

**В.П. Сахно, д.т.н., проф.**  
**В.М. Поляков, к.т.н., доц.**  
Національний транспортний університет  
**О.П. Сакно, к.т.н., доц.**  
**О.В. Лисий**  
Військова академія, м. Одеса

## ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОПОЇЗДІВ НА ОСНОВІ КВАЛІМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ

*Розглянута кваліметрична модель оцінки рівня технічного стану автопоїздів. На основі аналізу висновків експертів про вплив факторів на технічний стан автопоїзда встановлена номенклатура показників якості. На основі моделювання рівня технічного стану тягача Volvo визначено відповідні значення комплексного показника, виявлено резерви покращення якості проведення технічних впливів шляхом коригування, прогнозування періодичності ТО та обсягу робіт. Встановлено, що основні експлуатаційні властивості автопоїзда (економічність, динамічність, надійність) системно залежать від параметрів взаємодіючих компонентів. Тобто оцінка рівня технічного стану автопоїзда не є композицією оцінок їх окремих експлуатаційних властивостей і вимагають системного відображення. Розроблені методики коригування періодичності ТО і прогнозування фактичного ресурсу основних частин автопоїздів впроваджені на АТП. Це дозволило зменшити питомі витрати на експлуатацію на один автомобіль до 15 %.*

**Ключові слова:** автопоїзд; рівень технічного стану; кваліметрична модель; технічне обслуговування.

**Вступ. Постановка проблеми.** У сучасних умовах глобалізації та інтеграції країн при формуванні єдиного світового простору питання міжнародного співробітництва та виходу на світовий ринок щодо експлуатації автопоїздів стають все більш актуальними. При цьому важливого значення набуває прискорення інтеграції українських вимог до основних вимог міжнародних перевезень, що, в свою чергу, зумовлює необхідність з'ясування особливостей експлуатації та проведення комплексного аналізу щодо підтримки надійного рівня технічного стану автопоїздів.

Таким чином, питання вдосконалення системи технічного обслуговування (ТО) та ремонту (Р) автопоїздів на основі коригування періодичності ТО є актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На думку провідних учених (М.Я. Говорущенка, В.М. Варфоломеева, І.М. Арініна, В.В. Рудзінського, А.Т. Лебедева, М.А. Подригала, В.П. Волкова та ін.) необхідно розробляти комплексний підхід до технічного обслуговування (ТО) і ремонту (Р), що дозволить підвищити ефективність використання ресурсу засобів транспорту.

**Мета статті.** Оцінити технічний рівень стану автопоїздів на основі кваліметричної моделі для забезпечення їх працездатності шляхом коригування періодичності ТО.

**Матеріали й результати дослідження.** Технічний стан автопоїзда дозволяє аналізувати чинники, що впливають на його зміну, за ступенем переваги й, отже, здійснювати у просторі параметрів  $X$  множини  $Y$  (рис. 1) пошук кращих, оптимальних або близьких до них розв'язків. Тому невимірні цілі не мають порівняння й повинні або виключатися з розгляду, або квантифікуватись до рівня, що забезпечує їх вимірність. Формальне визначення даної властивості необхідно встановити аксіоматично [1–5].

У процесі експлуатації автопоїздів для раціонального проведення періодичності ТО вирізняють завдання, що потребують наукового рішення:

- встановлення обґрунтованих критеріїв оптимізації;
- розробка математичних моделей і методів їх розв'язку;
- розробка алгоритмів і методик їх реалізації.

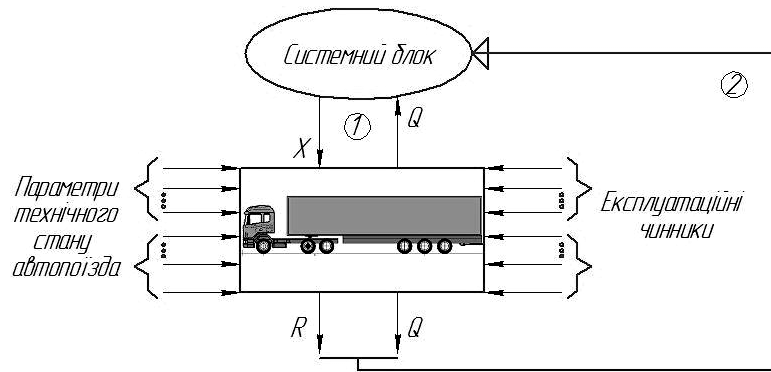


Рис. 1. Схема управління якістю технічного стану автопоїзда в процесі експлуатації:  
 $R$  – вектор результатуючих експлуатаційних параметрів;  $Q$  – вектор нормованих  
 кваліметричних показників;  $X$  – вектор управляючих параметрів;  
 1 і 2 – внутрішній та зовнішній контури управління

Автопоїзд складається із взаємозв'язаних підсистем (агрегат, механізм), що не гарантують створення оптимальної технічної системи, а в деяких випадках навіть спричиняють її непрацездатність. Отже, в основу рішення завдання має бути покладено принцип цілісності, який вимагає розгляду технічної системи як єдиного цілого, що складається з структурних частин, що пов'язані між собою певними відношеннями.

