

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Марченко Є.В.

магістр,

Науковий керівник: Павловський М.В.

кандидат технічних наук, доцент,

Національний транспортний університет

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ ЛІНІЙ ОБОВ'ЯЗКОВОГО ТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Визначення необхідної кількості діагностичних ліній обов'язкового технічного контролю транспортних засобів можливо розглядати як «класичну» транспортну задачу лінійного програмування. Рішення транспортної задачі з урахуванням специфіки обов'язкового технічного контролю (ОТК) до визначення необхідної кількості діагностичних ліній, накладає наступні обмеження [1]:

- у регіоні має бути задоволений попит на послуги ОТК;
- виробнича потужність діагностичних ліній пунктів технічного контролю (ПТК) регіону повинна відповідати наявному попиту;
- величини, що характеризують потоки транспортних засобів (ТЗ), мають бути невід'ємними.

Математична модель транспортного завдання стосовно визначення необхідної кількості діагностичних ліній ПТК матиме вигляд [2, с. 45]:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m x_{ij} = a_i \\ \sum_{i=1}^l x_{ij} = b_j \\ a_i = b_j \\ x_{ij} \geq 0, i \in [1:l], j \in [1:m] \end{cases} \quad (1)$$

Виробнича програма ОТК визначатиметься кількістю транспортних засобів що підлягають технічному контролю за звітний період:

$$b_j = \frac{A}{D}, \text{ од./день}, \quad (2)$$

де A – кількість ТЗ, які підлягають ОТК, од.; D – звітний період, день.

Виробнича потужність діагностичних ліній залежить від їх кількості і пропускної здатності:

$$a_i = N \cdot l, \text{ од./день}, \quad (3)$$

де N – пропускна здатність діагностичної лінії, од./день.

З урахуванням формул (1–3) кількість діагностичних ліній становитиме:

$$l = \frac{A}{D \cdot N}, \text{ од.} \quad (4)$$

Діагностична лінія ПТК є потоковою лінією, а діагностування технічного стану ТЗ – потоком, що характеризується ритмом і тактом виробництва.

Ритм виробництва – час, що припадає на діагностування одного автомобіля. Враховуючи, що час діагностування технічного стану ТЗ на пунктах технічного контролю невеликий, його зручніше брати в хвиликах [3; 4]:

$$l = \frac{60 \cdot t}{N}, \text{ хв}, \quad (5)$$

де t – час роботи лінії ПТК в день, годин.

Такт лінії – це інтервал часу між двома автомобілями, що послідовно сходять з діагностичної лінії:

$$\tau = \frac{T}{n} + t_{nm}, \text{ хв,} \quad (6)$$

де T – трудомісткість контрольно-діагностичних робіт, люд.-хв; n – загальна чисельність операторів-діагностів, які працюючих на лінії люд.; t_{nm} – час переміщення автомобілях з поста на пост, хв.

При розрахунку пропускної здатності діагностичної лінії ПТК необхідно зважати на специфіку виконуваних робіт. Аналіз їх змісту і вимог до технології показує, що серед всього обсягу діагностичних робіт можна виділити, операції, що виконують окремо (виконання яких технологічно неможливо поєднувати з виконанням інших операцій), загальною трудомісткістю T_z (люд.-хв). Частка таких операцій, згідно з дослідженнями, складає $\alpha = 0,32$ від усього обсягу контрольних діагностичних робіт [5].

Необхідно враховувати, що час, що витрачається на кожну з окремо виконуваних операції, не залежить від кількості одночасно виконуючих її робітників, воно більшою мірою визначається алгоритмом, закладеним в засоби технічного діагностування. Операції, виконання яких можливо поєднувати з виконанням інших операції, розподіляються по постах, за якими закріплені окремо виконувани операції. Час, що витрачається, на їх виконання залежить від чисельності робітників, які одночасно виконують.

При такій організації робіт на лінії можливе знаходження відразу декількох автомобілів (по кількості постів), операції, по діагностуванню яких виконуються паралельно. В цьому випадку такт лінії визначатиметься максимальним значенням з величин тактів складових їх постів.

