

10. Yau, S. S. Generation of all Hamiltonian circuits, paths and centres of a graph and related problems [Text] / S. S. Yau // IEEE Trans. CT-14. — 1967. — 74 p.
11. Danielson, G. H. On finding the simple paths and circuits in a graph [Text] / G. H. Danielsen // IEEE Trans. CT-15. — 1968. — 294 p.
12. Dhawan, V. Hamiltonian circuits and related problems in graph theory [Text] / V. Dhawan // M. Sc. Report, Imperial College. — London, 1969. — P. 1–20.
13. Selby, G. R. The use topological methods in computer-aided circuit layout [Text] / G. R. Selby // D. Thesis. — London University, 1970. — P. 77–78.
14. Roberts, S. M. Systematic generation of Hamiltonian circuits [Text] / S.M. Roberts, B. Flores. — 1966. — 690 p.
15. Вербицкий, Г. М. Основы оптимального использования машин в строительстве и горном деле [Текст] : учеб. пособие / Г. М. Вербицкий. — Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2006. — 105 с.
16. Методические указания по определению стоимости вывоза твердых бытовых отходов [Текст]. — Москва, 2005. — 110 с.
17. Городское хозяйство [Текст] / Управление отходами производства и потребления. — 2007. — № 4. — С. 70–76.

#### ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ

Рассматриваются существующие проблемы с твердыми бытовыми отходами в Харьковской области. Формулируются задачи, которые необходимо решить для улучшения ситуации:

размещение мусоросортировочной и мусороперегрузочной станции, поиск оптимального маршрута транспортировки отходов и выбор марки мусоровоза. Приводятся основные подходы к их решению, их преимущества и недостатки. Сделано выводы о целесообразности использования приведенных подходов.

**Ключевые слова:** твердые бытовые отходы, алгоритм, граф, задача размещения, оптимальный маршрут.

*Гужва Виктор Олексійович, кандидат технічних наук, професор, кафедра автоматизованих систем управління, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна.*

*Журавель Надія Миколаївна, кафедра автоматизованих систем управління, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, e-mail: ptashkazhavel@gmail.com.*

*Гужва Виктор Алексеевич, кандидат технических наук, профессор, кафедра автоматизированных систем управления, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина.*

*Журавель Надежда Николаевна, кафедра автоматизированных систем управления, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина.*

*Guzhva Victor, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine.*

*Zhuravel Nadiia, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: ptashkazhavel@gmail.com*

УДК 621.327

Скуріхін В. І.

## ВИЗНАЧЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ КОНТАКТНОГО ПРОВОДУ МЕТОДОМ ПОВНОГО ФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

У даній статті, за допомогою повного факторного експерименту, проведено аналіз можливості застосування сталевалюмінієвого контактного проводу нового зразка при експлуатації в контактній мережі міста з урахуванням чинників, що впливають на знос. Розглядається вплив таких чинників, як сила притискання струмоприймача до контактного проводу; ухил дороги; струм навантаження на контактний провід.

**Ключові слова:** повний факторний експеримент, сталевалюмінієвий контактний провід, струм навантаження, матриця планування.

### 1. Вступ

В даний час з причини складного економічного стану на Україні і значного зносу мідного контактного проводу, що використовується на міському електротранспорті, є необхідність повернутися до проблеми його заміни на інший дешевший матеріал.

### 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Згідно з регіональною програмою з ресурсозбереження та розробки комплексних програм соціально-економічного розвитку Харківської області та міста Харкова проблема заміни мідного контактного проводу на сталевалюмінієвий досить актуальна оскільки вартість і вага сталевалюмінієвого контактного проводу майже в 2 рази менші.

Як показав приведений аналіз матеріалів і конструкцій проводів [1], більш дешевшим варіантом заміни міг би стати алюмінієвий провід із сталевим сердечником. Тим паче, що на Україні є підприємство, яке має відповідне обладнання для освоєння виробництва такого проводу [2, 3].

### 3. Мета та задачі дослідження

Доцільність застосування сталевалюмінієвого контактного проводу в контактній мережі в міських умовах за допомогою повного факторного експерименту.

