

ПІДТРИМАННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ГАЛЬМУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ ЗАСОБАМИ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

© Мاستикаш О. Л., 2016

Зміни експлуатаційних властивостей автобусів, зокрема, показників гальмового керування, мають складний і багатопрофільний характер. Тому перед фахівцями у галузі технічної експлуатації стоїть завдання пошуку керування гальмовими властивостями на засадах системності і комплексності.

Розроблена методика підтримання надійності гальмового керування автобусів засобами матеріально-технічного забезпечення ґрунтується на виділенні у спеціальну групу багатьох постійно замінюваних конструктивних елементів. Оцінка запасу передбачає використання інформації про інтенсивність потоків відмов конструктивних елементів у поєднанні з розрахунковою процедурою. Методика пропонується як засіб керування гальмовими властивостями автобусів в експлуатації.

Ключові слова: надійність, гальма, матеріально-технічне забезпечення.

Changes Bus service properties, in particular - performance brake controls are complex and multidisciplinary nature. This makes brake systems for developers and experts in the field of technical operation management job search braking properties on the basis of consistency and comprehensiveness.

The method of maintaining the reliability of the brake control bus means Logistics, which is based on the allocation of a special group number is constantly replaceable structural elements. For these elements formed and periodically updated inventory, the amount and composition of which provides a predetermined probability of preserving the technical condition of the brake control bus. Stock assessment involves the use of information on flow intensity of failures of structural elements in conjunction with estimated procedure based on the method of steepest descent. Methods proposed as a means to control braking properties buses in operation.

Ключові слова: reliability, brake control , logistics.

Постановка проблеми. Зміни експлуатаційних властивостей автобусів, зокрема, показників гальмового керування, мають складний і багатопрофільний характер. Це висуває перед розробниками гальмових систем і фахівцями в галузі технічної експлуатації завдання пошуку керування гальмовими властивостями на засадах системності і комплексності.

Як схематично показано на рис. 1, у практичній реалізації висунуте завдання матиме насамперед проектно-конструкторське значення. Початкові гальмові властивості формуються (блок I) вибором для системи гальмового керування загальних і низки окремих конструктивних рішень. Необхідним розвитком початкового етапу стане збереження гальмових властивостей в експлуатації засобами контролю і відновлення технічного стану гальмової системи (блок II). Як відомо [1], відновлення технічного стану спирається на паралельний до експлуатації процес матеріально-

технічного забезпечення. Тому продовженням обраної тематичної лінії повинно стати вирішення питань матеріально-технічного забезпечення (блок III) процесу збереження гальмових властивостей автобусів в експлуатації.

Обґрунтування стратегії матеріально-технічного забезпечення. Традиційна концепція матеріально-технічного забезпечення на автотранспорті ґрунтується на стратегії підтримання балансу між матеріальними потоками постачання і експлуатаційних витрат. Цей принцип не викликає заперечень, оскільки спрямований на досягнення оптимальних економічних результатів. Але визнати його універсальним заважає одна обставина. Серед деталей і комплектуючих існує особлива група елементів конструкції, змінний технічний стан яких вирішально впливає на рівень безпеки автобусів. І для таких елементів орієнтиром вибору стратегії матеріально-технічного забезпечення є запобігання аварійним відмовам. Адже для пасажирських автотранспортних засобів, особливо автобусів, проблема безпеки має пріоритет над іншими проблемами технічної експлуатації.



Рис. 1. Структура завдання керування гальмовими властивостями автобусів

Аналіз показує, що існують об'єктивні передумови розвитку системи матеріально-технічного забезпечення у напрямку одночасного застосування двох різних стратегій його реалізації.

За існуючими оцінками [2], повний перелік замінюваних в період експлуатації автотранспортного засобу деталей сягає 7...9 тис. назв. Поповнення запасу у таких умовах традиційно здійснюється за вибіркоким принципом – за вичерпання раніше утвореного резерву. Серед згаданих деталей лише 70...80 одиниць належать до групи конструктивних елементів з особливим ризиком наслідків відмов. Компактність такої групи робить доступним пряме спостереження за динамікою витрачання. А на основі поточної інформації для неї може бути побудоване надійніше керування матеріальними запасами – з гарантованим підтриманням резерву усіх необхідних конструктивних елементів.