З урахуванням викладеного вище, а також зважаючи, що час переміщення між постами малий і ним можна нехтувати при подальших розрахунках, такт лінії буде визначатися як [2, с. 47]:

$$\tau = T \cdot \left(\frac{\alpha}{n_o} + \frac{1-\alpha}{p \cdot n - n_o} \right), \text{ хв,} \quad (7)$$

де n_o – чисельність операторів-діагностів, що виконують окремі операції люд.; p – кількість постів, на яких виконуються окремі операції, од.

При проектуванні автопідприємств, такт лінії і ритм виробництва використовуються для розрахунку кількості l потокових ліній:

$$l = \frac{\tau}{R}, \text{ од.} \quad (8)$$

При визначенні пропускної спроможності ПТК спочатку визначаються пропускні здібності кожної лінії контролю окремо. Для окремо взятої лінії ($l = 1$):

$$\tau = R, \text{ од.} \quad (9)$$

Враховуючи формули (5, 7, 9), отримаємо:

$$T \cdot \left(\frac{\alpha}{n_o} + \frac{1-\alpha}{p \cdot n - n_o} \right) = \frac{60 \cdot t}{N} \quad (10)$$

Із формули (10) знаходимо пропускну спроможність діагностичної лінії:

$$N = \frac{60 \cdot n_o \cdot (p \cdot n - n_o)}{T \cdot (\alpha \cdot (p \cdot n - 2n_o) + n_o)}, \text{ од./день} \quad (11)$$

Підставляючи (11) у формулу (4), отримуємо:

$$l = \frac{A \cdot T \cdot (\alpha \cdot (p \cdot n - 2n_o) + n_o)}{60 \cdot D \cdot t \cdot n_o \cdot (p \cdot n - n_o)}, \text{ од.} \quad (12)$$

При розрахунку часу діагностування одного ТЗ необхідно враховувати нерівномірність надходження автомобілів на лінію, втому робітників, повноту використання робочого часу. Для цього у формулу (12) необхідно ввести коригуючий коефіцієнт використання робочого часу $K_{в.р.ч.}$. Згідно з довідковою літературою він приймає значення $K_{в.р.ч.} = 0,8 \dots 0,9$ [4; 6].

$$l = \frac{A \cdot T \cdot (\alpha \cdot (p \cdot n - 2n_o) + n_o)}{60 \cdot D \cdot t \cdot n_o \cdot (p \cdot n - n_o) \cdot K_{в.р.ч.}}, \text{ од.} \quad (13)$$

Трудомісткості контрольно-діагностичних робіт для різних категорій (k) транспортних засобів різні, з урахуванням цього математична модель визначення необхідної кількості діагностичних ліній матиме вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^m x_{ij} = a_i \\ \sum_{i=1}^l x_{ij} = b_j \\ a_i = b_j \\ x_{ij} \geq 0 \\ \sum_{k=1}^q l_k = \frac{A_k \cdot T_k \cdot (\alpha \cdot (p \cdot n - 2n_o) + n_o)}{60 \cdot D \cdot t \cdot n_o \cdot (p \cdot n - n_o) \cdot K_{e,p.ч.}} \\ k = 1, 2 \dots q, i = 1, 2 \dots l, j = 1, 2 \dots m \end{array} \right. , \quad (14)$$

де q – кількість категорій ТЗ, од.

Аналіз технології робіт по діагностуванню технічного стану транспортних засобів, планувальних рішень вживаних на ПТК Чернігівської області, а також досліджень проведених І.О. Черняєвим, дозволяє зробити висновок, що найбільш оптимальний розподіл робіт на діагностичній лінії, відбувається у тому випадку, якщо кількість постів, на яких виконуються окремі операції, дорівнює 3 [1; 5]. Таким чином, при розрахунках приймаємо $p = 3$ од., $n_o = 3$ люд., $K_{e,p.ч.} = 0,85$.