Функція стану автопоїзда як складної технічної системи визначає узагальнену умову її оптимізації:

$$F_{opt}\{q_1^{ек}, q_2^{дин}, q_3^{безвідм}, q_4^{рем}, q_5^{довз}\} = F_{opt}\{Q\} \rightarrow \min, \quad (1)$$

Значення показника рівня технічного стану  $U(Q) \equiv U$  є інваріантним рівню кваліметричної моделі. Оскільки рівень технічного стану поняття відносне, отже відповідний критерій  $U(Q)$  є безрозмірним, а комплексні показники (економічність, динамічність, надійність), що мають імовірнісну природу, не перевершують одиницю, тобто:

$$\begin{bmatrix} q_{a1} & q_{a2} & q_{a3} & q_{a4} & q_{a5} & -1 \\ 0 & q_{u2} & q_{u3} & q_{u4} & q_{u5} & -1 \\ 0 & 0 & q_{x3} & q_{x4} & q_{x5} & -1 \\ 0 & 0 & 0 & q_{n4} & q_{n5} & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & q_{n.u5} & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ U \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

де  $q_{aj}$ ,  $q_{uj}$ ,  $q_{xj}$ ,  $q_{nj}$  – нормовані експлуатаційні показники  $j$ -ої ознаки властивості, що характеризують рівень технічного стану відповідно автомобіля-тягача взагалі, шасі, ходової частини, підвіски тягача;  $q_{n.u5}$  – нормовані експлуатаційні показники 5-ої ознаки властивості, що характеризують рівень технічного стану пневматичної шини тягача;  $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_5\}$  – стовпець невідомих вагових коефіцієнтів.

На основі гіперболічної функції, що відображає зниження рівня переваги будь-якої ознаки якості  $y_i, \forall i=1, n$  зі зростанням її значення, для нормування різноманітних фізичних шкал елементів множини  $\{Y\}$  у діапазоні  $[0, 1; 1]$  розраховуються:

а) при відображенні без зміни градієнта:

$$q_{ij} = 0,1 + 1,18th \left[ \frac{y_{ij} - y_{ij}^{\min}}{y_{ij}^{\max} - y_{ij}^{\min}} \right]; \quad (3)$$

б) при зміні градієнта на протилежний:

$$q_{ij} = 1 - 1,18th \left[ \frac{y_{ij} - y_{ij}^{\min}}{y_{ij}^{\max} - y_{ij}^{\min}} \right], \quad (4)$$

де  $y_{ij}$  – експлуатаційні показники  $i$ -го показника  $j$ -ої ознаки властивості тягача, що характеризують рівень його технічного стану;  $y_{ij}^{\min}$ ,  $y_{ij}^{\max}$  – відповідно нижня (мінімальна) і верхня (максимальна) межі статистично усередненого діапазону зміни  $i$ -го показника  $j$ -ої ознаки властивості тягача.

На основі аналізу висновків експертів щодо аналізу впливу експлуатаційних факторів на технічний стан автопоїзда встановлено номенклатуру експлуатаційних показників [6]. Із множини функціональних показників сформовано номенклатуру показників якості автопоїзда за групами експлуатаційних властивостей: економічність, динамічність, надійність.

Паливна економічність – одна з експлуатаційних властивостей автопоїзда. Вона визначає витрату палива автопоїздом при русі в заданих умовах. Для кожного автопоїзда встановлюється норма лінійної витрати палива. Ці норми вказані в технічних характеристиках автопоїздів. Залежно від умов роботи автопоїздів ці норми можуть збільшуватися або зменшуватися спеціальними вказівками. На паливну економічність впливають конструктивні й експлуатаційні чинники. Пробіг до капітального ремонту залежить витрати палива [7]:

$$L_{кр} = \frac{100 \cdot Q_s}{H}, \quad (5)$$

де  $Q_s$  – сумарна загальна витрата палива, л;  $H$  – норма витрати палива автопоїзда, л/100 км.

Згідно з проведеними дослідженнями, що відбиті у безлічі робіт і використовуються у поширеній практиці визначення ресурсу автопоїзда, найбільш адекватною моделлю для визначення коефіцієнта його фізичного зносу є метод експоненційної кривої, що, виходячи з припущення, ґрунтується на статистичних дослідженнях про те, що його ресурс перебуває в експлуатації й змінюється за експоненційною залежністю. Тоді пробіг може бути скорегований таким чином:

$$L_{ТО} = k \cdot L_{ср}, \quad (6)$$

де  $k$  – поправка на знос;  $L_{ср}$  – середній пробіг до появи відмови, км.

