

ІСНУЮЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПО ВИЗНАЧЕННЮ ТЕРМІНІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОБУСІВ

Проведено аналіз існуючих досліджень по визначенню термінів експлуатації автобусів. Виявлено особливості застосування обчислювально-статистичних методів прогнозування ресурсу автобусів. В залежності від умов експлуатації на основі існуючих методів можливе прогнозування ресурсу автобусів залежно від режимів роботи

Вступ. На сьогодні в Україні експлуатується значна частка автобусів, терміни експлуатації яких перевищують 10 років. При цьому автобуси потребують поточного ремонту, а то і капітального. Із збільшенням строку експлуатації автобуси вимагають все більшої уваги. Як правило зростає кількість відмов тих чи інших деталей, що в свою чергу супроводжується зростанням матеріальних витрат.

Відповідно до «Транспортної стратегії України на період до 2020 року» [1] в Україні заплановані поступове оновлення автобусного парку та оптимізація перевезень. Однак перевізники не завжди йдуть на закупівлю нових автобусів, пояснюючи високою вартістю та тривалим терміном окупності (близько 5 років, а то і більше). Крім того строк дії отриманих тендерів на перевезення пасажирів не перевищує 5 років. І як результат автобусний парк практично не оновлюється, відповідно продовжує старіти та автобуси стають об'єктом підвищеної небезпеки як для пасажирів так і для всього оточення. За даними Міністерства інфраструктури [2] в Україні тільки 44 % від загальної кількості автобусів відповідають усім нормам безпеки для перевезення пасажирів. Більшість транспорту потребує масштабного оновлення рухомого парку. В Україні 20,3 тис. пасажирських авто перевізників, вони мають 85,7 тисяч автобусів. З них критичної зношеності сягнули: 200 автобусів, які експлуатуються більше 34 років, 1200 – від 29 до 33 років, 3600 – від 24 до 29 років, 7900 – від 19 до 24 років. Також наводять данні, що більше 160 тисяч автобусів, які використовуються для пасажирських перевезень, не отримують належних дозвільних документів. Такі нелегальні перевізники не забезпечують потрібного рівня комфорту та безпеки, а також дедалі частіше потрапляють у дорожньо-транспортні пригоди через низький фаховий рівень водіїв, неналежні умови їхньої праці, незадовільний стан транспортних засобів та невиконання вимог щодо умов перевезення пасажирів.

Як вихід деякі перевізники закуповують автобуси іноземного виробництва, котрі вже були в експлуатації і мають ще деякий запас ресурсу. Однак при цьому ніхто не враховує втомлюваність металу кузовів та інших деталей та агрегатів автобусів, що може привести до непередбачуваних поломок підчас перевезення пасажирів при максимальному завантаженні, русі в гірській місцевості, при підвищених швидкостях тощо. А такі поломки часто можуть коштувати людського життя. Тому метою роботи є аналіз існуючих досліджень по визначенню термінів експлуатації автобусів та можливого застосування в реальній практиці.

Результати дослідження. У роботі [3] запропоновані стратегії списання міських автобусів із застосуванням методу динамічного програмування і рівняння Беллмана. В якості критеріїв оптимальності застосовані або прибуток від експлуатації автобусів, або сумарні витрати на їх функціонування. Методика визначення ресурсу автобусів зарубіжного виробництва, які вже з пробігом почали експлуатацію в РФ запропонована Іголкіним А.М. [4]. В цій роботі визначені фактори впливу на ресурс міських автобусів в конкретних умовах експлуатації. Також розроблені критерій визначення ресурсу міських автобусів та математична модель його цільової функції. Для реалізації методики розроблене інформаційне забезпечення системи визначення ресурсу міських автобусів. В загальному вигляді значення критерію визначення ресурсу автобусів представлено у вигляді цільової функції

$$P_{y\partial(L)} = D_{y\partial(L)} - C_{y\partial(L)} - H \succ 0, \quad (1)$$

де $P_{y\partial(L)}$ – чистий питомий прибуток отриманий пасажирським автотранспортним підприємством за певний час;

$D_{y\partial(L)}$ – дохід від реалізації послуг по перевезенні пасажирів;

$C_{y\partial(L)}$ – питомі поточні експлуатаційні витрати, які в процесі роботи пасажирського автотранспортного підприємства;

H – питомі витрати, пов'язані із стягуванням податків.