### 4. Експериментальні дані та їх обробка

При виборі області експерименту, перш за все треба оцінити межі областей визначення факторів. При цьому

повинні враховуватися обмеження декількох типів. Перший тип – принципові обмеження для значень факторів, які не можуть бути порушені ні за яких обставин. Другий тип – обмеження, пов’язані з техніко-економічними міркуваннями, наприклад з вартістю сировини, дефіцитністю окремих компонентів, часу ведення процесу. Третій тип обмежень, з яким найчастіше доводиться мати справу, визначається конкретними умовами проведення процесу, наприклад, існуючою апаратурою, технологією, організацією. Побудова плану експерименту зводиться до вибору експериментальних точок, симетричних щодо нульового рівня. У різних випадках ми маємо в своєму розпорядженні різними відомостями про область найкращих умов. Після того як нульовий рівень вибраний, переходимо до наступного кроку – вибору інтервалів варіювання. Тепер наша мета полягає в тому, що б для кожного фактора вибрати два рівні, на яких він буде варіюватися в експерименті. Інтервалів варіювання факторів називається деяке число (своє для кожного фактора), додаток якого до основного рівню дає верхній, а віднімання – нижній рівні фактора. Іншими словами, інтервал варіювання – це відстань на координатній осі між основним і верхнім (або нижнім) рівнем. Таким чином, задача вибору рівнів зводиться до більш простої задачі вибору інтервалу варіювання [4–10].

На вибір інтервалів варіювання накладаються природні обмеження зверху і знизу. Інтервал варіювання не може бути менше тієї помилки, з якою експериментатор фіксує рівень фактора.

Для дослідження деяких технологічних факторів на міцність сталевалюмінієвого контактного проводу були поставлені експерименти по плану факторного експерименту, кожен експеримент повторювався по три рази. В якості факторів, що впливають на міцність, були вибрані наступні:

$z_1$  – сила притискання струмоприймача до контактного проводу (Н);

$$z_1^- = 105, z_1^+ = 135;$$

$$z_2 - \text{ухил дороги (\%)}, z_2^- = 10, z_2^+ = 90;$$

$$z_3 - \text{струм навантаження (А)}, z_3^- = 100, z_3^+ = 500.$$

Необхідно побудувати рівняння регресії, враховуючи всі взаємодії факторів, перевірити отриману модель на адекватність та провести її інтерпретацію.

Для кожного фактора знаходимо центр, інтервал варіювання і залежність кодованої змінної  $x_i$  від натуральної  $z_i$  за формулою. Оформлюємо результати у виді табл. 1.

Таблиця 1

Вихідна матриця планування експерименту

| № експерименту | Досліджувані фактори |       |       | Результати досліджень |        |        |
|----------------|----------------------|-------|-------|-----------------------|--------|--------|
|                | $z_1$                | $z_2$ | $z_3$ | $y_1$                 | $y_2$  | $y_3$  |
| 1              | +                    | +     | +     | 0,0021                | 0,0053 | 0,0073 |
| 2              | -                    | +     | +     | 0,0059                | 0,0079 | 0,0081 |
| 3              | +                    | -     | +     | 0,0079                | 0,009  | 0,013  |
| 4              | -                    | -     | +     | 0,015                 | 0,019  | 0,026  |
| 5              | +                    | +     | -     | 0,054                 | 0,061  | 0,065  |
| 6              | -                    | +     | -     | 0,087                 | 0,095  | 0,12   |
| 7              | +                    | -     | -     | 0,11                  | 0,16   | 0,2    |
| 8              | -                    | -     | -     | 0,14                  | 0,21   | 0,28   |

Роботу виконуємо в наступній послідовності:

а) кодуємо змінні;

б) добудовуємо матрицю планування в кодованих змінних з урахуванням парних взаємодій и доповнюємо стовпцем середніх значень;

в) визначаємо коефіцієнти рівняння регресії;

г) попередньо визначаємо дисперсію і отримуємо рівняння регресії в кодованих змінних;

д) перевіряємо отримане рівняння на адекватність;

е) проводимо інтерпретацію отриманої моделі;

ж) випишуємо рівняння регресії.

з) для кожного фактора знаходимо центр, інтервал варіювання і залежність кодованої змінної  $x_i$  від натуральної  $z_i$  за формулою. Оформлюємо результати у виді табл. 2.

$$x_i = \frac{z_i - z_i^0}{\lambda_i}, \tag{1}$$

де  $z_i^0$  називають центром плану;  $\lambda_i$  – інтервалом варіювання.