На підставі даних про фізичний стан автопоїздів розраховується процентна поправка на знос. Розрахунок проводиться за формулою [8]:

$$k = \frac{100 - I_{физ.а}}{100 - I_{физ.б}}, \quad (7)$$

де  $I_{физ.а}$  – відсоток фактичного зносу оцінюваного автопоїзда;  $I_{физ.б}$  – відсоток фактичного зносу наявного аналога (розрахунок фізичного зносу проводиться методом експертних оцінок, який передбачає проведення технічної експертизи, за результатами якої технічний стан автопоїзда співвідноситься з деякою шкалою станів, кожному з яких приписується певний діапазон зносів [8]).

Відсоток фактичного зносу автопоїзда:

$$I_{физ.а} = 100 \cdot (1 - e^{-\Omega}), \quad (8)$$

де  $e$  – підстава натуральних логарифмів,  $e = 2,72$ ;  $\Omega$  – функція, що залежить від віку і фактичного пробігу автопоїзда з початку експлуатації.

Згідно з результатами проведених досліджень ТОВ «Зенал» ЛТД (м. Одеса), ресурс автопоїздів Volvo, що перебували в експлуатації, змінювався за експоненційним законом, на основі якого було визначено поправку на знос ( $k$ ) для коригування пробігу. Визначено зміну фактичного зносу (%) автопоїздів Volvo (рис. 2):

$$I_a = 100 \cdot (1 - e^{-(0,09 \cdot T_\phi + 0,0003 \cdot L_\phi)}), \quad (9)$$

де 0,09 – коефіцієнт, що враховує вплив віку автопоїзда і залежить від виду, марки, моделі;  $T_\phi$  – фактичний вік автопоїзда, років; 0,0003 – коефіцієнт, що враховує вплив пробігу автопоїзда з початку експлуатації та залежить від виду, марки, моделі;  $L_\phi$  – фактичний пробіг автопоїзда з початку експлуатації, тис. км.

Динамічність автопоїзда залежить, насамперед, від його тягових і гальмівних властивостей [9]. При визначенні динамічності автопоїзда вважають, що його можливості обмежені лише потужністю двигуна і зчепленням провідних коліс з дорогою і визначено залежністю:

$$P_T = \frac{M_e u_e u_k \eta_{мр}}{r_k}, \quad (10)$$

де  $M_e$  – ефективний момент двигуна, кН·м (згідно з технічним паспортом автопоїзда);  $u_o$  – передаточне число головної передачі автопоїзда;  $u_k$  – передаточне число коробки перемикавання передач на першій передачі (згідно з технічним паспортом автопоїзда);  $\eta_{mp}$  – коефіцієнт корисної дії трансмісії;  $r_k$  – статичний радіус колеса, м (згідно з технічним паспортом автопоїзда).

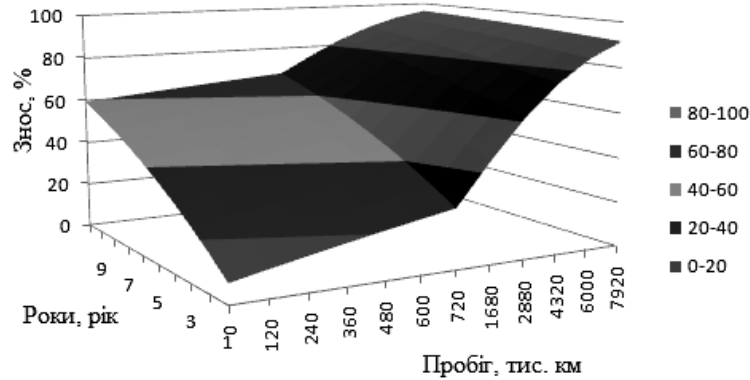


Рис. 2. Залежність фактичного зносу (%) автопоїздів Volvo від їх фактичного віку та пробігу

Передаточне число головної передачі [9] визначається з умови забезпечення заданої максимальної швидкості  $V_{\max}$  (км/год.) руху автопоїзда на вищій сходиці коробки перемикавання передач при встановленому значенні  $n_{\max}$  (хв.<sup>-1</sup>):

$$u_o = \frac{0,378 \cdot n_{V_{\max}} \cdot r_k}{V_{\max}}. \quad (11)$$

Коефіцієнт корисної дії трансмісії [7, 9] тягача Volvo FH12 D12D420 прийнятий за даними ТОВ «Зенал» ЛТД (м. Одеса), що змінюється за лінійною залежністю від пробігу:  $\eta_{mp} = 0,92 - 0,00012 \cdot L_{\phi}$ .

