УДК 656.25 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.159.2016.67010

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ОБСЛУГОВУЮЧОГО ПЕРСОНАЛУ В УМОВАХ ОБМЕЖЕННЯ КІЛЬКОСТІ ТА ЗАЙНЯТОСТІ

Канд. техн. наук А.О. Лапко

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА И ЗАНЯТОСТИ

Канд. техн. наук А.А. Лапко

METHOD FOR DETERMINING THE NUMBER OF MAINTENANCE PERSONNEL IN CONDITIONS LIMITED QUANTITIES AND EMPLOYMENT

Cand. of techn. sciences A. Lapko

Визначено необхідність кількісної оцінки ймовірності того, що несправність або відмова надійде у чергу та буде прийнята до усунення з обмеженням у кількості обслуговуючого персоналу та відповідно його зайнятості в інших процесах технічного обслуговування пристроїв залізничної автоматики. Дана оцінка зазначеної ймовірності для відомих значень часу очікування та усунення відмови при обмеженні кількості обслуговуючого персоналу та його зайнятості.

Ключові слова: *технічне обслуговування, залізнична автоматика, обслуговуючий персонал, імовірності прийняття до обслуговування.*

Определена необходимость количественной оценки вероятности того, что неисправность или отказ поступит в очередь и будет принят к устранению с ограничением в количестве обслуживающего персонала и соответственно его занятости в других процессах технического обслуживания устройств железнодорожной автоматики. Дана оценка указанной вероятности для известных значений времени ожидания и устранение отказа при ограничении количества обслуживающего персонала и его занятости.

Ключевые слова: *техническое обслуживание, железнодорожная автоматика, обслуживающий персонал, вероятность принятия к обслуживанию.*

After analyzing the existing method of calculation of staff for railway automation devices. The necessity of quantitative evaluation of the probability that the failure or refusal to go to the queue and will be adopted to eliminate the restriction in the number of staff and thus its employment in other processes of maintenance of railway automation devices. Determination of this probability is due to the need to determine whether the implementation of preventive and remedial planning and maintenance work and thus their planning. The estimation of this probability for the known values of latency and eliminating failure by limiting the number of staff and employment.

Keywords: *maintenance, railway automation, maintenance personnel, the probability of making at service.*

Вступ. Для визначення можливостей участі людини у виробничих, економічних та управлінських процесах звичайно використовують поняття “потенціал людини”, “трудовий потенціал”, “людський капітал” і “робоча сила” [1]. Означені поняття належать до трудових ресурсів підприємства, як існуючих, так і можливо задіяних. Саме визначення поняття “персонал підприємства” припускає

взаємопов'язану групу працівників, які входять до облікового кадрового складу, й інших працівників [2]. У галузі залізничної автоматики (ЗА) в інструкціях [3-5] використовується термін "обслуговуючий персонал" для визначення працівників, які розділені за професійно-кваліфікаційною формою розподілу праці згідно з організаційною структурою дистанції сигналізації та зв'язку.

Постановка задачі у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. На цей час методика розрахунку чисельності базується на використанні розрахункових величин, що нормативно закріплені у [5]. Загальна чисельність працівників дільниці $Ч_Д$ з обслуговування пристроїв ЗА визначається як сума виконавців за всіма видами пристроїв i на дільниці

$$Ч_Д = \sum_i (Ч_{ШНС\,i} + Ч_{ШН\,i} + Ч_{ШЦМ\,i}).$$

Тоді для обслуговування m_i одиниць i-го виду пристроїв необхідний штат розраховується за формулою

$$Ч_i = \sum_j^3 \frac{m_i}{n_{ij}} N_{ij},$$

де N_{ij} – норматив чисельності на вимірник;
n_{ij} – норматив обслуговування на вимірник [5],

або

$$Ч_Д = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{3} \frac{m_i}{n_{ij}} N_{ij},$$

де k – кількість видів пристроїв, що обслуговуються.