Зміст альтернативної стратегії, орієнтованої на забезпечення надійності, розглянемо у контексті проблеми збереження гальмових властивостей автобусів в експлуатації.

Спеціальну групу складемо з конструктивних елементів, які своєю дією забезпечують процес гальмування автобуса і при цьому сприймають або передають підвищені силові, термічні і

вібронавантаження; перебувають під впливом інших чинників прискореного руйнування. Приблизний склад спеціальної групи наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Предметний склад спеціальної групи конструктивних елементів автобуса

$i=$	1	2	3	4
Тип елемента	Гальмовий барабан передній	Гальмовий барабан задній	Фрикційна накладка передня	Фрикційна накладка задня
n_i	2	2	4	4
$i=$	5	6	7	8
Тип елемента	Діафрагма камери передньої	Діафрагма камери задньої	Гальмові шланги	Покришки коліс
n_i	4	4	6	6

Гальмові барабани разом з фрикційними накладками забезпечують перетворення кінетичної енергії рухомого автобуса у теплову енергію. Крім циклічних силових і термонапружень в конструкційних матеріалах, до зміни стану таких елементів конструкції призводить зношення, часто нерівномірне, робочих поверхонь пар тертя.

Діафрагми гальмових камер і гальмові шланги виходять з ладу внаслідок постійно виникаючих знакозмінних деформацій. У гальмових камерах деформація діафрагм супроводжує створення привідного зусилля тиском повітря. А чинниками прискореного руйнування діафрагми стають механічні дефекти тарілки штока, поперечно-кутові переміщення штока, замерзання повітряного конденсату в камері.

У гальмових шлангах деформації виникають через відносно переміщення підресореної і непідресореної частин автобуса, повороти передніх керованих коліс навколо осі шворня. Прискореному руйнуванню шлангів сприяють: вібрації; контакт гумових поверхонь з хімічно активними речовинами; зовнішнє теплове випромінювання, яке особливо відчутне на задній осі автобусів.

Реалізація зчпних властивостей, як одна із ознак збереження здатності до керування гальмуванням автобуса, визначається станом покришок автомобільних коліс. Тому покришки коліс занесені до списку разом з елементами гальмової системи. Додамо, що прискорене зношення протектора шин зумовлене екстремними гальмуваннями автобусів з блокуванням коліс.

Позначення $n_i (i=1...N)$ у табл. 1 надане кількості однотипних елементів спеціальної групи; N – кількість типів елементів у групі. У випадку, який розглядається: $N = 8$ за загальної кількості елементів $\sum_{i=1}^N = 32$ од.

Передні і задні гальмові барабани з кількістю $n_1 = n_2 = 2$ у загальному випадку мають різну конструкцію, так само, як і передні та задні фрикційні накладки з кількістю $n_3 = n_4 = 4$. На задніх гальмових механізмах ширина барабана і накладок, як правило, більша, ніж на передніх. Тому названі елементи зараховані до різних типів. Числа $n_5 = n_6 = 4$ кількості

діафрагм передніх і задніх гальмових камер задані з урахуванням особливостей виконання гальм автобусів середнього і великого класів типу ЛАЗ А152, ЛАЗ А183, ЛАЗ А191, ЛАЗ А292D1 та інших перспективних моделей. На цих автобусах використані гальмові механізми з рознесеним розтискним пристроєм, керованим двома опозитно встановленими гальмовими камерами. При цьому типорозмір передніх і задніх гальмових камер автобуса може виявитись однаковим, наприклад, - 9", на обох осях, або різним: 9" спереду і 12" на задній осі. Відповідно діафрагми можуть належати до одного або різних типів. Кількість $n_7 = 6$ гальмових шлангів задане з урахуванням потреби підведення стисненого повітря до гальмових камер і пружинних енергоакумуляторів. Як правило, усі гальмові шланги однотипні. Кількість $n_8 = 8$ покришок коліс, які є на автобусі, як правило, однотипні – задані без урахування запасного колеса. Останнє перебуває безпосередньо на автобусі і до запасу шинного господарства не входить.