Безвідмовність характеризується напрацюванням (наробіток). Це тривалість експлуатації автопоїзда, що визначається експериментально. Досліджується, за якого пробігу виникає відмова агрегату, механізму тощо (визначається імовірність відмови  $q_i$ ). Імовірність безвідмовної роботи тягача – імовірність того, що протягом заданого наробітку (кількості відпрацьованих годин) відмова автопоїзда (агрегату) не виникне [11] – представлено у вигляді  $p_i = 1 - q_i$  ( $i$  – автопоїзд, трансмісія, агрегат тощо).

Ремонтпридатність характеризується середньою тривалістю відновлення трансмісії, агрегату тощо  $t_{e,i} = q_i \cdot T_i$  ( $q_i$  – імовірність відмови  $i$ -го елемента в об'єкті;  $T_i$  – час відновлення об'єкта при відмові в ньому  $i$ -го елемента, год.) [10].

Довговічність характеризується середнім пробігом автопоїзда до КР, середнім ресурсом  $L_{cp,i} = \bar{L}_i - 1,28 \cdot \sigma_i$  трансмісії, агрегату тощо [10].

На основі аналізу висновків експертів щодо впливу факторів на технічний стан автопоїзда встановлено номенклатуру показників якості, що зображені у вигляді вершин  $q_j, \forall j = \bar{1}, \bar{5}$  графа (рис. 3), прообразами яких є одиничні показники  $Q$ , що пов'язані нечіткою множиною відношень ( $q_i \leftrightarrow q_j$ ).

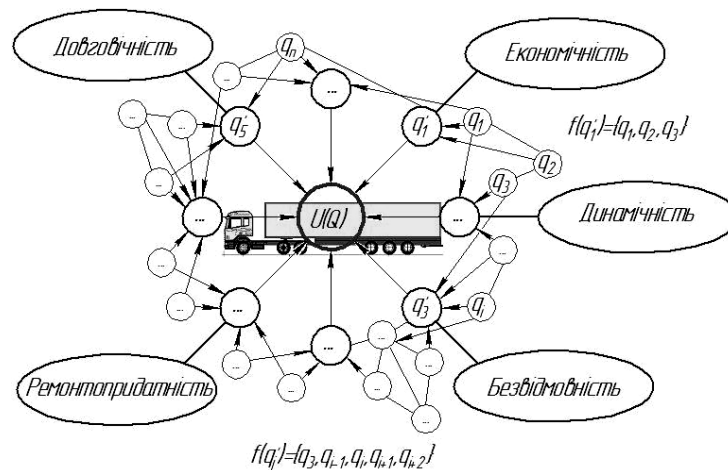


Рис. 3. Граф-схема моделі експлуатаційних показників якості технічного стану автопоїзда

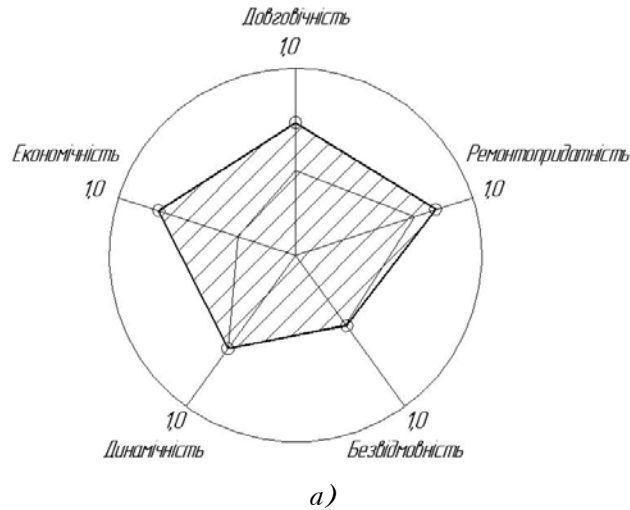
Припускаючи, що множина параметрів технічного стану автопоїзда є замкнутою, випуклою і непорожньою, показник рівня технічного стану  $U(Q) \equiv U$ .

Таблиця 1  
Систематизація показників рівня технічного стану тягача Volvo FH12 D12D420 після коригування періодичності ТО

