C_i = \frac{\sum_j \sum_l a_{ij}}{\sum_j a_{ij}} \quad (1)$$

На рис. 5 колами показані оператори, а лініями – взаємозв'язки між ними.

Вважається, що кожна лінія показує одиницю відстані. Відстань d_{ij} між двома операторами i та j – це найменша кількість ланок, за якими можна пройти від одного оператора до іншого.

Показник периферійності Π в ряді випадків визначає ефективність вирішення

групових завдань. При вирішенні ряду завдань витрачається найменший час та виходить найменша кількість помилок для структури рис. 5, д, для якої повна периферійність $\Pi = 13,6$, тобто найбільша з наведених структур. Найгірші показники відповідають структурі рис. 5. б, $\Pi = 0$.

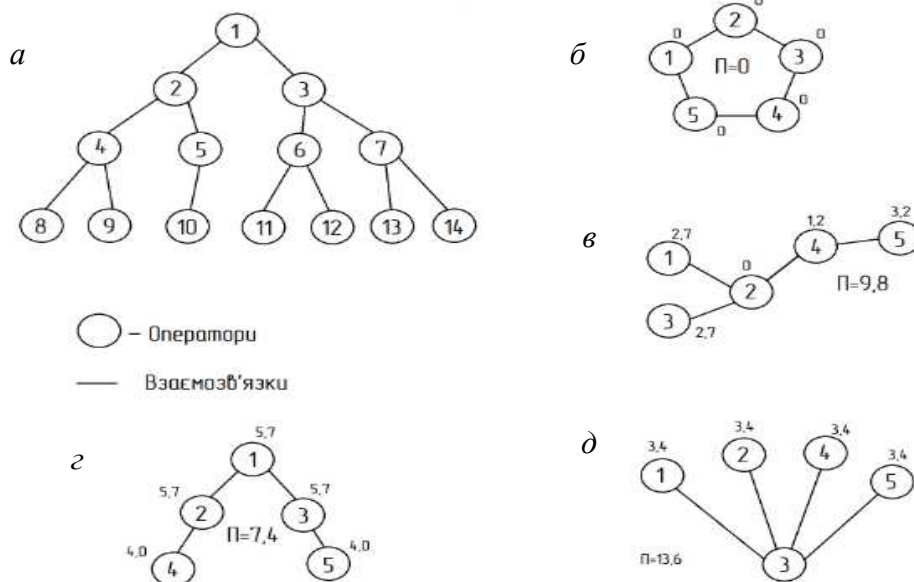


Рис. 5. Типи структур взаємозв'язків операторів у поліергатичних системах

У [6] відзначається також, що за допомогою показника Π можна порівнювати тільки структури з однаковою кількістю операторів. Для структур з неоднаковою кількістю операторів їх оцінка істотно ускладнюється. Єдиного підходу до знаходження цієї оцінки поки що немає.

З огляду на запропоновані вище завдання пропонуємо такі стратегії управління:

1. Дотримання графіка руху – прагнення мінімізувати часовий розрив між заданим і поточним графіками руху.

2. Максимальна безпека руху – прагнення мінімізувати ризик виникнення транспортної пригоди: зниження швидкості, підвищений контроль за станом колії і сигналів, застосування гальм із запасом інтенсивності гальмування та часу на відновлення зарядки гальмівної магістралі.

3. Мінімальна витрата енергії на тягу – зменшення часу роботи на перехідних режимах, максимальне використання кінетичної енергії поїзда, робота обладнання на режимах максимального ККД.

4. Максимальний рівень надійності рухомого складу – недопущення перевантаження устаткування локомотива, уникнення режимів незадовільної роботи обладнання (буксування, перегрів, підвищена вібрація тощо), підвищений контроль за технічним станом локомотива.

Висновки. Зважаючи на досвід і практику експлуатації швидкісного руху розвинених країн, для дослідження взаємозв'язків операторів у поліергатичних структурах доцільно прийняти систему з дискретною моделлю управління.

Як критерій показника ефективності ергатичної системи може виступати центральний i -й оператор.

Перехід на швидкісний рух потребує ускладнення запропонованих моделей руху передрейсового контролю.

Покращення якості роботи ергатичної системи можливо упровадженням комплексу заходів, зокрема шляхом оптимізації розташування, форми та кількості приладів контролю.

Список використаних джерел

1. Самсонкін, В. М. Теорія безпеки на залізничному транспорті [Текст] : монографія / В. М. Самсонкін, В. І. Мойсеєнко. – К. : Каравела, 2014. – 247 с.
2. 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.
3. Зигель, А. Модели группового поведения в системе “человек-машина” [Текст] / А. Зигель, Дж. Вольф. – М. : Мир, 1973. – 23 с.
4. Явна, А. А. К расчету параметров группы операторов автоматизированных систем ответственного назначения [Текст] / А. А. Явна // В кн.: Проблемы распределения информации. – М. : Наука, 1973. – Вып. 31. – С. 174-176.
5. Современная теория систем управления [Текст]. – М. : Наука, 1970. – 343 с.
6. Инженерная психология [Текст]. – К. : Вища школа, 1976. – 186 с.

Пузир Володимир Григорович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. E-mail.: puzyr.v.g.@gmail.com.

Громак Анатолій Юрійович, магістрант кафедри експлуатації і ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. 050 04 44 693. E-mail.: anatoliygromak27@gmail.com.

Пузырь Владимир Григорьевич, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации и ремонта подвижного состава Украинского государственного университета железнодорожного транспорта. E-mail.: puzyr.v.g.@gmail.com.

Громак Анатолий Юрьевич, магистрант кафедры эксплуатации и ремонта подвижного состава Украинского государственного университета железнодорожного транспорта. Тел. 050 04 44 693. E-mail.: anatoliygromak27@gmail.com.

Puzyr V.G., Dr. Sc. (Tech.), Professor, Head of Department, Department of Maintenance and Repair of Rolling Stock, Ukrainian State University of Railway Transport. E-mail.: puzyr.v.g.@gmail.com.

Gromak A.U. master, Department of Maintenance and Repair of Rolling Stock, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. 0500444693. E-mail: anatoliygromak27@gmail.com.

Статтю прийнято 13.11.2018 р.