

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОБУСІВ

¹Черкаський державний технологічний університет;

²Черкаський державний бізнес-коледж

Проведено аналіз досліджень з визначення 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 експлуатації.

Ключові слова: автобус, експлуатація, методи дослідження, витрати на експлуатацію.

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. Зі 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 заплановано поступове оновлення автобусного парку та оптимізація перевезень. Однак перевізники не завжди йдуть на закупівлю нових автобусів, пояснюючи це високою вартістю та тривалим терміном окупності (близько 5 років, а то й більше). Крім того, строк дії отриманих тендерів на перевезення пасажирів не перевищує 5 років. І як наслідок — автобусний парк практично не оновлюється, відповідно старішає, 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 автоперевізників, які 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 закупають 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 під час перевезення пасажирів у разі максимального завантаження, руху в гірській місцевості, підвищених швидкостей тощо. А такі поломки часто можуть коштувати людського життя.

Метою статті є аналіз існуючих досліджень з визначення термінів експлуатації автобусів та розробка рекомендацій щодо їх вдосконалення для прогнозу ресурсу автобусів громадського транспорту.

Результати дослідження

У роботі [3] запропоновані стратегії списання міських автобусів із застосуванням методу динамічного програмування і рівняння Беллмана. За критерії оптимальності використані або прибуток від експлуатації автобусів, або сумарні витрати на їх функціонування. Однак цього недостатньо

для виявлення ресурсу автобуса.

Методика визначення ресурсу автобусів зарубіжного виробництва, які вже з пробігом почали експлуатуватися в РФ, запропонована А. М. Іголкіним [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 подано як цільову функцію

$$P_{уд(L)} = D_{уд(L)} - C_{уд(L)} - H > 0, \quad (1)$$

де $P_{уд(L)}$ — чистий питомий прибуток, отриманий пасажирським автотранспортним підприємством за певний час; $D_{уд(L)}$ — дохід від реалізації послуг з перевезення пасажирів, $C_{уд(L)}$ — питомі поточні експлуатаційні затрати в процесі роботи пасажирського автотранспортного підприємства; H — питомі затрати, пов'язані з оплатою податків.

Однак, методика А. М. Іголкіна [4] не передбачає визначення раціональних термінів експлуатації, що могло б обґрунтувати доцільність закупівлі автобусів з тим чи іншим пробігом та зменшити подальші витрати на експлуатацію.

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

$$q = \left\{ \begin{aligned} & \Pi_n e^{-(aT_{приобр} + aL_{приобр})} \left[1 - e^{-\Delta T(a+b \cdot L_{год})} \right] + 3_{пост.год} \cdot \Delta T + \\ & + \sum_{i=1}^n \frac{3_{ТОi} L_{год} \Delta T}{L_{ТОi}} + 3_{рем.ава} + N_{pm} L_{год} \Pi_m \Delta T \end{aligned} \right\} / (L_{год} \Delta T), \quad (2)$$

де Π_n — вартість нового автомобіля; $T_{приобр}$ — вік автомобіля з початку експлуатації на момент покупки; $L_{приобр}$ — пробіг автомобіля з початку експлуатації на момент покупки; ΔT — тривалість експлуатації автомобіля у рамках системи «автомобіль–власник»; $L_{год}$ — середній річний пробіг автомобіля; $3_{пост.год}$ — постійні річні витрати по допуску автомобілів на дороги загального використання; $3_{ТОi}$ — затрати на технічне обслуговування одного автомобіля i -го виду; N_{pm} — норма витрати пального автомобілем; $L_{ТОi}$ — періодичність технічного обслуговування i -го виду; $3_{рем.ава}$ — затрати на ремонт автомобіля в межах системи «автомобіль–власник»; Π_m — вартість пального.

Величину $\Pi_{оэ}$ пропонується визначити за формулою

$$\Pi_{оэ} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} 3_{тор} dt}{(\Pi_n - \Delta \Pi)}, \quad (3)$$

де $3_{тор}$ — витрати на технічне обслуговування та ремонт автомобілів; t_1 — вік автомобіля, що закуповується; t_2 — вік автомобіля, що продається; $\Delta \Pi$ — зміна вартості автомобіля за час експлуатації.

Таким чином, методика [5] враховує економічну складову експлуатації автомобілів, яку можна застосувати і для міських автобусів. Однак для оцінки раціональних термінів експлуатації автобусів доцільно також враховувати ресурс кузова, силової установки та інших агрегатів.

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 ще 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 І. В. Фадєєвим рівняння регресії доповнено рівнянням, що враховує корозійне зношування [6]

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

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

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

І. В. Фадєєв в [6] основну увагу приділяє корозійній стійкості кузовів, але при цьому доцільно було б врахувати втомну міцність.

Експлуатація автобусів, особливо за перевантажень пасажирами та за низької якості вітчизняних доріг, супроводжується значними динамічними навантаженнями, тому слід звернути увагу на роботу М. В. Зирянова [7]. Як сказано в роботі [7] головною причиною виходу з ладу несучих металоконструкцій і шин автомобілів є втомне руйнування. Довговічність цих складових визначається за критерієм втомної міцності, де основними характеристиками є несуча здатність конструкцій, величина навантажень (напружень) і число циклів навантажень. Циклічність роботи характерна також для міських пасажирських перевезень. За порівняльний критерій для металоконструкцій 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 -го напруження; N — кількість циклів i -го напруження; m — параметр кривої втомлюваності, що характеризує її кут нахилу.