Під час розв'язання поставленої задачі надійності виходитимемо з того, що відмова або вихід з ладу кожного конструктивного елемента спеціальної групи робить обов'язковим його заміну, оскільки має наслідком часткову або повну втрату гальмових властивостей. Початковий обсяг призначеного для заміни на одному автобусі запасу елементів i -го типу позначимо m_i . Вважатимемо, що запас створюється на деякий період часу T , обчислений днями. Отож, шуканими параметрами виступають набір цілих чисел $M = m_i (i = 1...N)$ і цілоденний період T поповнення запасу.

Вибираючи закон керування матеріальним запасом, вважатимемо, що гальмові властивості автобуса перестають підтримуватись на належному рівні з моменту виходу з ладу (m_{i+1}) - го елемента. Приймавши гіпотезу про пуассонівський характер статистичного розподілу відмов i -го елемента, імовірність небажаної події подано у такому вигляді:

$$P_i(m_i, T) = 1 - \sum_{k=0}^{m_i} \frac{\Lambda_i T^k}{k!} e^{-\Lambda_i T}, \quad (i = 1...N), \quad (1)$$

де $\Lambda_i = n_i I_i$ – інтенсивність потоку відмов i -го типу, визначена на підставі статистичної оцінки інтенсивності λ_i відмов довільного i -го елемента на інтервалі $t_0 \leq t \leq t_0 + T$.

Під час використання залежності (1) як статистичної моделі надійності конструктивних елементів спеціальної групи виникають дві проблеми: часового тренду і неповної визначеності параметрів потоків.

У загальному випадку інтенсивність відмов елементів конструкції автобусів виступає змінною в часі t . Але, якщо інтервал $t_0... (t_0 + T)$ вважати обмеженим, функція (1) стає стаціонарною. Для цього достатньо, наприклад, виконати оцінку параметрів інтенсивності на основі виразу

$$I_i = 1/T \int_{t_0}^{t_0+T} I_i(t) dt. \quad (2)$$

Джерелом проблеми недостатньої визначеності виступає нечіткість експлуатаційної інформації про параметри λ_i . Тому загалом доводиться оперувати їх множинними оцінками, зробленими у різних умовах. Якщо вважати, що спостереженими є деякі максимальний $I_i(\max)$ і мінімальний $I_i(\min)$ рівні інтенсивностей відмов i -го конструктивного елемента, розрахунковий вираз зміниться:

$$I_i = n I_i(\max) + (1-n) I_i(\min), \quad (3)$$

де v – коефіцієнт, значення якого приймається у межах $0...1$.

За відсутності уточнювальної інформації у формулі (3) можна прийняти $v = 1 - v = 0,5$.

Зробимо ще одне припущення: надійність системи, складеної з N типів елементів, формується за схемою послідовного з'єднання. Тоді імовірність збереження технічного стану усієї виділеної сукупності конструктивних елементів гальмового керування становитиме

$$P_N = \prod_{i=1}^N [1 - P_i(m_i, T)]. \quad (4)$$

За $P_i(m_i, T)$ в формулу (3) замінити наближений вираз:

$$P_N \approx 1 - \sum_{i=1}^N P_i(m_i, T). \quad (5)$$

А умова вибору потрібного закону керування запасами запишеться нерівністю

$$1 - \sum_{i=1}^N P_i(m_i, T) \geq P_D, \quad (6)$$

де P_D – допустима імовірність збереження гальмових властивостей автобуса в експлуатації.

Рівень P_D задається, враховуючи досвід і вимоги експлуатації або з урахуванням очікуваних тенденцій конструктивного удосконалення показників безпеки автомобільного транспорту.

