

# ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

УДК 656.132-049.7

В. О. ХАВРУК<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Технічна експлуатація автомобілів та автосервіс», Національний транспортний університет, вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 1, Київ, Україна, 01010, тел. +38 (095) 018 71 90, ел. пошта khavruk@gmail.com, ORCID 0000-0002-4686-4109

## Оцінка резервів підвищення ефективності використання рухомого складу автотранспортного підприємства

**Мета.** У роботі передбачено розглянути та проаналізувати складові цільової функції зменшення витрат на експлуатацію й обслуговування автотранспортних засобів (автобусів), а також визначити оптимальну періодичність планових ремонтів. **Методика.** Дослідження виконано з використанням таких загальнонаукових методів: аналіз і синтез, абстрагування й конкретизація, індукція й дедукція, системний аналіз. **Результати.** Для оцінки резервів підвищення ефективності рухомого складу наведено цільову функцію мінімізації витрат (втрат) під час експлуатації автотранспортних засобів на прикладі автобусів, яка містить дві укрупнені складові витрати – на планові заходи після технічного обслуговування й ресурси на ліквідацію наслідків позапланових ремонтів, включаючи збитки викликані ними. Наведено експоненціальні залежності кількості позапланових ремонтів за календарний рік експлуатації автотранспортних засобів, отриманої в результаті обробки масиву статистичних даних по підприємству. З'ясовано, що одним із напрямів підвищення ефективності використання рухомого складу автотранспортного підприємства є зменшення простоїв через поточні позапланові ремонти, для цього запропоновано виконувати планові ремонти кожної одиниці автотранспорту. Для конкретного автотранспортного підприємства наведено графічну залежність кількості позапланових ремонтів від величини автобусів їх міжремонтного пробігу. Виконано розрахунки складових цільової функції підвищення ефективності використання автобусів, графічним способом визначено оптимальний міжремонтний пробіг для проведення планових ремонтів протягом календарного року. Обґрунтовано економічну складову підвищення ефективності використання рухомого складу автотранспортного підприємства – недоотримання доходу від невиконаної транспортної роботи, яка характеризується середньою завантаженістю автотранспортних засобів. На прикладі автобусів встановлено, що середня завантаженість прямо пропорційна чисельності перевезених пасажирів і обернено пропорційна величині пробігу по маршруту. **Наукова новизна.** Ґрунтовно проаналізовано складові цільової функції мінімізації сумарних витрат на планові заходи після технічних обслуговувань і на ресурси позапланових ремонтів, що містять і втрати (збитки) від простою. **Практична значимість.** Результати дослідження можуть бути використані автотранспортними підприємствами для визначення оптимальних міжремонтних пробігів. Виконання планових ремонтів кожного автотранспортного засобу дасть змогу зменшити втрати від простою і підвищити ефективність його використання в цілому.

*Ключові слова:* автобус; автотранспортне підприємство; автотранспортний засіб; міжремонтний пробіг; ремонт; технічне обслуговування

### Вступ

Ефективність використання автотранспортних засобів (АТЗ) характеризується обсягами виконаної транспортної роботи, а для цього необхідно підвищувати технічну готовність рухомого складу – своєчасно виконувати всі передбачені регламентні технічні обслуговування

(ТО) й ремонти. Але практика технічної експлуатації АТЗ свідчить, що існують істотні коливання значень їх основних техніко-експлуатаційних характеристик і кількості позапланових ремонтів в автотранспортних підприємствах (АТП).

## ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Оскільки умови експлуатації кожного конкретного АТЗ не відповідають умовам, узятим як середні по автотранспортному підприємству, а також зважаючи на постійну зміну умов експлуатації, виникає необхідність своєчасного коригування розрахованих значень пробігів до планових технічних обслуговувань або ремонтів. А тому, наявна стратегія й програма ТО й ремонту автотранспорту, яка базується на планово-запобіжних заходах, потребує вдосконалень щодо індивідуалізації контролю експлуатаційних характеристик АТЗ.

Урахування умов експлуатації під час планування ремонту АТЗ й оптимізації міжремонтного пробігу розглядали у своїх роботах: Ф. М. Авдонькін, І. М. Аринін, М. М. Болбас, А. П. Болдін, В. А. Бондаренко, В. П. Воронов, І. Б. Гурвіч, І. Є. Дюмін, О. П. Дунаєв, М. С. Захаров, Б. С. Клейнер, Є. С. Кузнецов, Б. Д. Прудовський, Л. Г. Резнік, А. М. Сергєєв, Р. Х. Хасанов.

Недоліком зазначених робіт є те, що основна їхня частина присвячена розрахункам оптимального пробігу АТЗ між ремонтами або оптимізації циклічності проведення тих чи інших видів робіт (ТО, ремонтів), при цьому під оптимізацією розуміють коригувальний розрахунок пробігу з урахуванням місцевих умов експлуатації, тоді як самі ці умови беруть детермінованими й постійними величинами. Більш точні розрахунки не здійснювали через відсутність технічних засобів і складність методів урахування цих факторів.

