

УДК 656.086

ГОРОБЧЕНКО О. М., к.т.н., доцент (ДонІЗТ)

Розробка методики оцінки інформаційного навантаження на локомотивну бригаду

Постановка проблеми

Машиніст під час виконання своїх обов'язків по керуванню локомотивом переробляє велику кількість оперативної інформації. Оцінка інформаційної навантаженості машиніста є важливим показником, що впливає на безпеку руху та на ефективність використання локомотивів.

Аналіз досліджень і публікацій

Безпека руху є одним з основних питань на залізничному транспорті. Питання попередження травматизму на транспорті розглянуто в [1]. Розроблено технічні засоби для визначення причин транспортних подій науковцями УкрДАЗТ [2]. Оцінці людини як оператора систем керування присвячено велику кількість робіт [3-5]. В [6] визначено основну термінологію та встановлено принципи керування безпекою руху на залізницях.

Постановка завдання

Під час випробувань СЛМ (системи «людина-машина») оцінка інформаційного навантаження машиніста проведена експериментально-статистичним методом. Підставою для використання такого підходу є те, що цей метод не накладає ніяких обмежень на вигляд вхідного потоку та закон розподілення часу обслуговування.

Впродовж трьох тижнів жовтня 2013 року було проведено аналіз діяльності локомотивних бригад у вантажному русі.

Загальний час спостережень склав 67 годин. Під час виконання роботи локомотивна бригада отримує різноманітну інформацію. Для формалізації задачі необхідно виразити кількість інформації в кількості сигналів, що отримує людина та визначити швидкість, з якою інформація поступає до локомотивної бригади.

Викладення основного матеріалу

Будь-яка нова інформація або оновлення старої інформації розглядалось як новий сигнал. Сигнали розподілені по групам, що наведені в таблиці 1. Згідно з проведеними дослідженнями загальна кількість сигналів, що впливає на локомотивну бригаду під час руху складає в середньому $N_{\text{заг}}=24000$ за поїздку, а кількість сигналів, що вказують на нештатну ситуацію $N_{\text{нс}}=200$ за поїздку.

Одним з важливих показників роботи машиніста є час обробки сигналу – $t_{\text{ос}}$. Цей час вказує на період між отриманням сигналу людиною та закінченням дій, які підлягають виконанню після даного сигналу. Наприклад при отриманні сигналу «переїзд зайнятий» машиніст повинен перевести рукоятку контролера в нульове положення та привести в дію гальма поїзду – в залежності від ситуації застосувати екстрене або службове гальмування та подати пісок під колеса. На всі ці операції витрачається від 1,1 до 8 секунд (в залежності від виду гальмування). В іншому випадку при отриманні сигналу «переїзд вільний» машиністу достатньо менше секунди для обробки цієї інформації, оцінки ситуації

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ

та прийняття рішення про подальше слідування поїзду без використання керуючих дій. В загалі під час руху поїзду період обробки сигналу знаходиться в такому інтервалі – $0,3с < t_{oc} < 11с$.

Якщо розглядати інші групи сигналів, то t_{oc} розподіляється як вказано в таблиці 1.

Таблиця 1.

Групи сигналів, що поступають на обробку до локомотивної бригади та час на обробку сигналу.

Найменування групи	Характеристика групи	Мінімальне значення $t_{oc}, с$	Максимальне значення $t_{oc}, с$	Розрахункове значення $t_{oc}, с$
Підготовчі операції	Проходження медогляду, отримання документів, інструктаж, отримання завдання	5	90	47,5
Зовнішні фактори	Всі сигнали, що зовні впливають на керування поїздом, такі як стан поверхні рейок, час доби, поточний та наступний профіль та план колії, погодні та кліматичні умови	1	2	1,5
Технічний стан локомотива	Визначається локомотивною бригадою під час приймання локомотива та стоянок в очікуванні роботи	0,5	650	325,25
Технічні параметри поїзда	Визначаються під час зчеплення локомотива з поїздом, випробування гальмівного обладнання та отримання документації на поїзд	3	300	151,5
Параметри роботи локомотива та стан поїзда під час руху	Визначаються шляхом контролю всіх видів вимірювальних та сигнальних пристроїв в кабіні локомотива, доступних локомотивній бригаді під час руху, контролю стану гальмівної магістралі та огляду складу поїзда при проходженні кривих ділянок	0,5	4	2,25
Стан ділянки колії на станції	Визначається отриманням інформації про рух маневрових складів по станційним коліям, положенням стрілок,	0,3	15	7,65

