

**КОРЕКТУВАННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ  
АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З МЕТОЮ ПОПЕРЕДЖЕННЯ БІЛЬШОСТІ ВІДМОВ**

*Сахно В.П.*, доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, sakhno@i.ua, orcid.org/0000-0002-5144-7131

*Іванушко О.М.*, Національний транспортний університет, Київ, Україна, ivanushko\_o@ukr.net, orcid.org/0000-0003-3759-5856

**CORRECTING PERIODICITY OF MAINTENANCE OF MOTOR VEHICLES  
WITH THE PURPOSE OF PREVENTING THE MAJORITY OF FAILURES**

*Sakhno V.P.*, Ph.D., Engineering (Dr), National Transport University, Kyiv, Ukraine, sakhno@i.ua, orcid.org/0000-0002-5144-7131

*Ivanushko O.M.*, National Transport University, Kyiv, Ukraine, ivanushko\_o@ukr.net, orcid.org/0000-0003-3759-5856

**КОРРЕКТИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ  
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ЦЕЛЬЮ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ БОЛЬШИНСТВА  
ОТКАЗОВ**

*Сахно В.П.*, доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, sakhno@i.ua, orcid.org/0000-0002-5144-7131

*Иванушко А.Н.*, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, ivanushko\_o@ukr.net, orcid.org/0000-0003-3759-5856

**Постановка проблеми.** Витрати на підтримання в працездатному стані автотранспортного засобу (АТЗ) можуть значно перевищувати вартість самого АТЗ. Вони залежать від умов експлуатації, що є індивідуальними для кожної одиниці рухомого складу, і носять випадковий характер.

За підтримання в працездатному стані АТЗ відповідає система технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р). Незалежній Україні, у спадок від Радянського Союзу, дісталася планово-попереджувальна система ТО і Р АТЗ. Діюча система ТО і Р, з метою попередження виникнення відмов, передбачає виконання ТО і поточний ремонт (ПР) по запланованому графіку і не враховує реальний технічний стан тих чи інших елементів конструкції АТЗ [1].

Ця система має свої переваги і недоліки. Основним її недоліком можна визнати незначне пристосування для сучасних автомобілів, особливо іноземного виробництва.

Також, самі виробники автотранспортної техніки розробляють регламент профілактичних ТО для підтримки своєї продукції в працездатному стані. Тобто, розробляють індивідуальну систему ТО і Р для конкретного автомобіля.

Основою системи ТО і Р є структура і нормативи. Структура системи визначається видами (ступенями) відповідних впливів і їх числом. Нормативи включають конкретні значення періодичності впливів, трудомісткості, переліку операцій та ін.

На структуру системи ТО і ремонту впливають рівні надійності і якості автомобілів; цілі, що поставлені перед автомобільним транспортом і ТЕА (Технічною експлуатацією автомобілів); умовами експлуатації; існуючі ресурси; організаційно-технічні обмеження [2].

Нормативи ТО і ремонту, встановлені вітчизняними та закордонними нормативними документами, а також викладені в сервісних книжках автомобілів, відносяться до певних умов експлуатації, що називаються еталонними.

При роботі в інших умовах експлуатації змінюється безвідмовність і довговічність автомобілів, а також витрата трудових і матеріальних ресурсів на ТО і ПР. Тому нормативи коригуються [3].

В зв'язку з тим, що перелік (а в деяких випадках і технологія виконання) ремонтно-обслуговуючих операцій вже визначений заводом-виробником АТЗ, з яким потрібно узгоджувати будь-які зміни даного переліку робіт або брати на себе відповідальність за наслідки від самовільної їх зміни – то, для забезпечення можливості корегування нормативів, доцільно корегувати періодичність

виконання технічних впливів, тим паче, що це допускається згідно «Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту» (Міністерство транспорту України, Київ 1998 р.) [4].

Також, потреба в коректуванні нормативів ТО, що розроблені автовиробниками, зокрема іноземного виробництва, необхідна із-за не повного запобігання виникнення відмов складових частин автомобілів, що експлуатуються в Україні.

Крім того, коректування періодичності виконання ТО має бути науково обґрунтованим і базуватися на експериментальних дослідженнях.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Найважливіша умова підтримки заданого рівня надійності автомобілів в процесі експлуатації є призначення оптимальних режимів ТО і їх періодичності, переліку й трудомісткості операцій або виду обслуговування.