Якунін С.М. [5] розглядає експлуатацію в таксомоторному парку як нових так бувших у використанні автомобілів. Для оцінки ефективності експлуатації автомобілів автор використовує техніко-економічні показники – відомий показник затрат q (руб./км) на одиницю транспортної роботи, котрий при виборі автомобіля повинен бути мінімальний та запропонований відносний показник якості автомобіля $\Pi_{оэ}$ експлуатаційної якості автомобіля.

$$q = \{C_n \cdot e^{-(a \cdot T_{пριοбр} + a \cdot L_{пριοбр})} \cdot [1 - e^{-\Delta T \cdot (a+b \cdot L_{зод})}] + Z_{пост.зод} \cdot \Delta T + \sum_{i=1}^n \frac{Z_{TOi} \cdot L_{зод} \cdot \Delta T}{L_{TOi}} + Z_{рем.ава} + N_{пт} \cdot L_{зод} \cdot C_m \cdot \Delta T\} / (L_{зод} \cdot \Delta T) \quad (2)$$

де C_n – вартість нового автомобіля; $T_{пριοбр}$ – вік автомобіля з початку експлуатації на момент покупки; $L_{пριοбр}$ – пробіг автомобіля з початку експлуатації на момент покупки; ΔT – тривалість експлуатації автомобіля у рамках системи «автомобіль-власник»; $L_{зод}$ – середній річний пробіг автомобіля; $Z_{пост.зод}$ – постійні річні витрати по допуску автомобілів на дороги загального використання; Z_{TOi} – затрати на технічне обслуговування одного автомобіля i -того виду; $N_{пт}$ – норма витрати пального автомобілем; L_{TOi} – періодичність технічного обслуговування i -того виду; $Z_{рем.ава}$ – затрати на ремонт автомобіля в межах системи «автомобіль-власник»; C_m – вартість пального.

$$\Pi_{оэ} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} Z_{мор} dt}{(C_n - \Delta C)}, \quad (3)$$

де $Z_{мор}$ – витрати на технічне обслуговування та ремонт автомобілів; t_1 – вік автомобіля, що закупається; t_2 – вік автомобіля, що продається; ΔC – зміна вартості автомобіля за час експлуатації.

В роботі [6] особливу увагу звернено на корозійну стійкість автомобільних кузовів. Зазначено, що втрати від корозії кузовів за 6 – 7 років експлуатації у легкових автомобілів складають 35-40 % їх вартості, а від корозії кузовів автобусів і того більше – 60 %. При цьому характер зносу 60-70 % деталей автомобілів від напрацювання, в тому числі й днища, в загальному випадку визначається рівнянням регресії:

$$y = y_n + a \cdot L. \quad (4)$$

Однак рівняння (4) не враховує корозію деталей, тому Фадєєвим І.В. [6] рівняння регресії доповнено рівнянням, що враховує корозійне зношування:

$$y_k = a_1 \cdot L^b, \quad (5)$$

де a, a_1, b – коефіцієнти рівняння регресії; L – пробіг автомобіля.

І як результат суми рівнянь (4) і (5) отримано загальне рівняння зношування деталей автомобіля:

$$y_{\text{общ}} = y_k + a \cdot L + a_1 \cdot L^b. \quad (6)$$

Питоме зношування деталей визначається як перша похідна залежно від пробігу автомобіля:

$$\frac{dy}{dt} = a + a_1 \cdot b \cdot L^{b-1}. \quad (7)$$

Експлуатація автобусів, особливо при перевантаженнях пасажирями та при низькій якості вітчизняних доріг, супроводжується значними динамічними навантаженнями, тому слід звернути увагу на роботу Зирянова М. В. [7]. Як сказано в роботі [7] головною причиною виходу із ладу несучих металокопструкцій і шин автомобілів є втомне руйнування. Довговічність цих складових визначається за критерієм втомної міцності, де основними характеристиками є несуча здатність копструкцій, величина навантажень (напружень) і число циклів навантажень. Циклічність роботи характерна також для міських пасажирських перевезень. В якості порівняльного критерію для металокопструкцій використовується величина інтенсивності напружень D , яка пропорційна довговічності та визначається за формулою:

$$D = \sum \sigma_i^m \cdot N, \quad (8)$$

де σ_i – величина i -того напруження; N – кількість циклів i -того напруження; m – параметр кривої втомлюваності, що характеризує її кут нахилу.