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ

	контролюванням вільності колії, наявності габаритів, переміщення людей			
Стан ділянки колії на перегоні	Визначається контролем вільності колії та стану верхньої будови колії на значній відстані	0,3	11	5,65
Положення сигналів	Визначається контролем стану світлофорів, сигнальних показників, інформації по радіозв'язку, ручних сигналів	0,3	11	5,65
Регламент перемовин	Кількість сигналів, що отримана бригадою при виконанні регламенту перемовин	0,3	2	1,15
Інше	Всі інші сигнали, не пов'язані з рухом поїзду та обслуговуванням локомотива	1	90	45,5

Для оцінки інформаційного навантаження на локомотивну бригаду під час руху потрібно визначити щільність вхідного потоку від окремої групи сигналів за формулою:

$$\lambda_e = \frac{N_e}{T} \quad (1)$$

де N_e – кількість сигналів e -ої групи, що надійшла до локомотивної бригади;

T – загальний час знаходження локомотивної бригади в русі, хв.

Загальна щільність вхідного потоку для локомотивної бригади буде становити

$$\lambda = \sum_{e=1}^k \lambda_e$$

де k – кількість груп сигналів.

Під час проведення дослідження встановлено, що кількість сигналів по різних групам з часом змінюється. В якості приклада на рисунку 1 наведено змінення λ_e сигналів за 0,5 години поїздки. Тут можна бачити, що при веденні поїзда по перегону загальна кількість сигналів, що надходить до

локомотивної бригади складає близько 75 за хвилину, а при слідуванні по станції доходить до 150 за хвилину. Таким чином можна сказати, що локомотивна бригада працює в дуже навантаженому інформаційному просторі і не завжди може відреагувати та оцінити весь обсяг сигналів, що надходить зовні.

Кількість інформації, що надходить до машиніста можливо оцінити за допомогою методів теорії інформації у двоїчних одиницях за секунду [7]:

$$I(x_i) = -\log_2 p(x_i) \quad (2)$$

де $p(x_i)$ – імовірність i -ої події.

Імовірності виникнення конкретних сигналів різні. Так, наприклад, імовірність появи зеленого сигналу прохідного світлофора складає $p(x_i)=0,33$, тому що можливі три показання – зелений, жовтий, червоний. При зменшенні величини $p(x_i)$ кількість інформації від події x_i збільшується [8]. Однак є низка сигналів, імовірність виникнення яких дуже велика, а в деяких випадках наближується до одиниці: вільність колії на перегоні, справний стан верхньої будови колії та контактного підвішування, візуальні ознаки цілісності складу вагонів в поїзді та ін.