Дослідження проблеми підвищення ефективності використання рухомого складу автотранспортних підприємств проводить у таких основних напрямках:

1) визначення строків раціонального використання рухомого складу [1];

2) аналіз та оптимізація маршрутів виконання транспортної роботи [2];

3) аналіз економічних показників розвитку АТП, основними з яких є ефективність і рентабельність, при цьому собівартість транспортних послуг розглядають на основі витрат за статтями калькуляції [3–5];

4) оцінка й вибір оптимального рухомого складу [6];

5) пошук шляхів зменшення витрат на експлуатаційні матеріали й запасні частини [7, 8];

6) аналіз вимог споживачів до автотранспортних послуг [9];

7) застосування сучасних інформаційно-комунікаційних технологій [10].

### Мета

У роботі передбачено розглянути та проаналізувати складові цільової функції зменшення витрат на експлуатацію й обслуговування АТЗ (автобусів), а також визначити оптимальну періодичність планових ремонтів.

### Методика

Зменшенню або збільшенню коефіцієнта відмов автобусів, значення якого розраховують на основі функціонування моделі впливу експлуатаційних характеристик на статистику відмов рухомого складу, відповідає зміщення середнього напрацювання на відмову  $L_{сер}$  на деяке значення  $\Delta L_{сер}$ . Контроль величини коефіцієнта відмов кожного окремого АТЗ дозволить коригувати міжремонтний пробіг індивідуально для нього. Такий підхід дозволяє сформулювати цільову функцію підвищення ефективності використання АТЗ автотранспортного підприємства й отримати скориговане значення періоду обслуговування  $L_P$ :

$$[Z_{ГР} + R] \rightarrow \text{MIN}, \quad (1)$$

де  $Z_{ГР}$  – витрати на планові заходи після технічного обслуговування АТЗ;  $R$  – ресурси, що задіяні на ліквідацію наслідків позапланових ремонтів, включаючи збитки, які викликані ними.

Кількість позапланових ремонтів, яка припадає на один цикл проведення відновлювальних операцій обсягом ПР–1 ( $N_{НРi}$ ), є функцією від умов експлуатації й міжремонтного пробігу ( $L_P$ ). Відомо, що збільшення  $L_P$  призведе до збільшення  $Z_{ГР}$  і зменшення  $R$ .

Витрати на утримання й експлуатацію АТЗ містять витрати на виконання планових видів ремонту і виконання обслуговування в обсягах ТО–1, ТО–2, ТО–3. Середню вартість планових ремонтів визначають зведенням сумарних витрат на виконання всіх видів ремонту до наведеної за період ПР–1:

## ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

$$\begin{aligned}
Z_{\Pi} = & \frac{L_{\text{зар}}}{L_{\text{ТО-1}}} \cdot Z_{\text{ТО-1}} + \frac{L_{\text{зар}}}{L_{\text{ТО-2}}} \cdot Z_{\text{ТО-2}} + \\
& + \frac{L_{\text{зар}}}{L_{\text{ТО-3}}} \cdot Z_{\text{ТО-3}} + \frac{L_{\text{зар}}}{L_{\text{ПР-1}}} \cdot Z_{\text{ПР-1}} + \frac{L_{\text{зар}}}{L_{\text{ПР-2}}} \cdot Z_{\text{ПР-2}} + \\
& + \frac{L_{\text{зар}}}{L_{\text{ПР-3}}} \cdot Z_{\text{ПР-3}} + \frac{L_{\text{зар}}}{L_{\text{СР}}} \cdot Z_{\text{СР}}, \quad (2)
\end{aligned}$$

де  $Z_{\Pi}$  – загальні витрати на проведенні планових заходів із відновлення ресурсу АТЗ;  $L_{\text{зар}}$  – загальний пробіг АТЗ за увесь період експлуатації;  $L_{\text{ТО-1}}, L_{\text{ТО-2}}, L_{\text{ТО-3}}, L_{\text{ПР-1}}, L_{\text{ПР-2}}, L_{\text{ПР-3}}, L_{\text{СР}}$  – пробіг між відповідними видами відновлювальних робіт;  $Z_{\text{ТО-1}}$  – витрати на проведення робіт, регламентованих нормами на ТО-1;  $Z_{\text{ТО-2}}, Z_{\text{ТО-3}}, Z_{\text{ПР-1}}, Z_{\text{ПР-2}}, Z_{\text{ПР-3}}, Z_{\text{СР}}$  – додаткові витрати на відповідні види відновлювальних робіт.