“Експлуатаційною” оцінкою рівня P_D виступає допустиме співвідношення між кількістю A_2 автобусів з гальмовою системою, що відповідає нормативним вимогам, і списковою чисельністю A_C автобусів спостереженої групи, наприклад, кількістю одиниць рухомого складу АТП:

$$P_D = A_2/A_C. \quad (7)$$

“Конструктивна” оцінка рівня P_D утворюється на підставі даних про величини передбачених розробниками пробігів L_i до списання i -х еталонних елементів конструкції. Як еталонні потрібно використати зразки з кращими показниками надійності. Тоді, маючи оцінку очікуваного математичного сподівання $M(I)$ добового пробігу автобуса в експлуатації, знаходимо інтенсивність еталонного потоку відмов i -елементів системи гальмового керування:

$$\Lambda_{i,I} = \frac{n_i M(I)}{L_i}. \quad (8)$$

Підстановкою результату (8) у формулу (1) за $\Lambda_i = \Lambda_{i,I}$ і, далі – у формулу (4) за $P_N = P_D$, знаходимо допустиме значення імовірності збереження гальмових властивостей автобуса у функції змінного періоду часу T .

Нерівність (6) за заданої правої частини дає змогу вибрати параметри закону керування запасами за наявності додаткових умов типу

$$M = \sum_{i=1}^N m_i \rightarrow \min, \text{ при } T = \text{const}; \quad (9)$$

$$T \rightarrow \min, \text{ при } M = \text{const}.$$

Перша з умов (9) скеровує на пошук вирішення проблеми збереження гальмових властивостей обмеженим запасом, а друга – на подовження періоду використання запасу без його поповнення.

Схемою на рис. 2 показана процедура пошуку розв'язку задачі для випадку врахування першої з умов (8).

Задання періоду часу T (блок 1) виконується самим розробником, враховуючи бажані ритми поповнення запасів автотранспортного підприємства.

Визначення інтенсивностей дійсних потоків відмов за типами конструктивних елементів (блок 2) ґрунтуватиметься на обробці інформації підприємства, користуючись залежностями (2) чи (3).