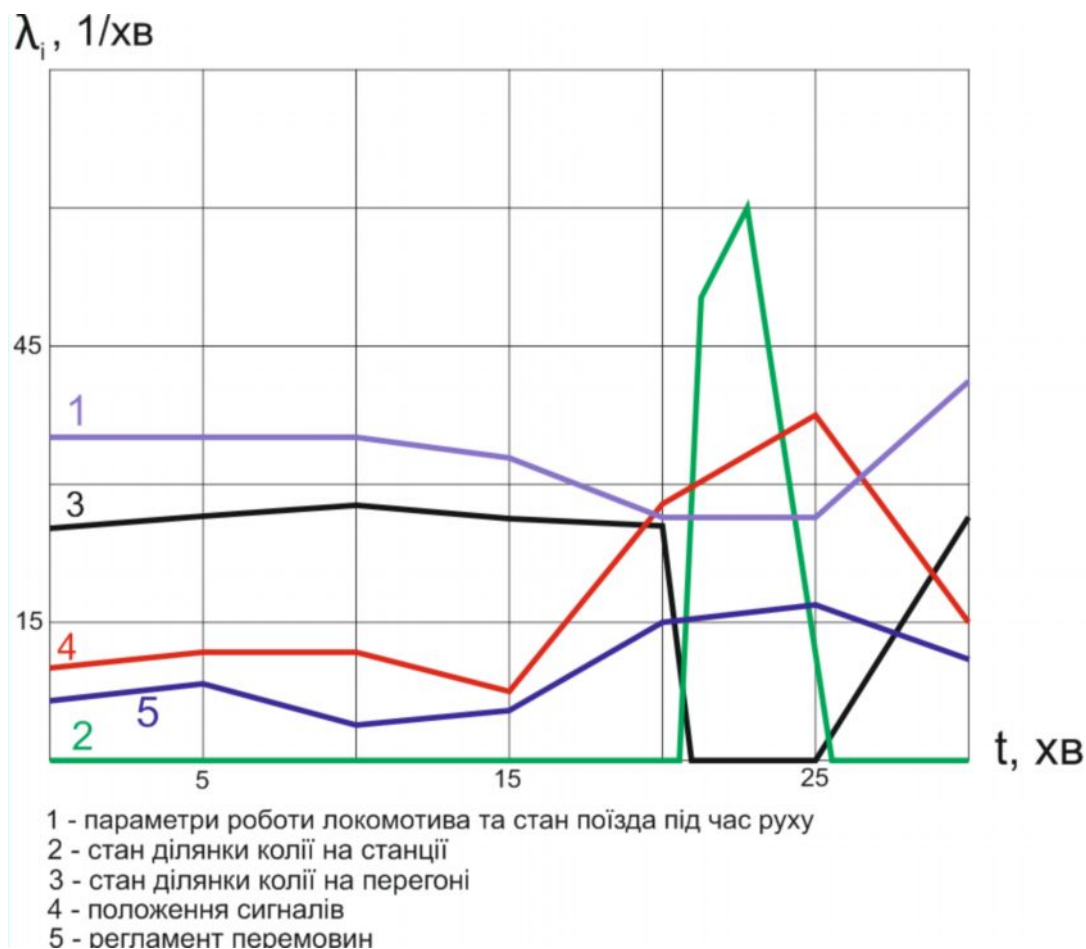


Рис. 1. Зміна щільності вхідного потоку під час поїздки

Якщо припустити, що в середньому імовірність появи кожного сигналу складає 0,5, то можливо оцінити інформаційну завантаженість локомотивної бригади в залежності від кількості сигналів в хвилину (рисунок 2). В загальному вигляді швидкість поступання інформації можливо визначити за формулою:

$$V_{\text{інф}} = -\log_2 p(x_i) * \lambda / 60, \text{ дв. од. / с} \quad (3)$$

Із наведених даних видно, що інформаційна завантаженість локомотивної бригади при розрахунках з наведеними припущеннями наближається до гранично можливих значень, які становлять 2-4 дв.од./с [9]

Для отримання більш точних даних інформаційного навантаження

локомотивних бригад потрібно розробити покращену методику розрахунків.

Згідно з (2) кількість інформації залежить від імовірності $p(x_i)$ – імовірність i -ої події. Події можна розділити по групам за кількістю результатів. Події, що можуть привести тільки до двох взаємовиключаючих результатів назвемо елементарними (наприклад, положення стрілки може бути або правильне або не правильне). Події, що призводять до декількох результатів, назвемо подіями n -го розряду в залежності від кількості ісходів n . Так подія «жовтий сигнал прохідного світлофора» є подією 3-го розряду, тому що всього існує три варіанти сигналів – червоний, жовтий, зелений.