Для розрахунку значення  $Z_{\Pi}$  за рік використовуємо формулу:

$$\begin{aligned}
Z_{\Pi} = & N_{\text{ТО-1}} \cdot Z_{\text{ТО-1}} + N_{\text{ТО-2}} \cdot Z_{\text{ТО-2}} + \\
& + N_{\text{ТО-3}} \cdot Z_{\text{ТО-3}} + N_{\text{ПР-1}} \cdot Z_{\text{ПР-1}} + \\
& + N_{\text{ПР-2}} \cdot Z_{\text{ПР-2}} + N_{\text{ПР-3}} \cdot Z_{\text{ПР-3}} + N_{\text{СР}} \cdot Z_{\text{СР}}, \quad (3)
\end{aligned}$$

де  $N_{\text{ТО-1}}, N_{\text{ТО-2}}, N_{\text{ТО-3}}, N_{\text{ПР-1}}, N_{\text{ПР-2}}, N_{\text{ПР-3}}, N_{\text{СР}}$  – кількість виконаних відповідних видів відновлювальних робіт.

Узявши вартість планового ремонту як витрати, які припадають на опорний пробіг  $L_P$ , запишемо:

$$Z_{\text{ПР}} = \frac{Z_{\Pi}}{L_{\text{зар}}} \cdot L_P, \quad (4)$$

де  $L_P$  – опорний пробіг, узятий рівним 60 тис. км, що відповідає значенню пробігу АТЗ до ПР-1.

Виразимо витрати на усунення наслідків відмов АТЗ, спираючись на формулу для розрахунку сумарних витрат на відновлення ресурсу АТЗ, як:

$$R = Z_{\Sigma\text{НР}} + Z_{\Sigma\text{Е}} + Z_{\Sigma\text{БР}}, \quad (5)$$

де  $Z_{\Sigma\text{НР}}$  – витрати на виконання позапланових ремонтів;  $Z_{\Sigma\text{Е}}$  – втрати від затримки руху автобусів;  $Z_{\Sigma\text{БР}}$  – збитки, пов'язані з порушенням безпеки руху.

Витрати на усунення позапланових ремонтів можна представити у вигляді формули:

$$Z_{\Sigma\text{НР}} = N_{\text{НР}} \cdot (Z_{\text{НР}} + T_{\text{НР}} \cdot S), \quad (6)$$

де  $N_{\text{НР}}$  – кількість позапланових ремонтів за розглянутий період;  $Z_{\text{НР}}$  – середня величина витрат, пов'язаних із виконанням позапланових ремонтів;  $T_{\text{НР}}$  – середній час незадіяного АТЗ в основній діяльності автопарку;  $S$  – величина втрат унаслідок незадіяних АТЗ в основній діяльності автопарку.

Величини, що входять до формули (6), можна виразити, спираючись на графік станів АТЗ. Величину  $S$  можна оцінити як неотриманий дохід, для автобусів – це дохід від перевезення пасажирів. Середню кількість пасажирів, яку перевозить один АТЗ, фіксуємо у вигляді середньої завантаженості  $H_{\text{АТЗ}}$ . Враховуючи, що  $(Ml)_{\text{ПАС}} = Nl \cdot m_{\text{пас.сер.}}$ ,  $Al = A \cdot l_{\text{СЕР}}^{\text{ПАС}}$ , запишемо:

$$H_{\text{АТЗ}} = \frac{A \cdot l_{\text{СЕР}}^{\text{ПАС}}}{Nl \cdot m_{\text{пас.сер.}}}, \quad (7)$$

де  $A$  – загальний обсяг перевезених пасажирів;  $l_{\text{СЕР}}^{\text{ПАС}}$  – середня дальність поїздки пасажирів;  $Nl$  – пробіг АТЗ;  $m_{\text{пас.сер.}}$  – значення середньої маси пасажирів (беремо 70 кг).

Із формули (7) отримаємо:

$$Nl = \frac{A \cdot l_{\text{СЕР}}^{\text{ПАС}}}{H_{\text{АТЗ}} \cdot m_{\text{пас.сер.}}}. \quad (8)$$

Швидкість на ділянці руху АТЗ розраховуємо як:

$$V_{\text{діл.}} = \frac{Nl}{Nt}, \quad (9)$$

де  $V_{\text{діл.}}$  – швидкість на ділянці маршруту;  $Nt$  – час перебування автобусів на лінії.

Підставимо значення  $Nl$  із формули (8) для визначення чисельності неперевезених пасажирів за час простою АТЗ:

$$A(Nt) = \frac{Nt \cdot V_{\text{діл.}} \cdot H_{\text{АТЗ}} \cdot m_{\text{пас.сер.}}}{l_{\text{СЕР}}^{\text{ПАС}}}, \quad (10)$$

де  $A(Nt)$  – функція залежності чисельності неперевезених пасажирів за час  $Nt$ .

Позначимо вартість проїзду в автобусі на певному маршруті через  $C_{\text{ПР}}$ , тоді неотриманий прибуток у результаті простою АТЗ упродовж часу  $\Delta t$  становить:

## ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

$$E_{\text{д.в.}}(\Delta t) = \frac{C_{\text{ПР}}}{m_{\text{пас.сер.}}} = \frac{C_{\text{ПР}} \cdot \Delta t \cdot V_{\text{д.л.}} \cdot H_{\text{АТЗ}}}{l_{\text{СЕР.}}^{\text{ПАС}}}, \quad (11)$$

де  $C_{\text{ПР}}$  – вартість проїзду в автобусі на певному маршруті.