Таблиця 2

Кодування факторів

| Фактори | Верхній рівень $z_i^+$ | Нижній рівень $z_i^-$ | Центр $z_i^0$ | Інтервал варіювання $\lambda_i$ | Залежність кодованої змінної від натуральної |
|---------|------------------------|-----------------------|---------------|---------------------------------|--|
| $z_1$   | 135                    | 105                   | 120           | 15                              | $x_1 = \frac{z_1 - 120}{15}$                 |
| $z_2$   | 90                     | 10                    | 50            | 40                              | $x_2 = \frac{z_2 - 50}{40}$                  |
| $z_3$   | 500                    | 100                   | 300           | 200                             | $x_3 = \frac{z_3 - 300}{200}$                |

За формулою (2) обчислюємо середні вибіркові результати кожного експерименту:

$$y = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_{ji}, j = \overline{1, n}, \tag{2}$$

$$\hat{y}_1 = 1/3 (0,0021 + 0,0053 + 0,0078) = 0,005,$$

$$\hat{y}_2 = 1/3 (0,0059 + 0,0079 + 0,0081) = 0,007,$$

$$\hat{y}_3 = 1/3 (0,0079 + 0,009 + 0,013) = 0,01,$$

$$\hat{y}_4 = 1/3 (0,015 + 0,019 + 0,026) = 0,02,$$

$$\hat{y}_5 = 1/3 (0,054 + 0,061 + 0,065) = 0,06,$$

$$\hat{y}_6 = 1/3 (0,087 + 0,095 + 0,12) = 0,1,$$

$$\hat{y}_7 = 1/3 (0,11 + 0,16 + 0,2) = 0,15,$$

$$\hat{y}_8 = 1/3 (0,14 + 0,21 + 0,28) = 0,2,$$

будуємо матрицю планування з урахуванням всіх взаємодій і середніх значень (табл. 3).

Обчислюємо коефіцієнти рівняння регресії за формулою (3):

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j, b_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ji} y_j, i = \overline{1, k},$$

$$b_{r,p} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{jr} x_{jp} y_j, r < p, r = \overline{1, k}, p = \overline{1, k}, \tag{3}$$

Таблиця 3

Матриця планування для обробки

| № експерименту | Фактори |       |       | Взаємозв'язок |          |          |             | Результати досліджень |        |        | Середній результат |
|----------------|---------|-------|-------|---------------|----------|----------|-------------|-----------------------|--------|--------|--------------------|
|                | $x_1$   | $x_2$ | $x_3$ | $x_1x_2$      | $x_1x_3$ | $x_2x_3$ | $x_1x_2x_3$ | $y_1$                 | $y_2$  | $y_3$  | $\hat{y}_j$        |
| 1              | +       | +     | +     | +             | +        | +        | +           | 0,0021                | 0,0053 | 0,0073 | 0,005              |
| 2              | -       | +     | +     | -             | -        | +        | -           | 0,0059                | 0,0079 | 0,0081 | 0,007              |
| 3              | +       | -     | +     | -             | +        | -        | -           | 0,0079                | 0,009  | 0,013  | 0,01               |
| 4              | -       | -     | +     | +             | -        | -        | +           | 0,015                 | 0,019  | 0,026  | 0,02               |
| 5              | +       | +     | -     | +             | -        | -        | -           | 0,054                 | 0,061  | 0,065  | 0,06               |
| 6              | -       | +     | -     | -             | +        | -        | +           | 0,087                 | 0,095  | 0,12   | 0,1                |
| 7              | +       | -     | -     | -             | -        | +        | +           | 0,11                  | 0,16   | 0,2    | 0,15               |
| 8              | -       | -     | -     | +             | +        | +        | -           | 0,14                  | 0,21   | 0,28   | 0,2                |