Кількість циклів і напружень визначались відповідно з [8] методом «дощу» за допомогою спеціально розробленого пакету програмного забезпечення. Крім того в роботі [9] наведено недоліки та запропоновано модернізацію методу «дощу».

Аналогію по прогнозуванню ресурсу кузовів автобусів можна провести із вагонами транспортерами, наведену в роботі [10]. Залишковий ресурс базового елемента транспортера T_k , що підлягає дії корозії визначається із залежності:

$$T_k = \frac{S_\phi - S_p}{a}, \quad (9)$$

де S_ϕ – фактична мінімальна товщина стінки елемента; S_p – розрахункова товщина стінки елемента; a – швидкість рівномірної корозії.

Величина розрахункового терміну експлуатації в роках T_k по критерію багаточиклічної втомлюваності визначалась із залежності [10]:

$$T_k = \frac{\left(\frac{\sigma_{a,N}}{[n]}\right)^m \cdot N_0}{N_{c1} \sum_j (\sigma_{aj}^I)^m \cdot P_j^I + N_{c2} \sum_k (\sigma_{ak}^{II})^m \cdot P_k^{II} + N_{c3} \sum_n (\sigma_{an}^{III})^m \cdot P_n^{III}}, \quad (10)$$

де $\sigma_{a,N}$ – границя міцності за амплітудою для контрольної зони транспортера при симетричному циклі і встановленому режимі навантаження при базовому числі циклів; $[n]$ – допустимий коефіцієнт запасу опору втомлюваності; m – показник ступеню в рівнянні кривої втомлюваності; N_0 – базове число циклів; $N_{c1,2,3}$ – число циклів динамічних напружень, що діють на вагон через зчпний пристрій, від коливань на ресорах, експлуатаційних (завантаження-розвантаження) тощо; $\sigma_{ai(i=j,k,n)}$ – розрахункова величина амплітуди динамічного напруження умовного симетричного циклу, приведена до базового числа циклів, еквівалентна пошкодуючій дії реальному режиму експлуатаційних випадкових напружень за розрахунковий термін експлуатації; σ_{aj}^I – амплітуди динамічних напружень в j діапазонах ударних повздовжніх сил; σ_{ak}^{II} – амплітуди динамічних напружень в k діапазонах від коливань на ресорних підвісках; σ_{an}^{III} – амплітуди динамічних напружень в n діапазонах від циклів завантаження-розвантаження; $P_{j,k,n}^i$ – виникнення амплітуд при відповідних навантаженнях (де $i=I, II, III$).

Зайниддінов Н.С. [11] використовує методику визначення залишкового ресурсу за критеріями втомного пошкодження і за критеріями втомних навантажень. Реалізація поставлених у роботі задач [11] проводилась із застосуванням математичного моделювання, використовуючи метод кінцевих елементів для вирішення задач механічно деформованого твердого тіла. Побудова кінцево-елементної моделі та імітаційне моделювання рами проводилось в програмному пакеті Solid Works.

Архиповим В.А. [12] проведено розробку методів прогнозування ресурсу автомобільних агрегатів на етапі їх ремонту із заданою точністю та достовірністю на прикладі задніх мостів. Виявлені складові частини, що характеризують надійність задніх мостів, конструктивно-технологічні фактори, що визначають якість їх ремонту. Експериментально встановлена модель, що характеризує залежність ресурсу заднього моста від можливих факторів впливу. Також слід відмітити, що деякі моделі міських автобусів «Богдан» страждають передчасним виходом із ладу головних передач. Тому такі дослідження можуть бути корисними при прогнозуванні ресурсу і задніх мостів автобусів.