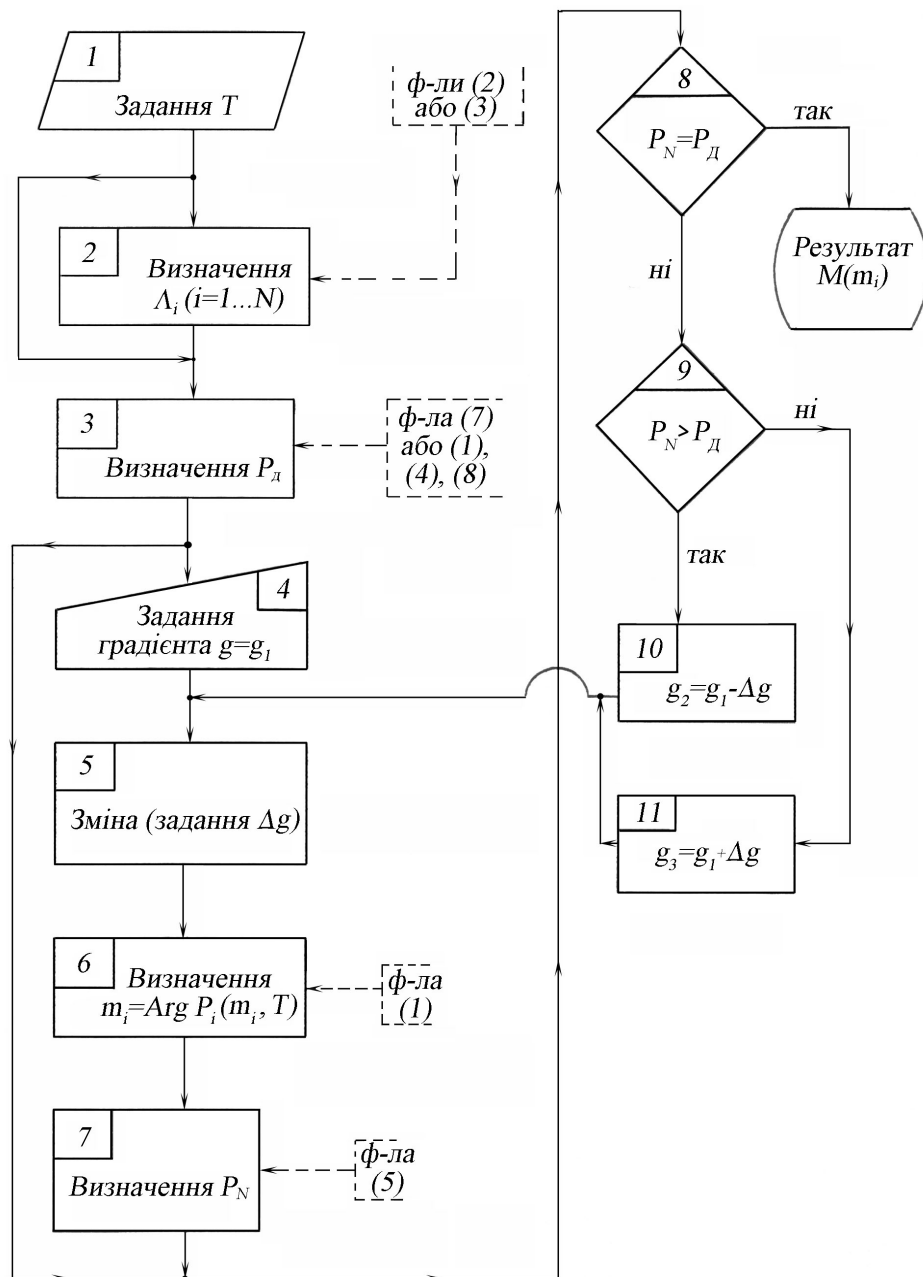


Рис. 2. Схема розв'язання задачі пошуку закону керування запасами

Визначення допустимого рівня імовірності збереження гальмових властивостей автобуса (блок 3) передбачає виконання однієї з описаних вище процедур: розрахунку за формулою (6) або за (8), (1), (4) з урахуванням прийнятого T . Але остаточний вибір рівня ймовірності P_d розробником може спиратись одразу на обидва результати: вибирається більше або середнє значення імовірності.

Далі, у блоках 4...11 (рис. 2) розрахунки виконуються за методом найшвидшого спуску. Задається деяке довільне додатне значення градієнта $g = g_1$ (блок 4) і крок $\Delta g = g_1$ його можливої зміни (блок 5). Підбором (блок 6) визначаються числа $m_i (i = 1 \dots N)$, за яких виконується нерівність

$$P_i(m_i, T) - P_i(m_i + 1, T) \geq g_1.$$

За знайденим у такий спосіб набором значень m_i розраховуємо показник надійності P_N (блок 7) і перевіряємо умову його відповідності допустимому рівню (блок 8). У разі отримання позитивного

результату перевірки дані про величини $m_i (i=1...N)$ виводимо як шукані кінцеві. В іншому випадку потрібно визначити співвідношення між P_N і P_D (блок 9). Якщо виявиться, що ймовірність P_N перевищує допустиме значення, то градієнт зменшується (блок 10) до рівня $g_2 = g_1 - \Delta g$.

Далі знову виконується вибір чисел m_i (блок 6), але вже за умовою

$$P_i(m_i, T) - P_i(m_i + 1, T) \geq g_2.$$

У разі негативного результату перевірки в блоці 9 градієнт g збільшується (блок 11) до

$$g_3 = g_1 + \Delta g,$$

а вибір параметрів m_i здійснюється з урахуванням нерівності

$$P_i(m_i, T) - P_i(m_i + 1, T) \geq g_3.$$

Підбором градієнта g за кілька ітерацій знаходимо такий набір $M = m_i (i=1...N)$, який уможливіть мінімальною кількістю елементів запасу задовольнити вимогу збереження гальмових властивостей автобуса в експлуатації з необхідною надійністю.