Властивість	Показник рівня технічного стану	Діапазон визначення ( $y^{\min} \dots y^{\max}$ )	Значення для тягача ( $y_{ij}$ )	Нормоване значення показника $q_{ij}$ за (3) і (4)
1. Економічність	1.1. Пробіг до ТО	50...75 тис. км	54,9 тис. км	0,7725
2. Динамічність	2.1. Тягова сила на колесах	25...35 кН	29,7 кН	0,6171
	2.2. ККД трансмісії	0,8...0,92	0,9	0,9051
3. Безвідмовність	3.1. Імовірність безвідмовної роботи тягача	0,8...0,99	0,86	0,4607
	3.2. Імовірність безвідмовної роботи шасі	0,8...0,99	0,89	0,6206
	3.3. Імовірність безвідмовної роботи ходової частини	0,7...0,99	0,77	0,3794
4. Ремонтпридатність	4.1. Середня тривалість відновлення тягача (фактична)	20...48 год.	25 год.	0,7915
	4.2. Середня тривалість відновлення шасі при $L_{спі}$	16...23 год.	18,67 год.	0,5701
	4.3. Середня тривалість відновлення ходової частини при $L_{спі}$	10...18 год.	15,3 год.	0,3118
	4.4. Середня тривалість відновлення підвіски при $L_{спі}$	3...6 год.	5,10 год.	0,2855
5. Довговічність	5.1. Середній пробіг тягача до КР	1100...1500 тис. км	1200 тис. км	0,711
	5.2. Середній ресурс шасі	60...1000 тис. км	266,76 тис. км	0,7446
	5.3. Середній ресурс ходової частини	70...120 тис. км	85,212 тис. км	0,6517
	5.4. Середній ресурс підвіски	50...100 тис. км	63,816 тис. км	0,682
	5.5. Середній ресурс пневматичної шини Michelin 315/70 R22.5	180...216 тис. км	187,46 тис. км	0,759

На основі кваліметричної моделі рівня технічного стану визначено групові показники (перші рядки таблиць на рис. 4, б) та побудовано відповідні «павутини якості» (рис. 4, а). Результати впливу коригування періодичності ТО для тягача Volvo FH12 D12D420 представлено у таблиці 1 та на рисунку 4.

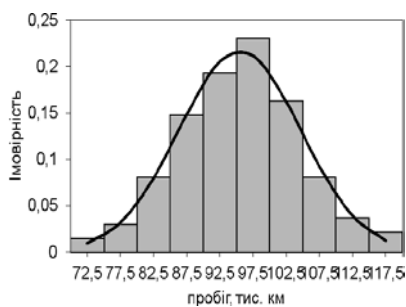
На прикладі автопоїздів марок DAF і Volvo виділено основні елементи (дані ТОВ «Зенал» ЛТД (м. Одеса), табл. 2). Побудовано гістограми імовірності появи відмов основних елементів автопоїздів Volvo протягом 1,0 млн. км пробігу (рис. 5), надано статистичні характеристики появи несправностей і відмов основних систем автопоїздів (табл. 3, 4).



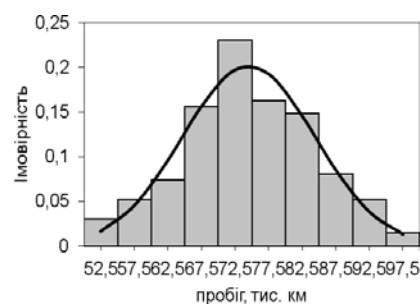
1. Економічність	2. Динамічність	3. Безвідмовність	4. Ремонтопридатність	5. Довговічність	Рівень моделі
0,7725	0,6171	0,4607	0,7915	0,711	Тягач
–	0,9051	0,6206	0,5701	0,7446	Шасі
–	–	0,3794	0,3118	0,6517	Ходова частина
–	–	–	0,2855	0,682	Підвіска
–	–	–	–	0,759	Пневматична шина Michelin 315/70 R22.5

б)

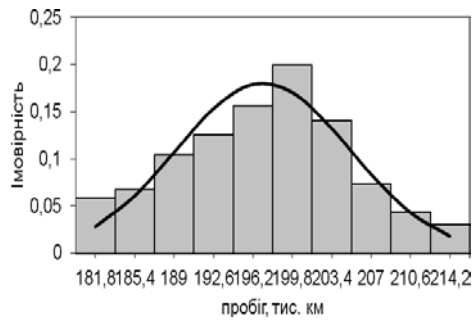
Рис. 4. «Павутина якості» за показниками  $q_{i,j}$  (а) та матриця  $[Q]$  (б) для тягача Volvo FH12 D12D420 після коригування періодичності ТО (тонка лінія – до коригування)



а)



б)



в)

Рис. 5. Ресурс основних елементів автопоїздів Volvo:  
а – ходової частини; б – підвіски; в – пневматичної шини Michelin 315/70 R22.5

Таблиця 2  
Дані напрацювання на відмову основних елементів автопоїздів з тягачами Volvo