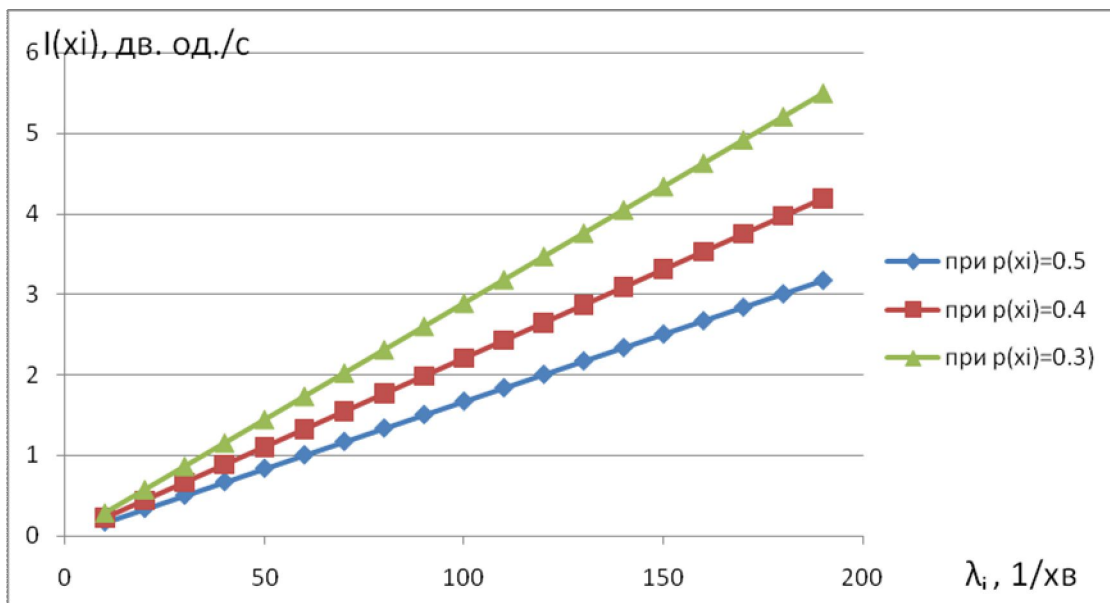


Рис. 2. Залежність кількості інформації, що отримує локомотивна бригада в секунду від щільності потоку сигналів при різних імовірностях $p(x_i)$

Крім того на інформаційну завантаженість впливає результат отримання сигналу машиністом. В залежності від тієї чи іншої події машиніст повинен прийняти рішення про корегування управляючих дій, або про відсутність необхідності такого корегування. Тоді кількість інформації

$I(x_i)$ від події x_i буде являти собою складну функцію, що залежить також від кількості інформації, що отримує машиніст додатково перед остаточним прийняттям рішення.

Модель дій машиніста при виникненні події, що потребує прийняття керуючих рішень, наведена на рисунку 3.

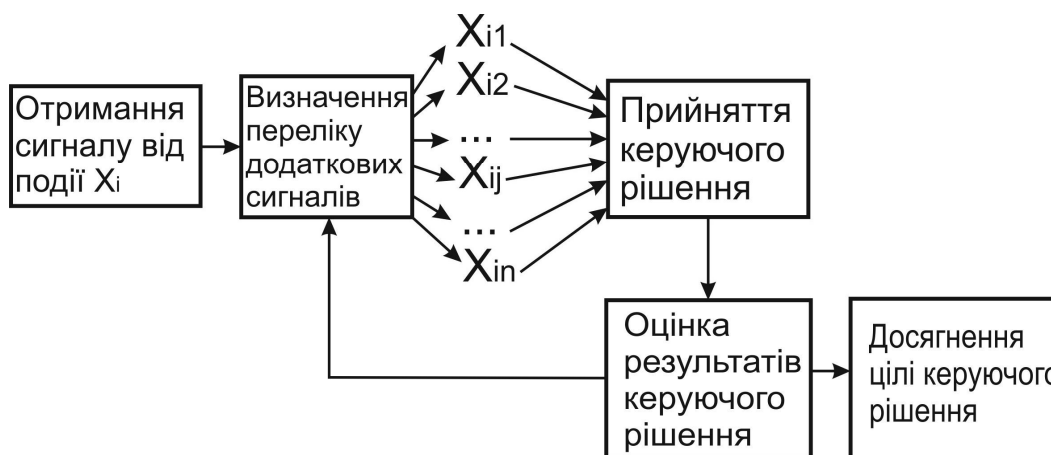


Рис. 3. Інформаційна модель прийняття керуючих рішень машиністом локомотива

Однією з типових ситуацій для локомотивної бригади є отримання заборонного сигналу світлофора. Ця подія

потребує від машиніста прийняття керуючих рішень, що забезпечать зупинку поїзда перед світлофором. Згідно з

рисунком 3 подією x_i буде «червоний сигнал світлофора». Подіями x_{ij} будуть отримання наступних сигналів: x_{i1} – поточна швидкість поїзду; x_{i2} – стан гальмівної магістралі поїзду; x_{i3} – відстань до світлофора; x_{i4} – стан рейок; x_{i5} – характеристики складу поїзду (ступінь завантаженості). З огляду на всі x_{ij} машиніст приймає керуюче рішення – зниження тиску гальмівної магістралі на певну величину. Весь цей наведений процес прийняття рішення безумовно додає інформаційного навантаження на локомотивну бригаду і його потрібно враховувати.

Це можна записати так:

$$I(x_i) = -\log_2 p(x_i) - \sum_{j=1}^n \log_2 p(x_{ij}) \quad (4)$$

де $p(x_i)$ – імовірність основної події;

n – кількість сигналів, що потрібно отримати машиністу додатково для прийняття рішення про корегування керуючих дій при виникненні події x_i ;

$p(x_{ij})$ – імовірність додаткової j -ої події, що розглядається машиністом при появі події x_i .