$$b_0 = 1/8 (0,005 + 0,007 + 0,01 + 0,02 + 0,06 + 0,1 + 0,15 + 0,2) = 0,069,$$

$$b_1 = 1/8 (0,005 - 0,007 + 0,01 - 0,02 + 0,06 - 0,1 + 0,15 - 0,2) = -0,013,$$

$$b_2 = 1/8 (0,005 + 0,007 - 0,01 - 0,02 + 0,06 + 0,1 - 0,15 - 0,2) = -0,026,$$

$$b_3 = 1/8 (0,005 + 0,007 + 0,01 + 0,02 - 0,06 - 0,1 - 0,15 - 0,2) = -0,058,$$

$$b_{1,2} = 1/8 (0,005 - 0,007 - 0,01 + 0,02 + 0,06 - 0,1 - 0,15 + 0,2) = 0,0023,$$

$$b_{1,3} = 1/8 (0,005 - 0,007 + 0,01 - 0,02 - 0,06 + 0,1 - 0,15 + 0,2) = 0,0098,$$

$$b_{2,3} = 1/8 (0,005 + 0,007 - 0,01 - 0,02 - 0,06 + 0,1 + 0,15 + 0,2) = 0,02,$$

$$b_{1,2,3} = 1/8 (0,005 - 0,007 - 0,01 + 0,02 - 0,06 + 0,1 + 0,15 - 0,2) = -0,00025,$$

Складаємо табл. 4, в яку заносимо знайдені коефіцієнти рівняння регресії.

Таблиця 4

Коефіцієнти рівняння регресії

| $b_0$ | $b_1$  | $b_2$  | $b_3$  | $b_{1,2}$ | $b_{1,3}$ | $b_{2,3}$ | $b_{1,2,3}$ |
|-------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| 0,069 | -0,013 | -0,026 | -0,058 | 0,0023    | 0,0098    | 0,02      | -0,00025    |

Знаходимо дисперсію  $S_{(y)}^2$ .

$$S_{(y)}^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n S_j^2. \quad (4)$$

Тут внутрішні суми  $S_j^2$  являються вибірковими дисперсіями результатів досліджень для  $j$ -го експерименту ( $j = 1, \dots, n$ ).

Розрахунок оформлюємо у виді табл. 5.

Просумуємо елементи останнього стовпця табл. 5, отримуємо:

$$\sum_{j=1}^8 S_j^2 = 0,0074.$$

Звідси отримуємо дисперсію:

$$S_{(y)}^2 = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^8 S_j^2 = \frac{1}{8} \cdot 0,0074 = 0,00093.$$

Визначаємо середнє квадратичне відхилення коефіцієнтів:

$$S_{\text{коэф.}} = \sqrt{\frac{S_{(y)}^2}{n \cdot m}} = \sqrt{\frac{0,00093}{8 \cdot 3}} = 0,0061.$$

З таблиць розподілення Стьюдента по числу степені свободи  $n(m - 1) = 8 \cdot 2 = 16$  при рівні значимості  $\alpha = 0,05$  знаходимо  $t_{\text{кр.}} = 2,12$ .

Відповідно,  $t_{\text{кр.}} \cdot S_{\text{коэф.}} = 2,12 \cdot 0,0061 = 0,013$ .

Порівнюючи отримане значення з коефіцієнтами рівняння регресії, представленими в табл. 5, приймаємо що  $b_{1,2} = 0$ , отримуємо рівняння регресії в кодованих змінних:

$$y = 0,069 - 0,013x_1 - 0,026x_2 - 0,058x_3 + 0,0098x_1x_3 + 0,02x_2x_3 - 0,00025x_1x_2x_3. \quad (5)$$

Перевіримо отримане рівняння на адекватність по критерію Фішера. Так як дисперсія знайдена в попередньому пункті, то для визначення розрахункового