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

Аналогію з прогнозування ресурсу кузовів автобусів можна провести з вагонами — транспортерами [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 за критерієм багатоциклічної 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 за базового числа циклів; $[n]$ — допустимий коефіцієнт запасу опору втомлюваності; m — показник ступеня 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, зведена до базового числа циклів, еквівалентна пошкоджувальній дії в реальному режимі експлуатаційних випадкових напружень за розрахунковий термін експлуатації; σ_{aj}^I — амплітуди динамічних напружень в j діапазонах ударних поздовжніх 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 за відповідних навантажень ($i = I, II, III$).

Н. С. Зайниддінов [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 скінченних елементів для розв'язання задач деформованого твердого тіла. Побудова скінченно-елементної моделі та імітаційне моделювання рами проводилось в програмному пакеті Solid Works.

В. А. Архиповим [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 у деяких моделях міських автобусів «Богдан» спостерігаються передчасні виходи з ладу головних передач. Тому такі дослідження можуть бути корисними в прогнозуванні ресурсу і задніх мостів автобусів.

Висновки

В результаті проведеного аналізу досліджень з визначення термінів експлуатації автобусів встановлено, що для визначення переважно 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.

Водночас 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 втомну міцність.

Автобусні пасажирські перевезення, особливо міські, супроводжуються також циклічними завантаженнями/розвантаженнями і, як правило, перевантаженнями, що є характерним для перевізників нашої держави для збільшення прибутку. Тому під час прогнозування термінів експлуатації міських автобусів доцільно на перше місце ставити ресурс їх кузовів та рам (за наявності).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року: за станом на 20 жовтня 2010 р. : офіц. вид. / Кабінет Міністрів України. — К. : Парлам. вид-во, 2010. — 38 с. — (Бібліотека офіційних видань).
2. Майже 60 % пасажирських автобусів в Україні смертельно небезпечні [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://tsn.ua/ukrayina/mayzhe-60-pasazhirskih-avtobusiv-v-ukrayini-smertelno-nebezpechni-289385.html>.
3. Аринин И. Н. Оптимизация срока службы городских автобусов мегаполиса / И. Н. Аринин, В. Н. Прохоров // Известия вузов. — 2007. — № 4. — С. 40—46.
4. Иголкин А. Н. Определение ресурса городских автобусов: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук : спец. 05.22.10 Эксплуатация автомобильного транспорта / А. Н. Иголкин. — 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 / С. М. Якунин. — 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 / И. В. Фадеев. — М., 2010. — 19 с.
7. Зырянов Н. В. Определение динамических нагружений на ресурс карьерных автосамосвалов : автореф. дис. на соиск. ученой степени канд. техн. наук : спец. 05.05.06 Горные машины / Н. В. Зырянов. — 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. ученой степени канд. техн. наук : спец. 05.22.07 Подвижный состав железных дорог, тяга поездов и электрификация / А. В. Васильев. — Санкт-Петербург, 2005. — 24 с.

11. Зайниддинов Н. С. Оценка остаточного ресурса рам тележек тепловозов : автореф. дис. на соиск. ученой степени канд. техн. наук : спец. 05.22.07 Подвижный состав железных дорог, тяга поездов и электрификация / Н. С. Зайниддинов. — 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: спец. 05.22.10 Эксплуатация автомобильного транспорта / В. А. Архипов. — Тюмень, 2003. — 140 с.

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 13.05.2016

Рубан Дмитро Петрович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, e-mail: ruban_dimon@mail.ru.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси;

Рубан Ганна Яківна — викладач-методист циклової комісії фундаментальних дисциплін, e-mail: ganna-gaivoronsk@mail.ru.

Черкаський державний бізнес-коледж, Черкаси

D. P. Ruban¹
H. Ya. Ruban²

Research on Determination of Terms of Exploitation of Busses

¹Cherkasy State Technological University;

²Cherkasy State Business-College

There has been conducted the analysis of existent researches on determination of terms of exploitation of busses. There have been found out the features of application of calculable-statistical methods of prognostication of resource of busses. The prognostication of resource of busses depending on office hours is possible due to actual operating conditions on the basis of existent methods.

Keywords: bus, exploitation, methods of research, expense on exploitation.

Ruban Dmytro P. — Cand. Sc (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Cars and Technologies of their Exploitation, e-mail: ruban_dimon@mail.ru;

Ruban Hanna Ya. — Teacher-Methodist of Sequencing Commission of Fundamental Disciplines, e-mail: ganna-gaivoronsk@mail.ru

Д. П. Рубан¹
А. Я. Рубан²

Анализ исследований по определению сроков эксплуатации автобусов

¹Черкасский государственный технологический университет;

²Черкасский государственный бизнес-коледж

Проведен анализ существующих исследований по определению сроков эксплуатации автобусов. Обнаружены особенности применения вычислительно-статистических методов прогнозирования ресурса автобусов. В зависимости от условий эксплуатации на основе существующих методов возможно прогнозирование ресурса автобусов в зависимости от режимов работы.

Ключевые слова: автобус, эксплуатация, методы исследования, затраты на эксплуатацию.

Рубан Дмитрий Петрович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автомобилей и технологий их эксплуатации, e-mail: ruban_dimon@mail.ru;

Рубан Анна Яковлевна — преподаватель-методист цикловой комиссии фундаментальных дисциплин, e-mail: ganna-gaivoronsk@mail.ru