Під оптимальним треба розуміти такий режим, який забезпечує надійну роботу автомобіля та його елементів при мінімальних витратах коштів на ТО і ремонті.

Проблема оптимізації ТО дуже складна, і її можна розглядати в різних аспектах. Проте, як би її не розв'язували, треба враховувати надійність і готовність автомобілів, вплив на них профілактичних робіт [5].

Крім того, треба враховувати різні фактори, що впливають на АТЗ. Основні фактори, що впливають на технічний стан АТЗ під час експлуатації, можна умовно розділити на зовнішні і внутрішні. До зовнішніх факторів можна віднести умови експлуатації АТЗ, що можуть бути індивідуальними і не повторними для кожної одиниці рухомого складу. До внутрішніх – систему ТО і Р, яка визначає основні аспекти виробничої діяльності, направленої на підтримання АТЗ у справному стані [1].

На теперішній час, для оперативного контролю за роботою АТЗ, автотранспортні підприємства застосовують системи моніторингу, що також збирають інформацію про умови роботи автомобіля. Подібні комплекси (під загальною назвою «Моніторинг транспорту»), що слідкують за технічним станом автомобіля та його роботою, вже не перший рік застосовують передові автовиробники вантажної та спеціалізованої техніки, такі як Volvo, Scania, Mercedes, MAN та ін. Дані комплекси відслідковують, як змінюються контрольовані параметри від умовно нормальних і при потребі повідомляють водія чи відповідальну особу про потребу у виконанні певних перевірок, ТО або ремонту. Робота комплексів моніторингу у кожного автовиробника відрізняється від інших. Також існують сторонні фірми, що розробляють подібне обладнання для автомобілів, де не було передбачено можливості використання таких комплексів, хоча в такому випадку не забезпечується максимальний контроль за технічним станом автомобіля.

Крім того, вирішенню проблеми попередження відмов, а отже і ремонтів на автомобільному транспорті було приділено увагу таких вчених як Бажинова О.В., Волошиної Н.А., Говоруценка М.Я., Кузнецова Є.С., Лисого О.В., Лудченка О.А., Полянського О.С., Савченка В.Б., Сметани С.О., Хасанова Р.Х., Чабанного В.Я. та багатьох інших. Кожен з них розробив різні способи покращення безвідмовної роботи АТЗ і методи попередження виникнення відмов, але всі вони були актуальними для свого часу, оскільки використовували існуючі знання і засоби тогочасних науки і техніки.

За таких умов потреба у постійному удосконаленні і покращенні системи ТО і Р, а також засобів і методів по попередженню відмов на автомобільному транспорті, як однієї з основних складових національної економіки, є актуальним напрямком досліджень. Виходячи з цього, виникає потреба у розробленні ефективних методів визначення оптимального моменту проведення технічних впливів на АТЗ з метою запобігання виникнення відмов його складових частин, за допомогою коректування періодичності ТО.

**Метою даної статті** є розробка методики коректування періодичності технічного обслуговування автотранспортних засобів для попередження більшості відмов.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** На основі аналізу статистичних даних про технічну експлуатацію і ремонт рухомого складу, отриманих від ТОВ «Автобудкомплекс-К», що знаходиться в Києві і займається виробництвом будівельних матеріалів і сумішей, а також їх доставкою до замовника і наданням в оренду спеціалізованих машин, було встановлено, що реальний ресурс експлуатуємих ними автотранспортних засобів менший від очікуваного. В якості дослідних об'єктів було обрано автомобілі сімейства КамАЗ-53229 і DAF 85 CF-380 в специфікаціях самоскид і міксер, оскільки підприємство має їх в значній кількості і при цьому вони мають значний період напрацювання на відмову.