Приклад виконання розрахунків

Нехай спостереженнями на автобусному АТП фіксуються інтенсивності потоків відмов, подані у табл. 2. Приймаючи $v = 0,5$, знаходимо розрахункові значення λ_i (принцип індексації конструктивних елементів відповідає табл. 1).

Таблиця 2

Дані для визначення закону керування запасами

Інтенсивність відмов	Номер i -го типу елементів							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Мінімальний рівень, $I_i(\min) \cdot 10^{-3}$	2.5	2.8	1.7	1.6	4.1	4	2.7	2.6
Максимальний рівень, $I_i(\max) \cdot 10^{-3}$	3.5	3.2	2.3	2.4	5.9	6	3.3	3.4
$I_i \cdot 10^{-3}$, 1/день	3	3	2	2	5	5	3	3

Розв'яжемо задачу визначення обсягів поповнюваного запасу конструктивних елементів за періоду поповнення $T = 100$ днів і допустимого рівня надійності збереження гальмових властивостей автобуса $P_D = 90\%$.

У ході ітераційної процедури знаходимо бажаний градієнт: $g = 4 \cdot 10^2$. При цьому величина сукупного запасу становить $M = 29$ одиниць на один автобус. Розподіл запасу за типами конструктивних елементів: $m_1 + m_2 = 5$; $m_3 = 3$; $m_4 = 3$; $m_5 = 5$; $m_6 = 5$; $m_7 = 4$; $m_8 = 4$.

Саме такий обсяг запасу виділених конструктивних елементів необхідно з періодом $T = 100$ днів поповнювати з урахуванням чисельності рухомого складу АТП.

Описана розрахункова процедура уможливіє дослідити вплив на параметри закону керування запасами змін періоду поповнення T . На рис. 3 показана залежність сукупного обсягу запасу M від періоду T для прийнятих початкових даних. Аналіз графіка показує тенденцію до зростання необхідного матеріального запасу у функції T за законом, близьким до лінійного.

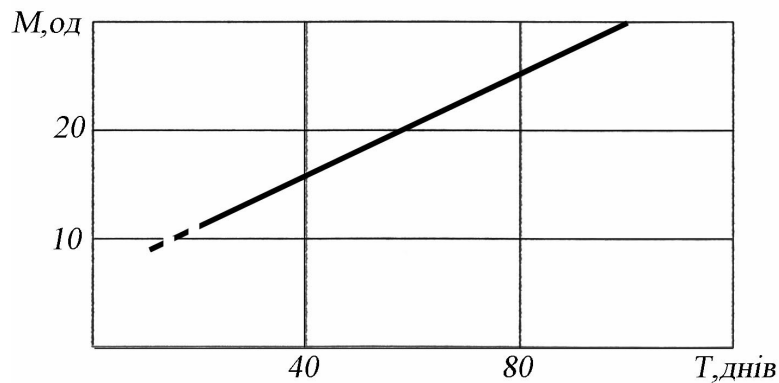


Рис. 3. Розрахункова залежність обсягу поповнюваного запасу M від періоду поповнення T за $P_D = 90\%$

Висновок. Розроблена методика підтримання надійності гальмового керування автобусів засобами матеріально-технічного забезпечення, яка ґрунтується на виділенні у спеціальну групу багатьох постійно замінюваних конструктивних елементів. Для таких елементів утворюється і періодично поновлюється матеріальний запас, обсяг і склад якого забезпечує наперед задану імовірність збереження технічного стану системи гальмового керування автобуса. Оцінка запасу передбачає використання інформації про інтенсивності потоків відмов конструктивних елементів у поєднанні з розрахунковою процедурою на основі методу найшвидшого спуску. Методика пропонується як засіб керування гальмовими властивостями автобусів в експлуатації.

1. Щетина В. А., Лукинський В. С., Сергеев В. И. *Снабжение запасными частями на автомобильном транспорте.* – М.: Транспорт, 1988. – 112 с. 2. Кузнецов Е. С., Воронов В. П., Болдин А. П. и др. *Техническая эксплуатация автомобилей.* – М.: Транспорт, 1991. – 413 с.