В свою чергу можливо події x_{ij} також будуть складними і включати в себе низку сигналів, що їх характеризують, і тоді локомотивній бригаді потрібно враховувати і цю додаткову інформацію.

Таким чином швидкість поступання інформації до локомотивної бригади від однієї групи сигналів можна визначити так:

$$V_{i\kappa\phi, \epsilon} = \left(-\log_2 p(x_i) - \sum_{j=1}^n \log_2 p(x_{ij}) \right) * \frac{\lambda_{\epsilon}}{60} \quad (5)$$

А в загалі до локомотивної бригади інформація надходить зі швидкістю:

$$V_{i\kappa\phi} = - \sum_{\epsilon=1}^k \left(\log_2 p(x_i) + \sum_{j=1}^n \log_2 p(x_{ij}) \right) * \frac{\lambda_{\epsilon}}{60}$$

де $p(x_i)$ – імовірність основної i -ої події;

n – кількість сигналів, що потрібно отримати машиністу додатково для прийняття рішення про корегування керуючих дій при виникненні події x_i ;

$p(x_{ij})$ – імовірність додаткової j -ої події, що розглядається машиністом при появі події x_i .

λ_{ϵ} – щільність вхідного потоку окремої групи сигналів, 1/хв.;

k – кількість груп сигналів.

Висновки

Вираз (6) дозволяє визначити шляхи зниження інформаційного навантаження на локомотивну бригаду. Основними заходами цього повинна бути комплексна автоматизація керування локомотивом:

- перенесення функцій контролю технічного стану локомотива під час поїздки на автоматизовану систему, що повинна сигналізувати тільки у випадках коли параметри відхиляються від норми і система не в змозі відкорегувати їх самостійно;

- розробка інтелектуальної системи, що видає поради машиністу про найбільш ефективне положення органів керування локомотивом в даній поїзній обстановці, що частково дозволить відвести від машиніста інформаційні потоки;

- удосконалення вимог до регламенту перемовин локомотивної бригади шляхом зменшення кількості інформації, яка повинна бути продубльована вголос.

Список використаних джерел

1. Гапеев В. И., Пищик Ф. П., Егоренко В. И. Обеспечение безопасности движения и предупреждение травматизма на железнодорожном транспорте. – Минск: Польша, 1994. – 302 с.

2. Пузир В. Г., Устенко О. В., Крот В.С. Технічні засоби для виявлення причин транспортних подій. Зб. наук.

праць УкрДАЗТ «Безпека руху та людський фактор на транспорті», № 82 – Харків:2007. С. 173 – 177.

3. Бодров В. А., Медведев В. И. Анализ психофизиологических и психологических характеристик оператора. — В кн.: Инженерная психология.—М.: Наука, 1977, с. 181 —190.

4. Венда В. Ф., Нафтульев А. И., Рубахин В. Ф. Организация труда операторов: инженерно-психологические проблемы. — М.: Экономика, 1978. 224 с.

5. Методика и аппаратура для исследования психофизиологических характеристик человека—оператора/Под ред. В. Г. Волкова. — М.: Наука, 1977. 102 с.

6. Нормативні акти з безпеки руху поїздів / Розробники: В.Зайцев, А.Рашко, В.Крот, М.Ришковський. — К.: Транспорт України, 2002. — 142 с.

7. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов Москва.: Наука, 1987. -304с.

8. А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, М.В. Назаров, Л.М. Финк. Теория пере-

дачи сигналов - 2 -ое изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1986. - 304с.

9. Справочник по инженерной психологии/ Под редакцией Б. Ф. Ломова. — М.:Машиностроение, 1982. — 368 с.

Анотації:

Представлено результати експериментальних і теоретичних досліджень спрямованих на оцінку кількості інформації, що надходить до локомотивної бригади під час поїздки та підготовчих операцій.

Ключові слова: інформаційна завантаженість, система «людина-машина», локомотивна бригада, потік інформації

Представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований, направленных на оценку количества информации, которая поступает к локомотивной бригаде во время поездки и подготовительных операций.

The results of experimental and theoretical studies aimed at assessing the amount of information that is supplied to the locomotive crew during the trip and preparatory operations.

