

Еквівалентний активний опір $r_{ке}$ ділянки короткозамикаючого кільця, приведений до струму стержня, знаходимо за формулою

$$r_{ке} = \frac{P}{NI^2} = \frac{2P}{NI_m^2}, \quad (47)$$

де I і I_m – дійсне й амплітудне значення струму в стержні.

Еквівалентний опір r_{2e} фази короткозамкненої обмотки ротора асинхронного двигуна буде

$$r_{2e} = r_c + 2r_{ке},$$

де r_c – опір стержня.

Таким чином, при малих частотах можна розрахувати аналітичним способом активні опори товстих короткозамикаючих кілець і вибрати раціональні їх розміри, що забезпечують в першу чергу зменшення матеріаломісткості двигунів і споживання матеріальних і енергетичних ресурсів у цілому.

1.Иванов - Смоленский А.В. Электрические машины. – М.: Энергия, 1980. – 928 с.

2.Говорков В.А. Электрические и магнитные поля. – М.: Энергия, 1968. – 487 с.

3.Гринберг Г.А. Избранные вопросы математической теории электрических и магнитных явлений. – М.: Изд-во АН СССР, 1948. – 620 с.

Отримано 17.01.2003

УДК 629.4.072 : 004.5

В.Г.ПУЗИР, канд. техн. наук

Українська державна академія залізничного транспорту, м.Харків

І.В.РЕМЕЗ

Одеська залізниця

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ОПЕРАТОРІВ ЛЮДИНО-МАШИННИХ КОМПЛЕКСІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Обґрунтовано показники надійності роботи людино-оператора і їх нормування.

Функціонування залізничного транспорту в основному базується на використанні людино-машинних комплексів. Особливо це стосується локомотивного господарства, для якого роль локомотивної бригади у забезпеченні перевізного процесу важко переоцінити. Однак до цього часу в дослідженнях надійності основна увага приділялась виключно обладнанню і майже не враховувалась надійність людини як елемента системи.

Згідно з даними щорічних аналізів стану безпеки руху поїздів у локомотивному господарстві [1], приблизно 20% аварійних випадків

трапляються через помилкові дії локомотивних бригад. Зрозуміло, що дослідження, спрямовані на вивчення людського фактора, оцінки надійності людино-машинних комплексів, є сьогодні досить актуальними.

Розглянемо природу помилок людини, які вона може допустити під час трудової діяльності. Раніше було сформульовано, що надійність роботи людини визначається як імовірність успішного виконання нею роботи або поставленої задачі на заданому етапі функціонування системи протягом певного інтервалу часу при певних вимогах до тривалості виконання роботи [2]. Помилка людини визначається як невиконання поставленої задачі (або виконання забороненої дії), що може призвести до пошкодження обладнання або порушення нормального протікання запланованих операцій.

Основні транспортні події, що трапляються з вини людини-оператора, можна охарактеризувати такими ознаками:

оператор прагне досягти помилкової мети. На практиці такі події трапляються найчастіше тоді, коли машиніст неправильно сприймає команди диспетчера, сигнали світлофора тощо і намагається виконати дії, що призводять до небезпечних наслідків;

мета не може бути досягнута через помилкові дії оператора. Як правило, ці дії обумовлені недостатньою кваліфікацією, втому, відволіканням від управління локомотивом;

оператор залишається бездіяльним у той момент, коли від нього вимагається участь в управлінні. Найчастіше таким фактором є сон під час ведення поїзда.

Виходячи з вищенаведеного, можна скласти таку класифікацію помилок з вини людини:

1) помилки управління – виникають у тих випадках, коли людина неправильно виконує встановлені процедури;

2) помилки технічного обслуговування – виникають у процесі експлуатації і, як правило, через неякісний ремонт обладнання;

3) помилки проектування – обумовлені незадовільним проектуванням, наприклад, розташування засобів управління та індикації в кабіні локомотива відпрацьовується конструкторами протягом значного часу, але у процесі подальших модернізацій можуть вноситися зміни, що впливають на рівень зручності управління і тим самим збільшують імовірність помилкових дій;

4) помилки контролю – пов'язані з помилковим сприйняттям справного вузла чи пристрою за справний і навпаки;

5) привнесені помилки – помилки, для яких не можна визначити, виникли вони з вини людини чи пов'язані з обладнанням.

Серед основних причин помилок людини-оператора виділимо такі:

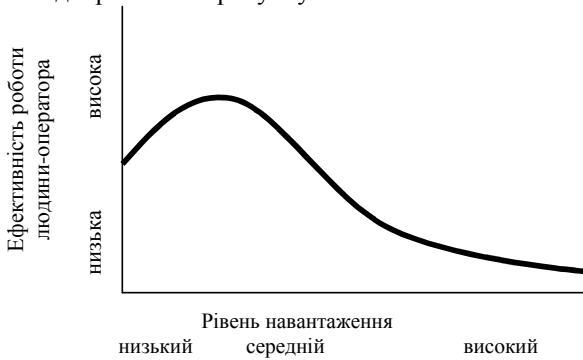
незадовільна підготовка або низький рівень кваліфікації;
недотримання передбачених процедур експлуатаційної роботи;

ти;

незадовільні умови праці, пов'язані з такими негативними явищами, як надмірний шум, вібрація, температурні коливання в кабіні машиніста (особливо на тепловозах);

відсутність привабливих стимулюючих факторів для досягнення оптимального рівня якості роботи.