Витрати часу на обслуговування в зимових умовах та на перерви, що пов'язані з пропуском поїздів, повинні враховуватися відповідними поправковими коефіцієнтами: K_t – на роботу в зимових умовах та $K_{ІР}$ – на інтенсивність руху [5]. Тоді остаточно формула для розрахунку чисельності дільниць ЗА набуває такого вигляду:

$$Ч_{ДА} = K_t K_{ІР} \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{3} \frac{m_i}{n_{ij}} N_{ij}.$$

Ця методика передбачає постійну потрібну і наявну чисельність обслуговуючого персоналу, що на цей час, у зв'язку із соціально-економічними умовами, не завжди можливо забезпечити. Отже, виникає завдання визначення чисельності обслуговуючого персоналу в умовах обмеження кількості та зайнятості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для розрахунку чисельності обслуговуючого персоналу також існує методика, викладена в [6], однак вона має недоліки, аналогічні методиці, що викладена вище. Над вирішенням таких завдань працюють автори і з інших галузей техніки [7]. Наприклад, у роботі [8] розглядається вахтовий метод технічного обслуговування (ТО) і припускаються затримки в обслуговуванні у декілька днів, що не підходить для застосування в системі ТО пристроїв і систем ЗА. У дослідженнях [9] розглянута методика планування ТО, що враховує надійність і пов'язана з розрахунком чисельності обслуговуючого персоналу й кількістю елементів заміни. Однак значна увага приділена саме визначенню кількості елементів заміни. У роботі [10] розглянуто питання моделювання витрат і поповнення загального ресурсу. Робота [11] більшою мірою спрямована на календарне ТО з постійною кількістю виконавців.

Визначення мети та задачі дослідження. Для оперативного керування процесом ТО пристроїв ЗА в умовах гнучкої організаційної структури і непостійної чисельності обслуговуючого персоналу необхідно вирішити задачу експлуатації пристроїв ЗА як системи багаторазового використання з відновлен-

ням при обслуговуванні. Відомо, що пристрої ЗА безупинно працюють протягом деякого часу T. У моменти часу $T = \sum_{j=1}^{i} t_i$ $i = 1, 2, \ldots, j$ обслуговуючим персоналом здійснюється вимірювання значень параметрів, що характеризують технічний стан пристроїв ЗА:

$$S_r(t_i) = \sum_{k=1}^{i} \eta_{rk},$$

де r = 1, 2, …, n – індекс параметра пристрою;

n – число параметрів, що контролюються;

η_{rk} – приріст r-го параметра в k-й момент контролю.

При зіставленні поточного значення з максимально припустимим значенням передкритичного рівня параметра $\eta_{ПК}(t)$ приймається одне з таких рішень:

– продовжувати експлуатацію пристроїв ЗА до наступного моменту контролю у випадку, коли пристрої перебувають у справному працездатному стані (наприклад при убуванні параметра $\eta(t) > \eta_{ПК}$);

– виконати ТО пристроїв ЗА шляхом реалізації планово-відновлювальних робіт у випадку, коли система перебуває у несправному працездатному стані ($\eta_{ПК} > \eta(t) > \eta_{НП}$); роботи виконуються для повернення параметра в межі допуску $\eta_{Н} \geq \eta(t) > \eta_{ПК}$;

– здійснити відновлення пристроїв ЗА шляхом виконання аварійно-відновлювальних робіт у випадку виявлення відмови або замінити елемент, що відмовив;

– визначити момент наступного контролю параметрів;

– здійснити прогноз стану системи до наступного моменту контролю.

Для календарного планування реалізації другого та третього тверджень необхідна кількісна оцінка ймовірності того, що несправність або відмова надійде у чергу та буде прийнята до усунення з обмеженням у кількості обслуговуючого персоналу та відповідно його зайнятості в інших процесах ТО.

Основна частина дослідження. При виявленні несправностей та відмов за наявності автоматизованих засобів вимірювання ймовірність їх виявлення в основному залежить від точності вимірювальної апаратури та відведеного часу на вимірювання. Можна прийняти, що ймовірність пропускання несправності через низьку точність вимірювальної апаратури й помилки обслуговуючого персоналу δ та ймовірність пропускання несправності через нестачу часу $Q(N)$ є незалежними. Тоді ймовірність виявлення несправності $P_{ВНс}$ може бути подана у вигляді добутку [12]

$$P_{ВНс} = (1-\delta)\cdot(1-Q(N)), \qquad (1)$$

де

$$Q(N) = \begin{cases} 1 - N \cdot T_{П}, \text{при } 0 \leq T_{П} \leq T_{ПП}; \\ 0, \text{при } \quad T_{П} > T_{ПП}; \end{cases}$$

$T_{П}$ – час на пошук,

$T_{ПП}$ – час, потрібний на пошук $N = 1/T_{ПП}$.