Для визначення  $S$  виразимо значення  $E_{\text{д.в.}}$  упродовж однієї години ( $\Delta t = 1$  год) як опорну величину, тоді отримаємо:

$$S = \frac{C_{\text{ПР}} \cdot V_{\text{д.л.}} \cdot H_{\text{АТЗ}}}{l_{\text{СЕР.}}^{\text{ПАС}}} - E_E \cdot C_E, \quad (12)$$

де  $E_E$  – економія витрати палива на рух АТЗ в разі його простою;  $C_E$  – вартість палива.

Втрати від затримки руху автобусів:

$$Z_{\Sigma E} = N_{\text{НР}} \cdot T_{\text{ЗД}} \cdot (m_{\text{пас}} \cdot S), \quad (13)$$

де  $T_{\text{ЗД}}$  – середній час затримки руху АТЗ на маршруті в результаті відмови АТЗ.

Втрати, пов'язані з порушенням безпеки руху, розраховуємо за формулою:

$$Z_{\Sigma \text{БД}} = p_{\text{БД}} \cdot Z_{\text{БД}}, \quad (14)$$

де  $p_{\text{БД}}$  – ймовірність порушення безпеки руху внаслідок відмови автобуса автопарку;  $Z_{\text{БД}}$  – витрати, пов'язані з ліквідацією наслідків порушення правил безпечного руху.

Визначимо  $p_{\text{БД}}$  як відношення кількості серйозних інцидентів до загальної кількості позапланових ремонтів:

$$p_{\text{БД}} = \frac{n_{\text{ін}}}{N_{\text{НР}}}, \quad (15)$$

де  $n_{\text{ін}}$  – кількість серйозних інцидентів.

Підставивши у формулу (1) отримані формули (2)–(15), в остаточному вигляді можемо отримати цільову функцію зменшення витрат на експлуатацію й обслуговування АТЗ (автобусів):

$$\left( \frac{Z_{\text{П}}}{L_{\text{зар}}} \cdot L_{\text{р}} \right) + \left[ N_{\text{НР}} \cdot (Z_{\text{НР}} + T_{\text{НР}} \cdot \frac{C_{\text{ПР}} \cdot V_{\text{д.л.}} \cdot H_{\text{АТЗ}}}{l_{\text{СЕР.}}^{\text{ПАС}}}) \right] + \left( N_{\text{НР}} \cdot T_{\text{ЗР}} \cdot \left( m_{\text{пас.сер.}} \cdot \left( \frac{C_{\text{ПР}} \cdot V_{\text{д.л.}} \cdot H_{\text{АТЗ}}}{l_{\text{СЕР.}}^{\text{ПАС}}} \right) \right) \right) + \left( \frac{n_{\text{ін}}}{N_{\text{НР}}} \cdot Z_{\text{БД}} \right) \rightarrow \text{MIN}. \quad (16)$$

Використання функції у вигляді (16) дозволяє за зафіксованими умовами експлуатації (експлуатаційними характеристиками), розрахувати оптимальний період ремонту (ПР–1) для кожного окремого АТЗ автопарку. Підставивши у формулу (16) середні значення експлуатаційних характеристик усього парку автотранспортних засобів упродовж року, отримаємо оцінку середнього значення його оптимального міжремонтного пробігу. Це дозволяє оцінити економічну ефективність запропонованого удосконалення на будь-який період із відомими значеннями експлуатаційних характеристик.

Оцінку ефективності впровадження розроблених методів контролю експлуатаційних характеристик АТЗ можна отримати, якщо припустити постійність експлуатаційних характеристик для усіх автобусів АТП і, відповідно, однакове значення параметрів розподілу ймовірності їх відмови. Необхідно зауважити, що оскільки на практиці експлуатаційні характеристики АТЗ відрізняються, реальний ефект від контролю фактичного навантаження на автобуси буде більший за розрахунковий.

## Результати

Аналіз причин позапланових заходів в АТП–14630 (м. Львів) показує, що за 2021 рік значення  $T_{\text{ЗР}} \approx 0,11$  год, а  $T_{\text{НВ}} \approx 2$  год, але оскільки в разі відмови АТЗ з лінії знімають, то  $T_{\text{НВ}} \approx 0,11 \cdot m_{\text{пас.сер.}}$ . Значення  $C_{\text{ПЕР}}$  становить 26 грн. Візьмемо, що для усіх автобусів, згідно з даними, які фіксують на основі спостережень,  $V_{\text{д.л.}} = 21,4$  км/год;  $H_{\text{АТЗ}} = 68,97$  люд.;  $l_{\text{СЕР.}}^{\text{ПАС}} = 5,67$  км.

Для оцінки можливості підвищення ефективності використання АТЗ розрахуємо оптимальне значення  $L_{\text{р}}$ , за якого загальні витрати будуть мінімальні  $[Z_{\text{ПР}} + R] \rightarrow \text{MIN}$ . Для розв'язання задачі графічним способом розрахуємо значення витрат за різних значень міжремонтного пробігу  $L_{\text{р}}$  (табл. 1).