За відсутності детальних даних про структуру і кількість транспортних засобів в регіоні для розрахунку необхідної кількості діагностичних ліній можна використати відносні показники, що враховують вік, тип двигуна, масу ТЗ. Розрахунок необхідної кількості діагностичних ліній в Чернівецькій області на початок 2021 р. здійснювався з урахуванням статистичних даних із застосуванням Microsoft Excel 2019. Результати розрахунку представлені в табл. 1 і на рис. 1, з якого видно, що збільшення кількості контролерів в межах не призводить до зменшення необхідної кількості діагностичних ліній. Це пов'язано з обсягом робіт з діагностування, виконання яких не потребує більше одного робітника.

Для задоволення в повному обсязі попиту на послуги з діагностування технічного стану ТЗ в 2021 р. в регіоні необхідно 12 універсальних ліній ОТК. За даними реєстру [7] в регіоні зареєстровані 13 суб'єктів проведення технічного контролю ТЗ, що мають у своєму складі 18 діагностичних ліній, з середньою

чисельністю контролерів 6 люд. Отже, станом на 2021–2022 рр. пропозиція на послуги ОТК в Чернівецькій області дещо перевищує попит.

Таблиця 1

Результати розрахунку необхідної кількості діагностичних ліній в Чернівецькій області в 2021 р.

| Чисельність робітників на лінії, люд. | 4 | 5 | 6 | 7–12 | 13–20 | 21–∞ |
|--|----|----|----|------|-------|------|
| Необхідна кількість діагностичних ліній, од. | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 6 |

Джерело: розраховано автором

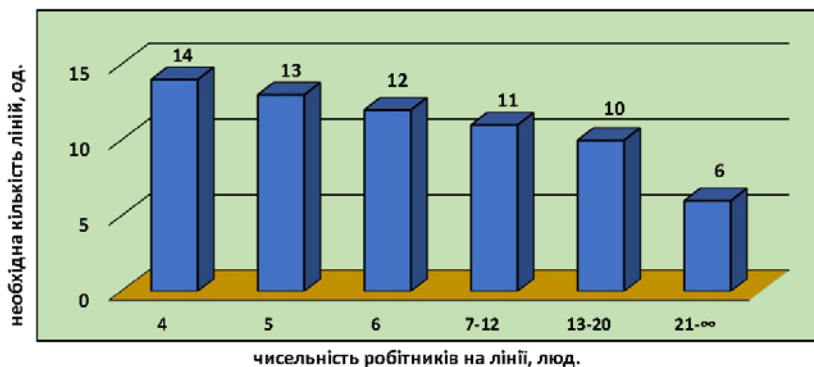


Рис. 1. Необхідна кількість діагностичних ліній в залежності від чисельності робітників

Джерело: побудовано автором на основі розрахунків

Список використаних джерел:

1. Мороз С.М. Диагностирование при государственном техническом осмотре и техническом обслуживании автомобилей. Нижний Новгород : НГТУ, 2002. 330 с.
2. Кулев М.В. Повышение эффективности функционирования диагностических линий технического осмотра транспортных средств : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Орловский государственный технический университет. Орел, 2010. 140 с.
3. Головин С.Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования. Москва : ИНФРА-М, 2008. 284 с.

4. Кузнецов Е.С., Болдин А.П., Власов В.М. Техническая эксплуатация автомобилей. Москва : Наука, 2001. 535с.

5. Черняев И.О. Методика обеспечения качества контроля технического состояния автотранспортных средств в региональных системах государственного технического контроля : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10. Санкт-Петербург, 2006. 220 с.

6. Напольский Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания : учеб. 2-е изд. перераб. и доп. Москва : Транспорт, 1994. 271 с.

7. Реєстр суб'єктів проведення обов'язкового технічного контролю транспортних засобів. URL: <https://data.gov.ua/dataset/b081b611-e14f-485b-8bbb-00555859a36d> (дата звернення: 11.07.2021).