Таблиця 5

Розрахунок вибіркових дисперсій

| $j$ | $y_1$  | $y_2$  | $y_3$  | $\hat{y}_j$ | $(y_{1j} - \hat{y}_j)^2$ | $(y_{2j} - \hat{y}_j)^2$ | $(y_{3j} - \hat{y}_j)^2$ | $S_j^2$   |
|-----|--------|--------|--------|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|
| 1   | 0,0021 | 0,0053 | 0,0073 | 0,005       | 0,0000084                | 0,0000009                | 0,0000053                | 0,0000069 |
| 2   | 0,0059 | 0,0079 | 0,0081 | 0,007       | 0,0000121                | 0,0000081                | 0,0000121                | 0,000016  |
| 3   | 0,0079 | 0,009  | 0,013  | 0,01        | 0,0000441                | 0,000001                 | 0,000009                 | 0,000072  |
| 4   | 0,015  | 0,019  | 0,026  | 0,02        | 0,000025                 | 0,000001                 | 0,000036                 | 0,000031  |
| 5   | 0,054  | 0,061  | 0,065  | 0,06        | 0,000036                 | 0,000001                 | 0,000025                 | 0,000031  |
| 6   | 0,087  | 0,095  | 0,12   | 0,1         | 0,000169                 | 0,000025                 | 0,0004                   | 0,000297  |
| 7   | 0,11   | 0,16   | 0,2    | 0,15        | 0,0016                   | 0,0001                   | 0,0025                   | 0,0021    |
| 8   | 0,14   | 0,21   | 0,28   | 0,2         | 0,0036                   | 0,0001                   | 0,0064                   | 0,005     |

значення критерію Фрозр. необхідно визначити залишкову дисперсію  $S_{\text{зал.}}^2$ .

Для цього знайдемо значення параметра за знайденим рівнянням  $\tilde{y}_j$  ( $j = 1, \dots, 8$ ), підставляючи +1 чи -1 замість  $x_i$  в відповідності з номером  $j$  експерименту з табл. 3:

$$\begin{aligned}\tilde{y}_1 &= 0,069 - 0,013 - 0,026 - 0,058 + 0,0098 + \\ &\quad + 0,02 - 0,00025 = 0,0015, \\ \tilde{y}_2 &= 0,069 - 0,013 (-1) - 0,026 - 0,058 + \\ &\quad + 0,0098 (-1) + 0,02 - 0,00025 (-1) = 0,0084, \\ \tilde{y}_3 &= 0,069 - 0,013 - 0,026 (-1) - 0,058 + \\ &\quad + 0,0098 + 0,02 (-1) - 0,00025 (-1) = 0,014, \\ \tilde{y}_4 &= 0,069 - 0,013 (-1) - 0,026 (-1) - 0,058 + \\ &\quad + 0,0098 (-1) + 0,02 (-1) - 0,00025 = 0,02, \\ \tilde{y}_5 &= 0,069 - 0,013 - 0,026 - 0,058 (-1) + \\ &\quad + 0,0098 (-1) + 0,02 (-1) - 0,00025 (-1) = 0,058, \\ \tilde{y}_6 &= 0,069 - 0,013 (-1) - 0,026 - 0,058 (-1) + \\ &\quad + 0,0098 + 0,02 (-1) - 0,00025 = 0,1, \\ \tilde{y}_7 &= 0,069 - 0,013 - 0,026 (-1) - 0,058 (-1) + \\ &\quad + 0,0098 (-1) + 0,02 - 0,00025 = 0,153, \\ \tilde{y}_8 &= 0,069 - 0,013 (-1) - 0,026 (-1) - 0,058 (-1) + \\ &\quad + 0,0098 + 0,02 - 0,00025 (-1) = 0,19.\end{aligned}$$

Залишкову дисперсію визначаємо за формулою (6):

$$S_{\text{зал.}}^2 = \frac{m}{n-r} \sum_{j=1}^n (y_j - \tilde{y}_j)^2, \quad (6)$$

$$\begin{aligned}S_{\text{ост.}}^2 &= \frac{3}{8-7} \sum_{j=1}^8 (y_j - \tilde{y}_j)^2 = 3 \cdot ((0,0015 - 0,005)^2 + \\ &\quad + (0,0084 - 0,007)^2 + (0,014 - 0,01)^2 + (0,02 - 0,02)^2 + \\ &\quad + (0,068 - 0,06)^2 + (0,1 - 0,1)^2 + (0,153 - 0,15)^2 + \\ &\quad + (0,19 - 0,2)^2) = 0,0043.\end{aligned}$$

Розрахункове значення критерію Фішера Фрозр знаходимо за формулою:

$$F_{\text{розр.}} = \frac{S_{\text{ост.}}}{S_{(y)}^2} \cdot \frac{0,00043}{0,00093} = 0,46. \quad (7)$$

Табличне значення критерію  $F_{\text{розр.}}$  знаходимо з таблиць критичних точок розподілення Фішера при рівні значимості  $\alpha = 0,05$  по відповідним ступеням свободи  $k_1 = n - r = 8 - 7 = 1$  та  $k_2 = n(m - 1) = 8 \cdot 2 = 16$ :  $F_{\text{табл.}} = 4,49$ .