Умовну кількість виконаних планових ремонтів визначаємо за формулою:

$$N_{\text{ПР}} = \frac{L_{\text{зар}}^{2021}}{L_{\text{р}}}, \quad (17)$$

де  $L_{\text{р}}$  – міжремонтний пробіг;  $L_{\text{зар}}^{2021}$  – загальний пробіг рухомого складу за 2021 рік.

## ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Значення кількості позапланових ремонтів за розглянутий період ( $N_{НР}$ ) обчислено з використанням рівнянь для функцій розподілу випадкових (18) і поступових (19) відмов АТЗ, які було додатково отримано на основі обробки статистичних даних (звітів щодо виконання непланових ремонтів АТЗ):

$$\omega_e(l) = -9,9774 + e^{(3,76238 - 0,02887 \cdot l)} \quad (18)$$

$$\omega_n(l) = -32,464 + e^{(3,32326 + 0,014379 \cdot l)} \quad (19)$$

Графічна залежність кількості позапланових ремонтів АТЗ від міжремонтних пробігів представлено на рис. 1.

Таблиця 1

## Витрати на експлуатацію АТЗ за 2021 р. (тис. грн)

Table 1

## Expenditures for the operation of motor vehicles for 2021 (thousand UAH)

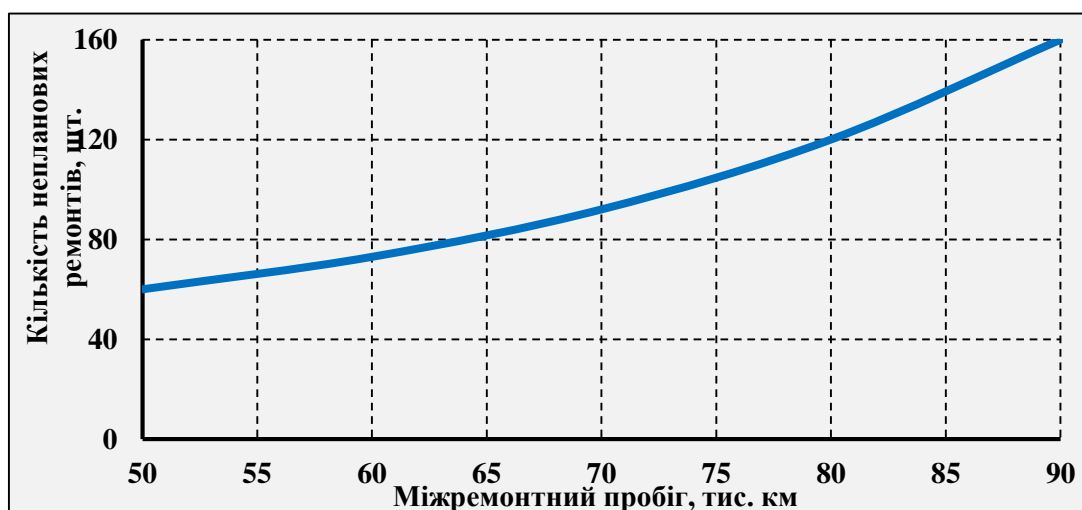
Показник	Пробіг автотранспортних засобів ( $L_P$ ), тис. км							
	50	60	65	70	75	80	85	90
$N_{НР}$	627,5	522,9	482,7	448,2	418,3	392,2	369,1	348,6
$N_{НР}$	54,0	73,0	84,0	94,0	108,0	122,0	140,0	157,0
$Z_{П}$	1 202,5	835,4	694,2	573,2	468,3	376,5	295,6	223,6
$R$	328,6	444,2	511,1	572,0	657,2	742,4	851,9	955,4
$Z_{П} + R$	1 531,1	1 279,6	1 205,3	1 145,2	1 125,5	1 118,9	1 147,5	1 179,0