На основі обробленої статистичної інформації про характер і момент настання відмов було визначено середній наробіток на відмову основних систем автомобілів, як в кілометрах так і в годинах роботи, та імовірність працездатного стану. Дана інформація наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Середній наробіток на відмову та імовірність працездатного стану автомобілів КамАЗ-53229 і DAF 85 CF-380

Table 1 – The mean time to failure and the probability of a healthy state of cars KamAZ-53229 and DAF 85 CF-380

Автомобіль	Середній очікуваний наробіток на відмову, км	Середній фактичний наробіток на відмову, км	Середній очікуваний наробіток на відмову, год.	Середній фактичний наробіток на відмову, год.	Середня кількість відмов, що припадає на 1 автомобіль, од.	Імовірність працездатного стану, P(t)
КамАЗ-53229 (самоскид)	227924,5	217697,8	5698,1	5442,4	12,05	0,780
КамАЗ-53229 (міксер)	224615,4	214443,2	5615,4	5361,1	11,90	0,732
DAF 85 CF-380 (самоскид)	349239,1	295552,6	8731,0	7388,8	7,10	0,859
DAF 85 CF-380 (міксер)	359409,0	311385,0	8985,0	7785,0	7,10	0,869

Для кожної марки і моделі автомобіля на підприємстві розроблені комплекси технічних дій для підтримання їх в працездатному стані. В основу цих комплексів лягли рекомендації заводів виробників [6, 7], а також досвід експлуатації подібної техніки провідними спеціалістами «Автобудкомплекс-К». Але навіть за таких умов відмови на автомобілях трапляються досить часто.

У кожного з представлених автомобілів, зниження очікуваного напрацювання на відмову індивідуальне, що характеризується їх конструктивними особливостями та умовами експлуатації, а в таблиці 2 представлено їхнє відсоткове значення для окремих основних складових частин.

Таблиця 2 – Відсоток зниження фактичного напрацювання на відмову від очікуваного

Table 2 – The percentage reduction in the actual time to failure of the expected

Основні складові частини		Зниження фактичного напрацювання на відмову від очікуваного, %			
		Самоскид		Міксер	
		DAF	КамАЗ	DAF	КамАЗ
1	Двигун і навісне обладнання	10,7	3,8	2,9	4,8
2	Трансмсія	2,3	5,7	2,0	4,5
3	Ходова частина	8,0	7,9	14,6	7,1
4	Рульове керування	2,3	3,7	1,7	2,8
5	Гальмівна система	0,4	2,7	0,4	2,1
6	Електрообладнання	6,4	7,6	2,1	3,9
7	Шасі	0,0	2,2	0,5	2,5

Загалом, представлені в таблиці 2 значення досить подібні для більшості елементів конструкції автомобілів одного сімейства, але є суттєві відмінності. Так відсоток зниження фактичного напрацювання на відмову двигуна і навісного обладнання автомобілів DAF самоскид перевищує на 7,8 % аналогічний для міксерів. В той же час у автомобілів DAF міксерів присутнє значне зниження напрацювання на відмову по ходовій частині. Також має місце зниження напрацювання на відмову по електрообладнанню автомобілів самоскидів DAF і КамАЗ в порівнянні з міксерами.

Подібна тенденція обумовлена в першу чергу, тим, що в свій час ремонтно-експлуатаційна служба ТОВ «Автобудкомплекс-К» експериментувала із аналогами складових компонентів саме цих

автомобілів і систем з метою пошуку більш дешевих заміників, які виявилися не достатньо якісними і надійними.

Крім того, відмови у навісному обладнанні самоскидів також зумовлені сильною запиленістю оточуючого середовища, в якому вони значний період часу знаходяться, а у міксерів із-за більшої вібрації, що передається на ходову частину від роботи приводних механізмів і самого міксера. Проблеми з електрообладнанням у самоскидів частково пов'язані із запиленістю оточуючого середовища, коли пил потрапляє, зокрема, в «коси» електро-мережі і пришвидшує процес їхнього перетирання, а частково із-за дорожніх умов експлуатації, оскільки самоскиди часто рухаються по тимчасовим дорогам із щебню або гравію, який вилітає з під коліс інших автомобілів і розбиває або пошкоджує освітлювальні елементи і виводить їх з ладу.

Але навіть за таких умов більшу частину відмов, що трапляються на автомобілях, реально можна попередити шляхом оперативного коректування періодичності їх технічного обслуговування.

Запропонована в даній статті методика проводить коректування періодичності технічного обслуговування на основі статистичної інформації про роботу автомобіля за формулою:

$$K = A \cdot K_{TB} + B \cdot P(t) + C \cdot K_{ПВ} \quad (1)$$

де  $A$ ,  $B$  і  $C$  – вагові коефіцієнти [8];

$K_{TB}$  – коефіцієнт технічного використання, що характеризує ефективність виробничо-технічної бази та обраної системи ТО і ремонту на виробництві, а також ремонтпридатність об'єкта обслуговування (ремонту), розраховується за формулою:

$$K_{TB} = \frac{T_{P6}}{T_{P6} + T_{TO} + T_P} \quad (2)$$

де  $T_{P6}$ ,  $T_{TO}$  і  $T_P$  – відповідно час в роботі, ТО і ремонті, год.