Система автопоїзда	Нарабіток на відмову, км	Нарабіток на відмову, год.	Середній час відновлення, год.	Інтенсивність потоку відмов, км <sup>-1</sup>	Інтенсивність відновлення, год. <sup>-1</sup>	Відношення інтенсивності потоку відмов до відновлення, год./км
Двигун	1000000	16703	37	6 10 <sup>-05</sup>	0,027027	0,002215
Рама	1000000	16703	14	6 10 <sup>-05</sup>	0,071429	0,000838
Мости	1000000	16703	8	6 10 <sup>-05</sup>	0,125	0,000479
Паливний насос	1000000	16703	5,2	6 10 <sup>-05</sup>	0,192308	0,000311
Ходова частина тягача	100000	1670,2	15	0,0005987	0,066667	0,008981
Ходова система	200000	3340,6	10,5	0,000299	0,095238	0,003143
Рульове управління	120000	2004,3	10,5	0,0004989	0,095238	0,005239
Гальмівна система тягача	120000	2004,3	15	0,0004989	0,066667	0,007484
Гальмівна система н/п	100000	1670,3	8,2	0,0005987	0,121951	0,004909
Електрообладнання тягача	120000	2004,3	5,6	0,0004989	0,178571	0,002794
Електрообладнання н/п	250000	4175,7	4,3	0,0002395	0,232558	0,00103
Коробка передач (механічна)	60000	1002,2	12	0,0009978	0,083333	0,011974
Зчеплення	240000	4008,7	4,5	0,000249	0,222222	0,001123
Головна передача	1000000	16703	5,5	6 10 <sup>-05</sup>	0,181818	0,000329
Шина Michelin тягача	180000	3006,5	1,2	0,0003326	0,833333	0,000399
Шина Michelin н/п	180000	3006,5	1,2	0,0003326	0,833333	0,000399
Шина Goodyear тягача	180000	3006,5	1,2	0,0003326	0,833333	0,000399
Шина Goodyear н/п	180000	3006,5	1,2	0,0003326	0,833333	0,000399
Шина (Китай)	120000	2004,3	1,2	0,0004989	0,833333	0,000599
Шина (Корея)	180000	3006,5	1,2	0,0003326	0,833333	0,000399
Деталі кузова	120000	2004,3	12	0,0004989	0,083333	0,005987
Середнє	354762	5925,5	8,31	0,0003543	0,325874	0,00283

Таблиця 3

Статистична характеристика появи несправностей і відмов автопоїздів Volvo

Найменування системи, агрегату, вузла	Вид розподілу	Математичне очікування $M$ , тис. км	Дисперсія $D$ , тис. км	Середньо-квадратичне відхилення, тис. км	Коефіцієнт асиметрії, $\gamma_1$	Коефіцієнт ексцесу, $\gamma_2$
Ходова частина	Нормальний	97,5	92,16	9,6	0,005154	-0,11343
Підвіска	Нормальний	76,9	106,09	10,3	-0,02315	-0,31128
Пневматична шина Michelin 315/70 R22.5	Нормальний	197,7	68,89	8,3	-0,04655	-0,53378

Таблиця 4

Щільність розподілу появи несправностей і відмов автопоїздів Volvo

Найменування системи, агрегату, вузла	Щільність розподілу
Ходова частина	$0,041756 \cdot \exp[-(t_1 - 97,5)^2 / 182,65]$
Підвіска	$0,038773 \cdot \exp[-(t_1 - 76,9)^2 / 211,84]$
Пневматична шина Michelin 315/70 R22.5	$0,04801 \cdot \exp[-(t_1 - 197,7)^2 / 138,14]$

Статистичні й експериментальні дослідження дозволили виявити основну проблему: необхідність керувати ефективністю експлуатації автомобільних поїздів шляхом управління їх технічним станом, а саме – коригуванням періодичності ТО, що рекомендовані виробниками, за фактичним технічним станом.

Основні завдання при розробці раціональних режимів ТО і Р:

- виявлення найбільш «слабких» частин, агрегатів, вузлів автопоїздів;
- вивчення закономірностей і причин зміни технічного стану вузлів, агрегатів і матеріалів;
- обґрунтування методів визначення режимів профілактики і встановлення допустимих з економічних, технічних, технологічних або інших ознак значень параметрів технічного стану вузлів, агрегатів і механізмів;
- визначення періодичності та переліків операцій профілактики та ремонту з достатнім ступенем достовірності.

Таким чином, пропонується алгоритм розробки раціональних режимів ТО автопоїздів (рис. 6), що визначає надійність, економічність і безпеку руху автомобіля.

**Висновки.** Таким чином, за результатами моделювання рівня технічного стану тягача Volvo FH12 D12D420:

- а) визначено показник  $U = 0,44$  до коригування періодичності ТО (тонка лінія на рис. 4, а);
- б) виявлено резерви покращення якості проведення технічних впливів на основі коригування, прогнозування періодичності ТО та обсягу робіт;
- в) встановлено можливість його покращання за показниками надійності шляхом коригування періодичності ТО ( $U = 0,72$ ).

Доведено, що основні експлуатаційні властивості автопоїзда (економічність, динамічність, надійність) системно залежать від параметрів взаємодіючих компонентів. Тобто оцінка рівня технічного стану автопоїзда не є композицією оцінок їх окремих експлуатаційних властивостей і потребують системного відображення.