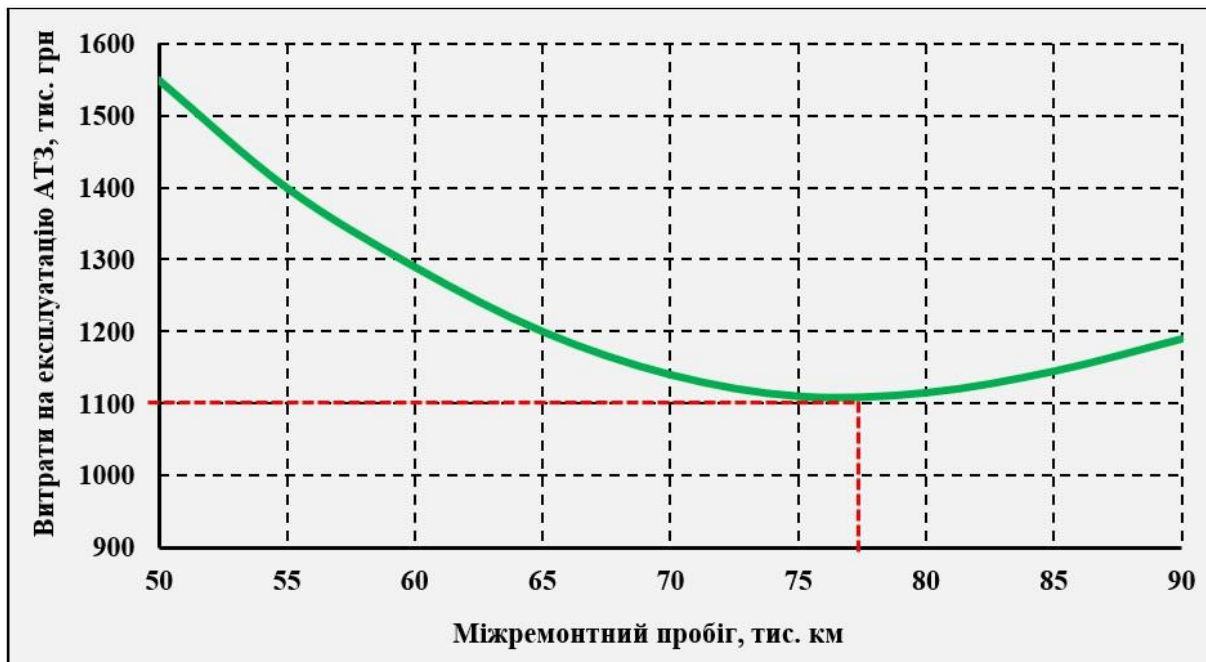
Величину  $Z_{П}$  можна знайти за формулою:

$$Z_{П} = Z_{ПР} \cdot \frac{L_{зар}}{L_P} \quad (20)$$

Величину ресурсів, які витрачають на ліквідацію наслідків позапланових заходів у цехах автопарку  $R$ , знаходимо з формули (5).

Різниця витрат, отриманих за (17) і (20), становить  $L_P = 60\ 000$  км за оптимального значення  $L_P$  і дає можливість оцінити розміри невикористаної економії ресурсів. Аналіз результатів розрахунків показує, що мінімальне значення витрат  $[Z_{ПР} + R]$  станом на 2021 рік буде в разі значення  $L_P = 77\ 500$  км (рис. 2). Невикористана економія при експлуатації всього парку АТЗ становитиме 83 400 грн на рік.

Рис. 1. Залежність кількості непланових ремонтів ( $N_{НР}$ ) від міжремонтного пробігу ( $L_P$ )Fig. 1. Dependence of the number of unplanned repairs ( $N_{NR}$ ) on the interval between repairs ( $L_R$ )

Рис. 2. Залежність загальних витрат на обслуговування АТЗ від міжремонтного пробігу ( $L_p$ )Fig. 2. Dependence of the total costs for the maintenance of motor vehicles on the mileage between repairs ( $L_R$ )

### Наукова новизна та практична значимість

З'ясовано цільову функцію підвищення ефективності використання АТЗ в АТП, яка відображає мінімум сумарних витрат на планові заходи після ТО і на ресурси позапланових ремонтів, включаючи і втрати (збитки) від простою.

На основі наведених формул встановлено, що:

1) витрати на планові заходи технічного обслуговування АТЗ – зведений показник, який залежить від співвідношення опорного й загального пробігів;

2) витрати на усунення наслідків відмов АТЗ – комплексний показник, який, крім витрат на виконання позапланових ремонтів, також містить інші складові – втрати від затримки руху автобусів і збитки, пов'язані з порушенням безпеки руху (формула 6);

3) витрати на усунення позапланових ремонтів, крім технічної складової – їх вартості, містить економічну складову – втрати від простою АТЗ (недоотримання коштів від невиконаної транспортної роботи);

4) середня завантаженість АТЗ на прикладі автобусів прямо пропорційна чисельності пере-

везених пасажирів і обернено пропорційна пробігу АТЗ;

5) величина втрат, що полягає в недоотриманні доходу від непереверених пасажирів за час простою АТЗ, прямо пропорційна чисельності непереверених пасажирів і швидкості на ділянці руху.

Втрати, пов'язані з порушенням безпеки дорожнього руху, запропоновано визначати з використанням показника ймовірності порушення безпеки руху внаслідок відмови автобуса конкретного АТП. У свою чергу ймовірність порушення безпеки руху можна визначити як відношення серйозних інцидентів до загальної кількості позапланових ремонтів (формула 15). Серйозність інцидентів – наслідків дорожньо-транспортних пригод – встановлюють безпосередньо дорожня поліція і страхові компанії.

З'ясовано, що величина втрат унаслідок незадіяних АТЗ (автобуси) в основній діяльності АТП залежить від співвідношення вартості проїзду в автобусі й рівня цін на паливно-мастильні матеріали.