Висновки. В результаті проведеного аналізу деяких існуючих досліджень встановлено, що в основному для визначення термінів експлуатації автобусів використовують критерії максимального прибутку, або мінімізації сумарних затрат на їх функціонування. Однак ці економічні показники є вже наслідком зношування деталей автобусів, корозії, втомної міцності кузовів тощо. Тому прямим визначенням ресурсу буде прогнозування термінів експлуатації кузовів автобусів та інших відповідальних агрегатів.

В той же час прогнозування термінів експлуатації кар’єрних автосамоскидів, вагонів залізничного транспорту здійснюється на основі прогнозування термінів служби несучих металоконструкцій. Це пояснюють постійними завантаженнями-розвантаженнями, що викликає постійні деформації та зменшує втому міцність.

Автобусні пасажирські перевезення, особливо міські, супроводжуються також циклічними завантаженнями-розвантаженнями і як правило перевантаженнями, що є характерним для перевізників нашої держави для збільшення того ж прибутку. Тому під час

прогнозування термінів експлуатації міських автобусів доцільно на перше місце ставити ресурс їх кузовів та їхніх рам (при наявності).

Список літературних джерел

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року: за станом на 20 жовтня 2010 р. / Кабінет Міністрів України. Офіц. Вид. – К.: Парлам. вид-во, 2010. – 38 с. – (Бібліотека офіційних видань).
2. Майже 60 % пасажирських автобусів в Україні смертельно небезпечні <http://tsn.ua/ukrayina/mayzhe-60-pasazhirskih-avtobusiv-v-ukrayini-smertelno-nebezpechni-289385.html>.
3. Аринин И. Н. Оптимизация срока службы городских автобусов мегаполиса / Аринин И. Н., Прохоров В. Н. // Известия вузов. – 2007. – № 4. – С. 40 – 46.
4. Иголкин А. Н. Определение ресурса городских автобусов: автореф. дис. на соиск. науч. степ. канд. техн. наук: спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / Иголкин А. Н. – Владимир, 2010. – 19 с.
5. Якунин С.М. Обоснование структуры таксомоторного парка с учетом характеристик периода эксплуатации автомобилей : автореф. дис. на соиск. науч. степ. канд. техн. наук: спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / Якунин С.М. – Оренбург, 2009. – 17 с.
6. Фадеев И.В. Исследование влияния компонентом агрессивной среды дорожного полотна на коррозию днища кузова легкового автомобиля : автореф. дис. на соиск. науч. степ. канд. техн. наук: спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / Фадеев И.В. – М., 2010. – 19 с.
7. Зырянов Н.В. Определение динамических нагрузений на ресурс карьерных автосамосвалов : автореф. дис. на соиск. науч. степ. канд. техн. наук: спец. 05.05.06 «Горные машины» / Зырянов Н.В. – Санкт-Петербург, 1995. – 19 с.
8. Расчеты и испытания на прочность. Методы схематизации случайных процессов нагружения элементов машин и конструкций и статического представления результатов: ГОСТ 25.101 – 83. – Введ. 01.07.1984. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 14 с.
9. Епифанов С. В. Модернизация метода «дождя» для мониторинга выработки ресурса основных деталей ГДТ / С.В. Епифанов, Н.А. Ринг, И.Л. Гликсон, С.И. Шанькин // Авиационно-космическая техника и технология. – 2013. – № 9 (106). – С. 173 – 176.
10. Васильев А.В. Оценка нагруженности и прогнозирование остаточного ресурса вагонов-транспортёров : автореф. дис. на соиск. науч. степ. канд. техн. наук: спец. 05.22.07 «Подвижный состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» / Васильев А.В. – Санкт-Петербург, 2005. – 24 с.
11. Зайниддинов Н.С. Оценка остаточного ресурса рам тележек тепловозов : автореф. дис. на соиск. науч. степ. канд. техн. наук: спец. 05.22.07 «Подвижный состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» / Зайниддинов Н.С. – Санкт-Петербург, 2010. – 16 с.
12. Архипов В.А. Разработка методов оценки ресурса автомобильных агрегатов при добровольной сертификации услуг при их ремонте: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта»/ Архипов В.А. – Тюмень, 2003. – 140 с.

Рубан Дмитро Петрович – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет.

Рубан Ганна Яківна – викладач-методист циклової комісії фундаментальних дисциплін, Черкаський державний бізнес-коледж.