Таким чином, управління ефективністю експлуатації автомобільних поїздів шляхом коригування періодичності їх ТО, що рекомендовані виробниками, за фактичним технічним станом забезпечує:

- а) визначення фактичного ресурсу основних частин автопоїздів Volvo, DAF на базі експериментальних даних контролю фактичного стану;
- б) збільшення ресурсу основних частин автопоїздів Volvo, DAF за рахунок удосконалення системи ТО за фактичним технічним станом;



в) ефективну експлуатація за рахунок коригування періодичності їх ТО і зменшення простою в зоні ремонту.

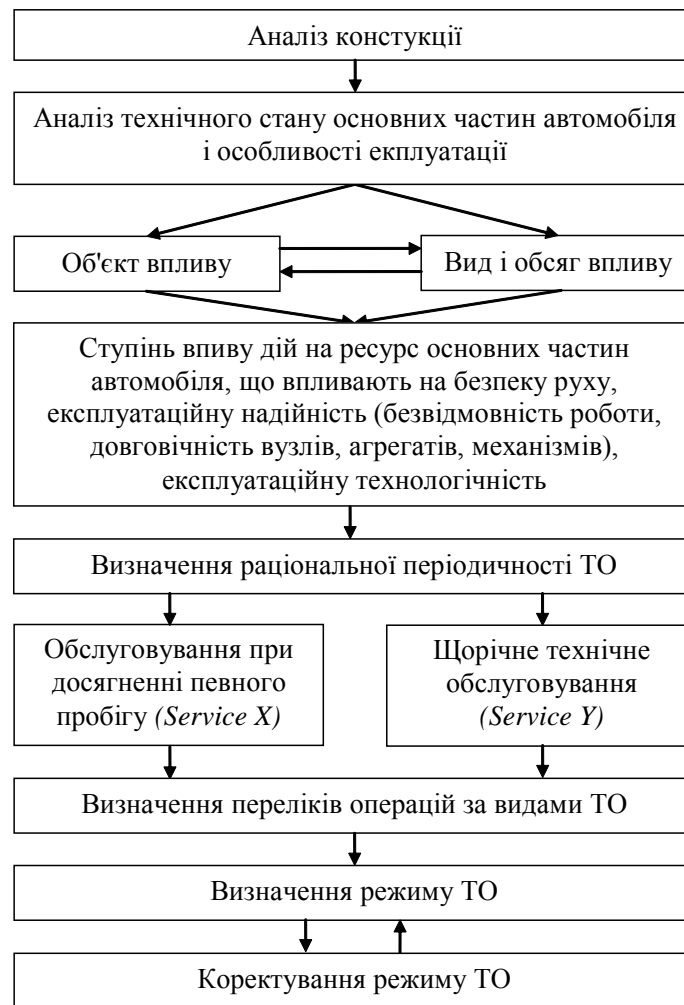


Рис. 6. Алгоритм розробки раціональних режимів ТО автомобільних поїздів DAF і Volvo

Розроблені методики коригування періодичності ТО і прогнозування фактичного ресурсу основних частин автопоїздів впроваджені на ТОВ «Зенал» ЛТД (м. Одеса). Це дозволило зменшити питомі витрати на експлуатацію на один автомобіль до 15 %.

#### Список використаної літератури:

1. *Заблонский К.И.* Детали машин / *К.И. Заблонский.* – Одеса : АстроПринт, 1999. – 403 с.
2. *Гутиря С.С.* Підвищення технічного рівня механізмів паралельної структури і кінематики у складі технологічних комплексів / *С.С. Гутиря, В.П. Яглінський, Аймен Сабак* // Технологічні комплекси. – Луцьк : Луцький НТУ, 2012. – № 1, 2 (5, 6). – С. 50–56 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://t-komplex.net.ua/ua/art5-6-006>.
3. Кинематика оборудования на основе механизмов параллельной структуры / *В.П. Яглинский, В.В. Ержуков, А.Г. Ивахненко* и др. // Прогрессивное машиностроительное оборудование : кол. монография. – Орел : Изд. Дом “Спектр”, 2011. – 455 с.
4. *Yaglinsky V.P.* Multi-criterion optimization functional trajectories of industrial robots / *V.P. Yaglinsky, S.S. Gutyrya, O.U. Bezuglenko* // Annals of DAAAMInternational 2004. – Vienna, 2004. – Pp. 37–38.
5. *Yaglinsky V.P.* System criteria analysis and function optimization of industrial robots / *V.P. Yaglinsky, S.S. Gutyrya* // ТЕКА Ком. Mol. Energ. Roln., 6A. – Lublin, 2006. – Pp. 70–81.