Для АТП–14630 (м. Львів) на основі статистичних даних за 2021 р. побудовано залежність кількості позапланових ремонтів від пробігу (рис. 1). Графічним методом визначено, що мінімальні сумарні річні витрати (1,1 млн грн) на

## ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

експлуатацію наявного парку АТЗ будуть досягнуті в разі виконання планових ремонтів через кожні  $L_p = 77\,500$  км (рис. 2). Але необхідно вказати, що це значення міжремонтного пробігу актуальне для статистичних даних роботи АТП протягом 2021 року.

## Висновки

Таким чином для АТП, наприклад, автобусного, доцільно застосовувати планово-попереджувальну систему ремонтів (ППСР), що зумовлено збільшенням кількості випадкових поломок протягом міжремонтних пробігів (рис. 1). ППСР, крім регламентних ТО, також передбачає проведення запланованих ремонтів. При цьому основна проблема – це визначення періодичності планових ремонтів, адже необхідно знайти таку оптимальну періодичність за якої простої АТЗ не будуть знижувати ефекти-

вність їх використання й отримання доходу від транспортної роботи.

Оцінку резервів підвищення ефективності використання рухомого складу автотранспортного підприємства можна здійснювати на основі розрахунків усіх складових представленої цільової функції (формула 16), за якою знаходять мінімальне значення загальних експлуатаційних річних витрат парку АТЗ. Для виконання всіх наведених вище розрахунків необхідно впроваджувати контроль експлуатаційних характеристик АТЗ (наприклад, GPS-трекери), що дає можливість передбачати кількість позапланових ремонтів у вигляді значення очікуваної статистики відмов АТЗ. Постійний контроль величини дозволяє коригувати терміни планових ремонтів для кожного АТЗ відповідно до його експлуатаційних характеристик.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Буряк П. Д., Пархомчук О. В., Буряк Є. П. Удосконалення системи ремонту автомобільної техніки національної гвардії України. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. 2021. Т. 1, № 37. С. 52–59. DOI: <https://doi.org/10.33405/2409-7470/2021/1/37/237843>
2. Вовк Ю. Я., Вовк І. П. *Основи теорії транспортних процесів і систем* : навчальний посібник (курс лекцій). Тернопіль : Тернопільський національний технічний ун-т ім. Івана Пулюя, 2021. 104 с.
3. Дмитрієв І. А., Іванілов О. С., Шевченко І. Ю., Кирчата І. М. *Економіка підприємств автомобільного транспорту* : навч. посібник. Харків : ФОП Бровін О. В., 2018. 308 с.
4. Дмитрієв І. А., Левченко Я. С. *Транспортне підприємництво* : навч. посібник. Харків : ФОП Бровін О. В., 2018. 308 с.
5. Ляшук О. Л., Плекан У. М., Цьонь О. П., Пиндус Т. Б. Планування діяльності автотранспортного підприємства. Методичні аспекти. *Збірник наукових праць «Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки»*. 2022. № 5 (36), Ч. 1. С. 256–262. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5\(36\).1.256-262](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).1.256-262)
6. Хаврук В. О., Пархоменко О. О. Критерії оцінки й вибору рухомого складу АТП. *Наука та прогрес транспорту*. 2021. № 2 (92). С. 17–28. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2021/235411>
7. Fázecas L., Avedissian, N., Ghiro R., Sonoda T. Improving Fuel Efficiency for Trucks Through CFD Simulation. *SAE Technical Paper Series*. 2020. P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.4271/2020-36-0410>
8. Chen N., Ou L., Bai F. Research on Calculating Method of Repairable Spare Parts and Non-repairable Spare Parts. *Proceedings of the Seventh Asia International Symposium on Mechatronics*. 2019. Vol. 588. P. 136–140. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-32-9437-0\\_16](https://doi.org/10.1007/978-981-32-9437-0_16)
9. Linh L. M., Quoc Nghi N., & Anh Tuan D. H. Factors Affecting Customer Satisfaction with the Bus Service Quality of Phan Thiet Automobile Transport Cooperative. *International Journal of Research and Review*. 2021. Vol. 8. Iss. 10. P. 213–217. DOI: <https://doi.org/10.52403/ijrr.20211027>
10. Salamadija V., Gladović P. Model of Information Integration of Management in Road Transport Companies. *JOURNAL OF TRAFFIC AND TRANSPORT THEORY AND PRACTICE*. 2019. Iss. 4 (1–2). P. 10–15. DOI: <https://doi.org/10.7251/JTTTP1901010S>

V. O. KHAVRUK<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>\*Dep. «Motor Vehicle Maintenance and Service», National Transport University, Mykhaila Omelianovycha-Pavlenka St., 1, Kyiv, Ukraine, 01010, tel. +38 (095) 018 71 90, e-mail khavruk@gmail.com, ORCID 0000-0002-4686-4109