$P(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи – ймовірність того, що протягом заданого наробітку відмова об'єкта не виникне, характеризує конструктивні особливості автомобіля, що впливають на його надійність та безвідмовність роботи в заданому інтервалі часу, визначається [3]:

$$P(t) = 1 - \frac{N_P(t)}{N_P(t) + N_{TO}(t)} \quad (3)$$

де  $N_P(t)$  і  $N_{TO}(t)$  – відповідно кількість ремонтів і дій технічного обслуговування за певний період роботи автомобіля  $t$ .

$K_{ПВ}$  – коефіцієнт потенційного використання автомобіля, характеризує інтенсивність використання автомобіля для виконання ним певної роботи (в нашому випадку вантажного циклу), відносно нормальних умов, коли забезпечується його максимальна безвідмовність по технічним причинам. Цей параметр відображає відношення нормального обсягу транспортної роботи автомобіля, при якому задана періодичність технічного обслуговування дозволяє забезпечити високий рівень безвідмовної роботи автомобіля, до фактичного.

Транспортна робота, у загальному випадку, визначається за виразом [2, 10, 11]:

$$W = D_P \cdot \alpha_B \cdot q \cdot \gamma \cdot L_{CD} \cdot \beta \quad (4)$$

де  $D_P$  – кількість робочих днів за звітний період, дні;

$\alpha_B$  – коефіцієнт випуску автомобіля на лінію;

$q$  – номінальна вантажопідйомність автомобіля, т;

$\gamma$  – коефіцієнт використання вантажопідйомності;

$L_{CD}$  – середньо-добовий пробіг автомобіля, км;

$\beta$  – коефіцієнт використання вантажопідйомності.

Як видно з формули (4), такі параметри як  $D_P$  і  $\alpha_B$  характеризують ефективність організаційних процесів на виробництві,  $q$  задається технічною характеристикою автомобіля,  $L_{CD}$  є випадковою величиною і залежить від дорожніх умов експлуатації і організації перевезень, а коефіцієнти  $\gamma$  і  $\beta$  уточнюють інтенсивність використання автотранспортного засобу (АТЗ) за звітний період, де  $\gamma$

враховує завантаженість автомобіля, в тому числі і перевантаженість, а  $\beta$  враховує шлях пройдений автомобілем з вантажем, тобто період використання автомобіля за призначенням. Останні два параметри в сумі будуть виражати ефективність використання автомобіля, а отже і інтенсивність. Задавши їм значення, що відповідатимуть нормальним умовам експлуатації автомобіля, їх можна застосовувати для порівняння з реальними показниками. Дане відношення дасть нам можливість визначити коефіцієнт потенційного використання автомобіля, вираз якого матиме вигляд:

$$K_{ПВ} = \frac{\gamma_n \cdot \beta_n}{\gamma_\phi \cdot \beta_\phi} \quad (5)$$

де  $\gamma_n$  і  $\beta_n$  – нормальні коефіцієнти використання вантажопідйомності автомобіля і пробігу, за яких досягаються максимальні транспортна робота і коефіцієнт безвідмовності автомобіля;  
 $\gamma_\phi$  і  $\beta_\phi$  – фактичні коефіцієнти використання вантажопідйомності автомобіля і пробігу.

На основі статистичного аналізу умов використання автомобілів в ТОВ «Автобудкомплекс-К» було встановлено, що фактичне значення коефіцієнта використання вантажопідйомності  $\gamma_\phi$  лежить в межах 0,51...0,94 для самоскидів і 0,75...0,95 для міксерів, а коефіцієнта використання пробігу  $\beta_\phi$  дорівнює 0,5 для обох груп автомобілів. Оскільки коефіцієнт використання пробігу  $\beta$  є практично постійною величиною, для даного роду перевезень, то приймаємо рішення, що нормальне його значення дорівнює 0,5, а подальший аналіз проводиться відносно коефіцієнта використання вантажопідйомності  $\gamma$ .