6. Сахно В.П. Аналіз умов забезпечення працездатності автотранспортних засобів на основі удосконалення системи технічного обслуговування / В.П. Сахно, О.П. Сакно, О.В. Лисий // Вісник Харківського нац. тех. ун-ту с/г імені Петра Василенка. – Харків : ХНТУСГ, 2015. – Вип. 158. – С. 144–149.
7. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н.Я. Говорущенко. – М. : Транспорт, 1990. – 135 с.
8. Андрианов Ю.В. Методические рекомендации по экспресс-оценке стоимости в отношении транспортных средств / Ю.В. Андрианов, В.И. Кравчинский. – Москва, 2007. – № 1. – 4067/НИИАТ.
9. Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів : навч. посібник. В 3 ч. Ч 1. Динамічність та паливна економічність автотранспортних засобів / В.П. Сахно, А.В. Костенко, М.І. Загороднов та ін. – Донецьк : Ноулідж, 2014. – 444 с.
10. Лукинський В.С. Прогнозирование надежности автомобилей / В.С. Лукинський, Е.И. Зайцев. – Л. : Политехника, 1991. – 224 с.

### References:

1. Zablonskyj, K.I. (1999), *Detali mashyn*, AstroPrynt, Odessa, 403 p.
2. Gutyrya, S.S., Jaglins'kyj, V.P. and Sabah, A. (2012), "Pidvyshhennja tehničnogo rivnja mehanizmiv paralel'noi' struktury i kinematyky u skladi tehnologichnyh kompleksiv", *Tehnologichni kompleksi*, No. 1, 2 (5, 6), pp. 50–56, available at: <http://t-komplex.net.ua/ua/art5-6-006>
3. Yaglinskiy, V.P. (2011), "Kinematika oborudovaniya na osnove mekhanizmiv parallel'noy struktury", *Progressivnoe mashinostroitel'noe oborudovanie*, Izdatel'skiy dom "Spektr", Orel, 455 p.
4. Yaglinsky, V.P., Gutyrya, S.S. and Bezuglenko, O.U. (2004), "Multi-criterion optimization functional trajectories of industrial robots", *Annals of DAAAM International*, pp. 37–38.
5. Yaglinsky, V.P. and Gutyrya, S.S. (2006), "System criteria analysis and function optimization of industrial robots", *TEKA Kom. Mol. Energ. Roln.*, 6A, pp. 70–81.
6. Sahno, V.P., Sakno, O.P. and Lysyj, O.V. (2015), "Analiz umov zabezpechennja pracezdatnosti avtotransportnyh zasobiv na osnovi udoskonalennja systemy tehničnogo obslugovuvannja", *Visnyk Harkivs'kogo nacional'nogo tehničnogo universytetu sil's'kogo gospodarstva imeni P. Vasylenka "Resursozberigajuchi tehnologii", materialy ta obladnannja u remontnomu vyrobnyctvi*", Vol. 158, pp. 144–149.
7. Govorushchenko, N.Ya. (1990), *Ekonomiya topliva i snizhenie toksichnosti na avtomobil'nom transporte*, Transport, Moscow, 135 p.
8. Andrianov, Yu.V. and Kravchinskiy, V.I. (2007), *Metodicheskie rekomendatsii po ekspress-otsenke stoimosti v otnoshenii transportnykh sredstv*, ОАО «НИИАТ», Moscow, No. 1, 4067.
9. Sahno, V.P., Kostenko, A.V. and Zagorodnov, M.I. (2014), *Ekspluatacijni vlastyivosti avtotransportnyh zasobiv*, Vol. 1, Dynamichnist' ta palyvna ekonomichnist' avtotransportnyh zasobiv, Vyd-vo "Noulidzh", Donetsk, 444 p.
10. Lukinskiy, V.S. and Zaytsev, E.I. (1991), *Prognozirovanie nadezhnosti avtomobiley*, Politekhnik, Lviv, 224 p.

САХНО Володимир Прохорович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілів Національного транспортного університету.

Наукові інтереси:

- конструкція засобів транспорту;
- підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту;
- засоби підвищення якості та надійності засобів транспорту.

Тел.: (044) 280–42–52.

E-mail: [sakhno@ntu.edu.ua](mailto:sakhno@ntu.edu.ua)

ПОЛЯКОВ Віктор Михайлович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри автомобілів Національного транспортного університету.

Наукові інтереси:

- конструкція засобів транспорту;
- підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту;
- засоби підвищення якості та надійності засобів транспорту.

E-mail: [poljakov\\_2006@ukr.net](mailto:poljakov_2006@ukr.net)

САКНО Ольга Петрівна – професор кафедри «Автотехнічне забезпечення» Військової академії (м. Одеса).

Наукові інтереси:

- поліпшення технічної експлуатації засобів транспорту;
- аналіз надійності засобів транспорту.

E-mail: [sakno-olga@ukr.net](mailto:sakno-olga@ukr.net)

ЛИСИЙ Олександр Васильович – начальник кафедри «Автомобільна техніка» Військової академії (м. Одеса), полковник.

Наукові інтереси:

- поліпшення технічної експлуатації засобів транспорту;
- удосконалення надійності конструкцій засобів транспорту.

E-mail: [lenafox107@gmail.com](mailto:lenafox107@gmail.com)

Стаття надійшла до редакції 23.08.2016