## Evaluation of Reserves for Improving the Efficiency of Using Rolling Stock of a Motor Transport Enterprise

**Purpose.** The work is aimed to analyze the components of the target function of reducing costs for the operation and maintenance of motor vehicles (buses) and determine the optimal periodicity of planned repairs. **Methodology.** The research was carried out using general scientific methods: analysis and synthesis, abstraction and concretization, induction and deduction, system analysis. **Findings.** In order to estimate reserves for improving the efficiency of rolling stock, the target function of minimizing costs (losses) during the operation of motor vehicles using the example of buses is given, which includes two aggregated component costs for planned activities after maintenance of motor vehicles and resources used to eliminate the consequences of unplanned repairs, including losses caused by them. Exponential dependencies of the number of unplanned repairs per calendar year of operation of motor vehicles obtained as a result of processing an array of statistical data on the enterprise are presented. It was found that one of the ways to improve the efficiency of the rolling stock of the motor vehicle enterprise is to reduce downtime due to current unplanned repairs. For this purpose, it is proposed to carry out planned repairs of each moving unit of motor vehicles. The graphical dependence of the number of unscheduled repairs on the amount of bus mileage between repairs is shown for a specific motor vehicle enterprise. Calculations of the components of the target function of increasing the use efficiency of buses were performed, and the optimal inter-repair mileage for carrying out planned repairs during the calendar year was determined graphically. The economic component of increasing the efficiency of use of the rolling stock of the automobile enterprise is substantiated – the lack of income from unfulfilled transport work, which is characterized by the average load of motor vehicles. Using the example of buses, it was found that the average load is directly proportional to the number of transported passengers and inversely proportional to the mileage along the route. **Originality.** All components of the target function of minimizing the total costs of planned activities after technical maintenance and resources of unplanned repairs, including losses (damages) from downtime, are thoroughly considered. **Practical value.** The results of the performed research can be used by motor transport companies to determine the optimal intervals between repairs. Carrying out planned repairs of each motor vehicle will make it possible to reduce losses from idle time and increase the use efficiency of rolling stock as a whole.

**Keywords:** bus; motor vehicle enterprise; motor vehicle; mileage between repairs; repair; maintenance

### REFERENCES

1. Buryak, P., Parkhomchuk, & Buryak, Ye. (2021). Improvement of the Repair System of Automotive Vehicles of the National Guard of Ukraine. *The Collection of Scientific Works of the National Academy of the National Guard of Ukraine*, 1(37), 52-59. DOI: <https://doi.org/10.33405/2409-7470/2021/1/37/237843> (in Ukrainian)
2. Vovk, Ju. Ja., & Vovk, I. P. (2021). *Osnovy teorii transportnykh procesiv i system: navchalnyj posibnyk (kurs lekcij)*. Ternopilj: Ternopiljskij nacionalnij tekhnichnij universytet im. Ivana Puljuja. (in Ukrainian)
3. Dmytrijev, I. A., Ivanilov, O. S., Shevchenko, I. Ju., & Kyrchata, I. M. (2018). *Ekonomika pidpryjemstv avtomobilnogho transportu: navchalnyj posibnyk*. Kharkiv: FOP Brovin O. V. (in Ukrainian)
4. Dmytrijev, I. A., & Levchenko, Ja. S. *Transportne pidpryjemnytvo: navchalnyj posibnyk*. Kharkiv: FOP Brovin O. V. (in Ukrainian)
5. Lyashuk, O., Plekan, U., Tson, O., & Pyndus, T. (2022). Planning the Activities of the Motor Transport Enterprise. Methodological Aspects. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*, 5((36)1), 256-262. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262x.2022.5\(36\).1.256-262](https://doi.org/10.32515/2664-262x.2022.5(36).1.256-262) (in Ukrainian)
6. Havruk, V. O., & Parkhomenko, O. O. (2021). Criteria for Selection and Evaluation of Rolling Stock of Motor Transport Enterprises. *Science and Transport Progress*, 2(92), 17-28. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2021/235411> (in Ukrainian)
7. Fázecas, L., Avedissian, N., Ghiron, R., & Sonoda, T. (2021). Improving Fuel Efficiency for Trucks Through CFD Simulation. *SAE Technical Paper Series*, 1-8. DOI: <https://doi.org/10.4271/2020-36-0410> (in English)



ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

---

8. Chen, N., Ou, L., & Bai, F. (2019). Research on Calculating Method of Repairable Spare Parts and Non-repairable Spare Parts. In *Proceedings of the Seventh Asia International Symposium on Mechatronics* (Vol. 588, pp. 136-140). DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-32-9437-0\\_16](https://doi.org/10.1007/978-981-32-9437-0_16) (in English)
9. Linh, L. M., Quoc Nghi, N., & Anh Tuan, D. H. (2021). Factors Affecting Customer Satisfaction with the Bus Service Quality of Phan Thiet Automobile Transport Cooperative. *International Journal of Research and Review*, 8(10), 213-217. DOI: <https://doi.org/10.52403/ijrr.20211027> (in English)
10. Salamadija, V., & Gladović, P. (2019). Model of Information Integration of Management in Road Transport Companies. *JOURNAL OF TRAFFIC AND TRANSPORT THEORY AND PRACTICE*, 4(1-2), 10-15. DOI: <https://doi.org/10.7251/JTTTP1901010S> (in English)

Надійшла до редколегії: 11.02.2022

Прийнята до друку: 14.06.2022