Залежність між якістю роботи людини-оператора і діючими навантаженнями відображена на рисунку.



Залежність ефективної роботи людини-оператора від рівня навантаження

При дуже низькому рівні навантаження більшість операторів діють неефективно через те, що робота не викликає зацікавлення. При середньому рівні навантаження якість роботи оператора підвищується, однак подальше збільшення навантаження призводить до погіршення ефективності роботи, що пояснюється зростанням стресових ситуацій (страх, втома і т.п.).

Для оцінки надійності роботи людини-оператора (наприклад, машиніста локомотива) будемо розглядати його діяльність під час поїздки як таку, що має неперервний характер. До цієї категорії дій відносяться спостереження, контроль, стеження, за яких імовірність появи помилки з вини людини на інтервалі часу Δt можна визначити як

$$P(E_2/E_1) = e(t) \Delta t, \quad (1)$$

де $e(t)$ – частота появи помилок з вини людини в момент часу t ; E_1 – подія, що полягає у безпомилковій роботі протягом часу t ; E_2 – подія, що полягає у появі помилки в інтервалі часу $[t; t + \Delta t]$.

Сумісну імовірність безпомилкової роботи можна визначити через

$$P(\bar{E}_2/E_1) \times P(E_1) = P(E_1) - P(E_2/E_1) \times P(E_1), \quad (2)$$

де \bar{E}_2 – подія, яка полягає в тому, що протягом інтервалу часу $[t; t+\Delta t]$ помилка не з’явиться. Інакше цей вираз можна записати у вигляді

$$R_h(t) - R_h(t) \times P(E_2/E_1) = R_h(t+\Delta t), \quad (3)$$

де $R_h(t)$ – імовірність безпомилкової роботи людини.

Це рівняння оцінює імовірність безпомилкової роботи людини в інтервалі часу $[0, t]$ та $[t; t+\Delta t]$ і інакше може бути записане як

$$\frac{R_h(t + \Delta t) - R_h(t)}{\Delta t} = -e(t)R_h(t) \quad (4)$$

або для кінцевого випадку

$$\frac{dR_h(t)}{dt} = -e(t)R_h(t). \quad (5)$$

Для вирішення цього диференційного рівняння використаємо відомі початкові умови

$$\int_0^t e(t)dt = - \int_1^{R_h(t)} \frac{1}{R_h(t)} dR_h(t). \quad (6)$$

Тоді вирішення диференційного рівняння матиме вигляд

$$R_h(t) = e^{-\int_0^t e(t)dt}, \quad (7)$$

який можна використовувати для обчислення імовірності безпомилкової роботи людини-оператора.

Показниками надійності роботи людини-оператора при неперервному характері дій можуть бути:

- середній час до появи першої помилки з вини людини;
- середній час між помилками з вини людини.

Указані показники мають аналоги в класичній теорії надійності (середнє напрацювання до відмови, середнє напрацювання на відмову) і можуть застосовуватись у різних випадках оцінки діяльності людини-оператора залежно від типу помилки і можливих наслідків її здійснення.

Для отримання даних до розглянутої моделі пропонується експериментальне дослідження в умовах локомотивних депо. Під час проведення передрейсового контролю машиністи виконують тест, який полягає у спостереженні за показами світлофора. Машиністу треба

виконувати певні обумовлені дії при появі одних сигналів світлофора або не здійснювати їх при появі інших. При цьому він теоретично може допускатися помилки двох типів:

помилки непомічання, коли машиніст не зреагував на появу сигналу;

помилки хибної тривоги, коли машиніст здійснює дії, не передбачені умовами експерименту.

Реструється час до появи першої помилки непомічання, час до появи першої помилки хибної тривоги і час до появи будь-якої з цих помилок. Попередні результати такого тестування показали досить високий рівень уваги та координованість дій машиністів локомотивів. Отримані в ході експерименту дані можна використати як базові нормативи надійності операторів залізничного транспорту.

1. Аналіз стану безпеки руху поїздів у локомотивному господарстві України за дев'ять місяців 2002 року і заходи, які необхідно вжити: Нормативне виробничо-практичне видання. – К.: Транспорт України, 2002. – 32 с.

2. Мейстер Д. Роль факторів інженерної психології в забезпеченні надійності. // Справочник по надійності. – М.: Мир, 1969.

Отримано 14.01.2003

УДК 629.421.067.4

В.Е.ГАЙДУКОВ, Н.В.ХВОРОСТ, кандидаты техн. наук,
А.Н.ЗАДОРЖНЫЙ

Харьковская государственная академия городского хозяйства

ВЛИЯНИЕ КРИВЫХ МАЛОГО РАДИУСА НА СИЛУ СЦЕПЛЕНИЯ

Рассматривается изменение сил сцепления подвижного состава при движении в кривых малого радиуса.

На железных дорогах минимальный радиус кривой принят равным 120 м, на городском электрическом транспорте он составляет 20 м.

На Харьковском метрополитене минимальные радиусы на главном и вспомогательном ходах равны соответственно 300 и 100 м, минимальный радиус на стрелочных переводах – 57 м [1].

При движении в кривой одно колесо колесной пары боксует, а второе юзит. При этом коэффициент сцепления обеих колесных пар снижается.

При движении тепловоза или электровоза в кривой расчетный коэффициент сцепления рассчитают по формуле

$$\Psi_{K(KP)} = \Psi_K \cdot \frac{250 + 1,55 \cdot R_{KP}}{500 + 1,1 \cdot R_{KP}}, \quad (1)$$