Згідно даних про обсяг транспортної роботи і кількості відмов встановлено, що автомобілі, які перевезли більшу кількість вантажу, мали більшу кількість відмов. Було відібрано автомобілі з найбільшою кількістю відмов, що припадала на 1000 т перевезеного вантажу, і розраховано їхню ймовірність безвідмовної роботи за звітній період, що в середньому складо  $P(t) = 0,368$ . Якщо прийняти судження, що  $P(t) = 0,368$  при  $\gamma = 1$ , то згідно формули (6) можна визначити  $\gamma$  при  $P(t) = 0,5$ , що в теорії надійності вважається мінімально допустимою величиною ймовірності безвідмовної роботи (див. рис. 1).

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (6)$$

де  $e$  – основа натурального логарифма (число Ейлера,  $e = 2,718$ )

$\lambda$  – умовна густина імовірності виникнення відмови об'єкта, яка визначається за умови, що до цього моменту відмова не виникла [12], визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{1}{T_0} \quad (7)$$

де  $T_0$  – середній час (пробіг) безвідмовної роботи, год (км).

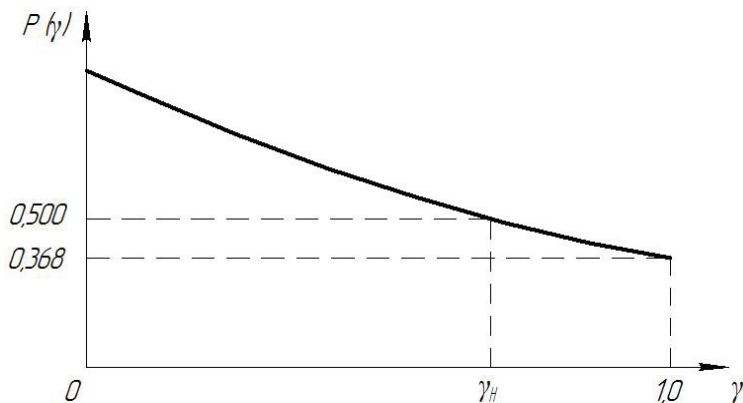


Рисунок 1 – Графічна інтерпретація зміни ймовірності безвідмовної роботи від коефіцієнта використання вантажопідйомності

Figure 1 – Graphic interpretation of the change in the probability of failure-free operation from coefficient using of load capacity



Таким чином, при  $P(\gamma) = 0,5$  коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля становитиме  $\gamma = 0,693$ , саме це значення приймаємо за нормальне.

Для перевірки адекватності запропонованої методики, було розроблено математичну модель, що на основі статистичних даних генерує випадкові транспортні процеси та момент появи відмови, враховуючи які визначається коректуючий коефіцієнт  $K$  періодичності технічного обслуговування. Коригування виконувалося для представлених вище вантажних автомобілів, а дані про середню кількість відмов та їх попередження представлено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Статистика попередження відмов  
Table 3 – Failure warning statistics

Автомобіль	Середня кількість зафіксованих відмов	Середня кількість попереджених відмов	Запланована періодичність ТО, км. (мото-год. для міксерів)	Середня скоригована періодичність ТО, км. (мото-год. для міксерів)	Загальний час в ремонті до коригування, год.	Загальний час в ремонті після коригування, год.
КамАЗ самоскид	11,1	4,5	8000	7168	66,4	39,2
DAF самоскид	6,6	2,6	35000	31103	55,7	33,7
КамАЗ міксер	9,8	4,6	200	173	56,0	23,2
DAF міксер	7,6	4,6	625	544	64,1	22,5

Як видно з таблиці 3, найкращі результати попередження відмов, після коригування періодичності ТО, показують автомобілі в специфікації міксер. Це пояснюється тим, що в них періодичність ТО визначається не тільки в кілометрах пробігу, а й в мото-годинах роботи, що більш точно враховує період їхнього користування. Для кожної групи автомобілів відсоток попередження відмов та тривалість їхнього простою в ремонті своя, що характеризується конструктивними особливостями автомобілів та індивідуальними умовами експлуатації.

Відмови, що не були попереджені, в більшості, несуть випадковий характер, що утруднює їхнє попередження.