Так як  $F_{\text{розр.}} = 0,46 < F_{\text{табл.}} = 4,49$ , то рівняння регресії (5) адекватне.

Проведемо інтерпретацію отриманої моделі:

$$y = 0,069 - 0,0013x_1 - 0,026x_2 - 0,058x_3 + 0,0098x_1x_3 + 0,02x_2x_3 - 0,00025x_1x_2x_3.$$

Випишемо рівняння регресії (5) в натуральних змінних, підставляючи замість  $x_i$  їх рівняння  $z_i$ :

$$\begin{aligned}y &= 0,069 - 0,013 \frac{z_1 - 120}{15} - 0,026 \frac{z_2 - 50}{40} - \\ &\quad - 0,058 \frac{z_3 - 300}{200} + 0,0098 \frac{z_1 - 120}{15} \cdot \frac{z_3 - 300}{200} + \\ &\quad + 0,02 \frac{z_2 - 50}{40} \cdot \frac{z_3 - 300}{200} - 0,00025 \frac{z_1 - 120}{15} \times \\ &\quad \times \frac{z_2 - 50}{40} \cdot \frac{z_3 - 300}{200}.\end{aligned}$$

## 5. Висновок

По рівнянню видно, що найбільш сильний вплив здійснює фактор  $x_3$  — струм навантаження, так як він має найбільший по абсолютній величині коефіцієнт. Після нього по силі впливу на знос впливає фактор  $x_2$  — ухил дороги, взаємодія факторів  $x_2x_3$ , фактор  $x_1$  — сила натиску струмоприймача до контактної провуду і парна взаємодія факторів  $x_1x_3$ . Так як коефіцієнти при  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  та  $x_1x_2x_3$  від'ємні, то зі зменшенням факторів зростатиме міцність, а зі збільшенням — зменшуватиметься. Однак якщо сила натиску струмоприймача до контактної провуду буде замала, то виникатиме електрична дуга, що в свою чергу зменшує зносостійкість.

Знімання струму з контактної провуду супроводжується зносом як контактних пластин пантографа, так і самого контактної провуду. Величина зносу провуду і пластин пантографа залежить від величини знімаемого струму, від сили притискання пантографа на провід, від матеріалу контактних пластин провуду і від ряду інших умов. Відповідно з цим величина зносу контактної провуду на підйомах значно (в кілька разів) перевищує величину зносу провуду на спусках. Помітне підвищення зносу провуду спостерігається також у місцях рушання й розгону рухомого складу.

Тому запропонований сталелегалюмінієвий контактний провід більш доцільно використовувати на ділянках з низькою інтенсивністю руху, спусках, ділянках депо та ділянках з нульовим пробігом, так як на цих відрізка знос контактної провуду буде найменшим.

## Література

- Скуріхін, В. І. Ресурсобереження в системі електропостачання на городському електротранспорті [Текст] / В. Х. Далека, В. К. Нем, В. І. Скуріхін // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2010. — № 2/7(44). — С. 33–36.
- RU 2351485 С2 МПК В60М 1/13. Способ изготовления контактного сталелегалюмінієвого провуду [Текст] / В. Г. Денисенко, Л. Н. Малышев, Г. Л. Могилін, А. К. Самойленко, В. М. Руденко; собственник: ЗАО ПП «Азовкабель».
- Берент, В. Я. Материали и свойства электрических контактов [Текст] / В. Я. Берент. — М.: ВНИИЖТ, 2005. — 105 с.
- Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. — М.: «НАУКА», 1976. — 286 с.
- Далека, В. Х. Математичне моделювання споживання ресурсів при експлуатації міського електричного транспорту [Текст] / В. Х. Далека // Коммунальное хоз-во городов. — К.: Техніка, 2002. — Вып. 38. — С. 274–281.
- Cooke, I. Introduction to Innovation and Technology Transfer [Text] / I. Cooke, P. Mayers. — Boston: Artech House, Inc., 1996. — 235 p.
- Abboud, N. E. The markovian two-echelon repairable items provisioning problems [Text] / N. E. Abboud // J. of Opns. Res. Soc. — 1996. — № 2. — P. 284–296.
- Anily, S. Capacitated two-stage multi-item production inventory model with joint setup costs [Text] / S. Anily, A. Federgruen // Operations Research. — 1991. — № 3. — P. 443–455.