Тоді з урахуванням прийнятих позначень вираз (1) набуде вигляду

$$P_{ВНс} = (1-\delta)\cdot N \cdot T_{П}. \qquad (2)$$

Важливою є ймовірність того, що несправність (відмова), яка виникла, потрапить у чергу та буде прийнята до усунення в проміжок часу $0 - t_{Оч}$ [12-14]:

$$P_{ТО} = P_{Вільн.} - P_{Вільн.}\left(e^{-\mu \times t_{Оч}}\right)^{n}, \qquad (3)$$

де $P_{Вільн.} = 1 - \prod_{к=1}^{n} P_{Зайн.}$ – імовірність вільності хоча б однієї особи обслуговуючого персоналу;

$P_{Зайн.}$ – імовірність зайнятості однієї особи персоналу;

n – загальна кількість осіб обслуговуючого персоналу;

μ – інтенсивність усунення несправності (відмови) $\mu = 1/t_{УВ}$;

$t_{УВ}$ – час усунення відмови;

$t_{Оч}$ – час очікування.

Використовуючи метод визначення часу призначення планово-відновлювальних робіт ТО пристроїв ЗА [15] та задаючись необхідним значенням імовірності ТО та інтенсивності усунення несправності, можна за виразом (3) визначати необхідну чисельність обслуговуючого персоналу для різного значення $P_{Зайн.}$ (рисунок).

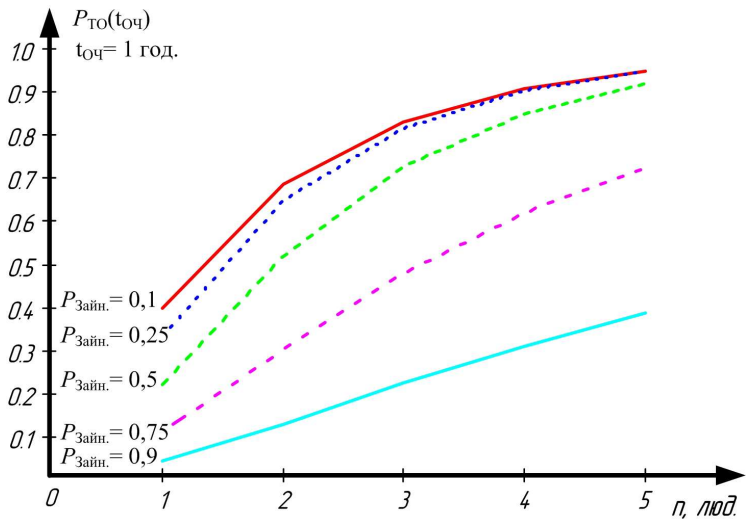

Рис. Залежність імовірності прийняття до обслуговування несправності або відмови від кількості осіб обслуговуючого персоналу при різній зайнятості

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Для пристроїв ЗА значення $P_{Зайн.}$ складає 0,75-0,8 [3, 6, 16, 17], а середній час усунення відмов 1,78 год і для таких значень бажана велика кількість обслуговуючого персоналу. При зменшенні зайнятості на 25 % збільшується на третину $P_{ТО}$. Суттєвий вплив має час відновлення, його зменшення до 1 год збільшує значення $P_{ТО}$ в середньому на 0,1. Таким чином, у подальшому для різних систем ЗА, зокрема мікропроцесорних, задаючись різними вихідними значеннями часу усунення відмов і часу очікування для фіксованих значень імовірності зайнятості, можна визначати потрібну чисельність обслуговуючого персоналу. Імовірність зайнятості можна визначати на основі календарного планування планово-профілактичних робіт згідно зі стратегією ТО.

Список використаних джерел

1. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства [Текст] / Р.А. Фатхутдинов. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 672 с.

2. Шепеленко, Г.И. Экономика, организация и планирование производства на предприятии [Текст] / Г. И. Шепеленко. – Ростов н/Д.: МарТ, 2002. – 544 с.

3. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) [Текст]: ЦШЕОТ–0060; затв. наказом Укрзалізниці № 090-ЦЗ від 07.10.2009 р. – К.: НВП Поліграфсервіс, 2009. – 111 с.

4. Нормативи чисельності працівників дистанцій сигналізації та зв'язку залізниць України [Текст]: ДАТУ, Головне управління автоматики, телемеханіки та зв'язку; затв. наказом Укрзалізниці № 594-ЦЗ від 26.07.2004 р. – К.: Алькор, 2004. – 49 с.

5. Типовий проект організації роботи ремонтно-технологічної дільниці дистанції сигналізації та зв'язку [Текст]: ЦШ–0046; затв. наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України № 664-ЦЗ від 08.11.2006 р. – К.: Швидкий рух, 2006. – 25 с.

6. Техническая эксплуатация устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: учеб. пособие для вузов ж.д. трансп. / Вл.В. Сапожников. Л.И. Борисенко, А.А. Прокофьев. А.И. Каменев; под ред. Вл.В. Сапожникова. – М.: Маршрут, 2003. – 336 с.

7. Bouzidi-Hassinia S., Considering human resource constraints for real joint production and maintenance schedules [Text] // F.Benbouzid-Si Tayeba, F.Marmierb, M.Rabahia / Computers & Industrial Engineering: –Vol. 90, –2015, –Pag. 197–211.

8. Журавлев, А.В. Вопросы расчета численности обслуживающего персонала на предприятиях нефтегазового комплекса [Текст] / А.В. Журавлев, А.Л. Портнягин // Вестник кибернетики / Институт проблем освоения Севера СО РАН. – Тюмень, 2011. – Вып. 10. – С. 34-40.

9. Пегушин, С.Л. Планирование техничного обслуживания автоматических систем противоаварийной защиты производственных объектов с учетом оценки надежности и ремонтопригодности [Текст] / С.Л. Пегушин, А.Г. Шумихин // Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология / ПНИПУ. – Пермь, 2012. – Вып. 14. – С. 13-21.

10. Моделі витрат і поповнення ресурсу складних відновлювальних об'єктів і систем радіоелектронної техніки / К.Ф. Боряк, В.О. Браун, С.В. Лєнков [та ін.]; під ред. С.В. Лєнкова. – К.: Знання України, 2008. – 267 с.

11. Обжерін, Ю.С. Календарне технічне обслуговування систем з довільною структурою [Текст] / Ю.С. Обжерін, О.І. Песчанський // Кібернетика і системний аналіз. – 2006. – Вип. 2. – С. 69-86.

12. Шишонок, Н.А. Основы теории надежности и эксплуатации радиоэлектронной техники [Текст] / Н.А. Шишонок, В.Ф. Репкин, Л.Л. Барвинский. – М.: Сов. радио, 1964. – 552 с.

13. Гнеденко, Б.В. Математические методы в теории надежности [Текст] / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев. – М.: Наука, 1965. – 524 с.

14. Вентцель, Е.С. Теория вероятности и её инженерное приложение [Текст] / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Высш. шк., 2000. – 480 с.

15. Лапко, А.О. Метод визначення часу призначення планово-відновлювальних робіт технічного обслуговування для станційних пристроїв залізничної автоматики [Текст] / А.О. Лапко // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2005. – Вип. 4. – С. 34-40.

16. Лабецкая, Г.П. Организация, планирование и управление в хозяйстве сигнализации и связи [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Г.П. Лабецкая, Н.К. Анисимов, А.Н. Брендт. – М.: Маршрут, 2004. – 348 с.

17. Типові норми часу на технічне обслуговування пристроїв СЦБ [Текст]: ЦШЕОТ–0063; затв. наказом Укрзалізниці № 192-ЦЗ від 02.11.2010 р. – К.: Інпрес, 2011. – 151 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.Б. Бойнік

Лапко Антон Олександрович, канд. техн. наук, кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-32. E-mail: a.o.lapko@gmail.com.

Lapko Anton Oleksandrovych, cand. science, department of automation and telecontrol computer train traffic, Ukraine State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-30. E-mail: a.o.lapko@gmail.com.

Прийнята 24.02.2016 р.