9. Bradford, J. W. Inventory rotation policies for slow moving parts [Text] / J. W. Bradford, P. K. Sugrue // Naval Research Logistics. — 1991. — № 1. — P. 87–106.
10. Eijs van, M. J. G. A note on the joint inventory replenishment problem under constant demand [Text] / M. J. G. Eijs van // J. of Operat. Res. Soc. — 1993. — № 2. — P. 185–193.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ КОНТАКТНОГО ПРОВОДА МЕТОДОМ ПОЛНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

В данной статье, с помощью полного факторного эксперимента, проведен анализ возможности применения сталеалюминиевого контактного провода нового образца при эксплуатации в контактной сети города с учетом факторов, влияющих на износ. Рассматривается влияние таких факторов, как сила

прижатия токоприемника к контактному проводу; уклон дороги; ток нагрузки на контактный провод.

**Ключевые слова:** полный факторный эксперимент, сталеалюминиевый контактный провод, ток нагрузки, матрица планирования.

*Скуріхін Владислав Ігоревич, кафедра електричного транспорту, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Україна, e-mail: vladscu@yandex.ru.*

*Скуріхін Владислав Ігоревич, кафедра електричного транспорту, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Україна.*

*Skurikhin Vladislav, Kharkiv National Academy of Municipal Economy, Ukraine, e-mail: vladscu@yandex.ru*

УДК 621.333

Шацький С. П.

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ НА МІСЬКОМУ ЕЛЕКТРИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Показано, що контроль витрат електричної енергії підприємствами міського електротранспорту, який передбачає визначення обсягу спожитої електричної енергії за показаннями лічильників змінного струму тягових підстанцій, має ряд недоліків. Тому для виконання статистичного спостереження за споживанням електричної енергії в різних складових технологічного процесу перетворення електричної енергії в транспортну роботу запропоновано застосувати контрольні карти.

**Ключові слова:** міський електричний транспорт, енергоспоживання, енергозбереження, контрольна карта, ресурсозберігаючі технології.

### 1. Вступ

Електричний транспорт відноситься до енергоємних споживачів електроенергії і потребує постійного та надійного електропостачання. В складі електричного транспорту міський електричний транспорт виконує важливу соціальну роль, тому при розгляді більшості окремих факторів господарської діяльності використовувати тільки традиційний економічний підхід не достатньо, тим більше, що надання послуг можливе тільки при повному функціонуванні підсистем міського електротранспорту.

Недостатність, а в багатьох напрямках відсутність наукового опрацювання цих питань є одним з головних чинників відставання експлуатаційних показників вітчизняного пасажирського транспорту від світового рівня. При цьому на підприємствах міського електротранспорту мають місце приховані значні резерви, використання яких не потребує пошуку нових джерел ресурсів. Значне скорочення невиробничих витрат та споживання ресурсів може бути досягнуто за рахунок вдосконалення на науковій основі організаційного управління ресурсами, оптимізації структури ресурсних потоків на виробництві.

Тому енергозбереження є проблемою актуальною.

### 2. Постановка проблеми

На державному рівні Указом Президента України «Про невідкладні заходи щодо забезпечення ефективного використання паливо — енергетичних ресурсів» визначена необхідність:

- запровадження системи показників енергоефективності та їх моніторингу для різних сфер економіки держави;
- проведення необхідних статистичних спостережень за показниками енергоефективності, формування інформаційних баз даних динаміки змін цих показників.

Тому удосконалення чинних методів оптимізації витрат електроенергії є актуальною задачею для науки, вирішення якої також сприяє виконанню Указу Президента України і зменшує експлуатаційні витрати підприємств електричного транспорту [1–6].

Метою статті є підвищення рівня енергозбереження на основі удосконалення методів керування енергоспоживанням на міському електричному транспорті за рахунок статистичного спостереження за споживанням електричної енергії в різних складових технологічного процесу перетворення електричної енергії в транспортну роботу.