**Висновок.** За допомогою математичного моделювання, що використовує статистичну інформацію про роботу і відмови автомобілів КамАЗ і DAF, було перевірено адекватність роботи запропонованої методики коригування періодичності ТО, що повинна запобігти виникненню більшості відмов. Виходячи з отриманих значень, кількість відмов, що виникли після коригування періодичності ТО загалом скоротилася на 46,86 %, це при тому що в середньому періодичність обслуговування після коректування скоротилася на 10,75 % для самоскидів і 13,30 % для міксерів. В той же час, скорочення часу простою автомобілів в ремонті скоротилося на 40,23 % для самоскидів і на 61,10 % для міксерів.

На основі отриманих даних можна зробити висновок, що загалом спостерігається позитивна тенденція до покращення загального рівня безвідмовної роботи автомобілів КамАЗ і DAF, відносно яких було застосовано коригування періодичності ТО за допомогою представленої вище методики, що в свою чергу підтверджує її адекватність.

**Перспективи подальшого дослідження.** З метою удосконалення представленої методики коректування періодичності виконання ТО для вантажних автомобілів і спеціальних машин необхідно провести додаткові натуральні експерименти. Крім того, залишається відкритим питання, щодо можливості попередження або профілактики виникнення раптових відмов, які мають місце за будь-яких умов експлуатації.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вплив умов експлуатації та системи технічного обслуговування і ремонту на технічний стан автотранспортних засобів / Сахно В.П., Іванушко О.М. // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2017. – Вип. 1 (37). – 363-372 с.

2. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и дополн. / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. – М.: Наука, 2001. – 535 с.
3. Макарова А.Н. Методика оперативного корректирования нормативов периодичности технического обслуживания с учетом фактических условий эксплуатации автомобилей / Дис... канд. техн. наук 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / Макарова А.Н.; Тюмен. гос. нефтегаз. ун. — Тюмень, 2015. — 208 с. — рус.
4. До аналізу методів визначення періодичності виконання технічних впливів / Сахно В.П., Іванушко О.М. // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2017. – Вип. 3 (39). – 53-65 с.
5. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник. – К.: Вища шк., 2007. – 527 с.
6. Сервисная книжка КАМАЗ. Модели: 65115, 65116, 65117, 6540, 43253, 43255. / Акинин С.А., Нурмехамитов М. Н., Якунин В.Н. – Набережные Челны, 2010 г. – 79 с.
7. Интервалы обслуживания при ТО // Интерсервис – официальный сервисный партнер DAF Trucks N.V. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.daf-tlt.ru/maintapplication.daf>.
8. Визначення вагових коефіцієнтів для побудови математичної моделі коректування періодичності проведення технічного обслуговування і ремонту / Сахно В.П., Біліченко В.В., Іванушко О.М. // Вісник машинобудування та транспорту. – В.: ВНТУ, 2017. – Вип. 2 (6) – С. 141 – 149.
9. Грузовые автомобильные перевозки / Воркут А.И. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 447 с.
10. Лукинский В.С., Зайцев Е.И. Прогнозирование надежности автомобилей. – Л.: Политехника, 1991. – 224 с.: ил.
11. ДСТУ 2860-94: Надійність техніки. Терміни та визначення. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 34 с.

#### REFERENCES

1. Sahno, V.P., Ivanushko, A.M. Vplyv umov ekspluatatsii ta systemy tehnicnoho obsluhovuvania i remontu na tehnicnyi stan avtotransportnyh zasobiv [Influence of operating conditions and systems maintenance and repair on the technical state of motor vehicles]. *Visnik natsionalnoho transportnoho universitetu – Herald of National Transport University*, 2017, issue 1(37), pp. 363-372.
2. Kuznetsov E.S., Boldin A.P., Vlasov V.M. et al. (2001). *Tehnicheskaia ekspluatatsiia avtomobiley* [Technical exploitation of cars]. Moscow, Nauka, 2001. 535 p.
3. Makarova A.N. *Metodika operativnogo korrektirovaniya normativov periodichnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniya s uchetom facticheskikh usloviy ekspluatatsii avtomobiley* Cand. Sc. [Methods of promptly adjusting the standards of frequency of maintenance, taking into account the actual conditions of operation of vehicles]. Tyumen, 2015. 208 p.
4. Sahno, V.P., Ivanushko, A.M. Do analisy metodiv vyznachennya periodychnosti vykonannya tekhnichnykh vplyviv [Analysis for the determination of the periodicity performance of technical influence]. *Visnik natsionalnoho transportnoho universitetu – Herald of National Transport University*, 2017, issue 1(39), pp. 53-65.
5. Ludchenko O.A. (2007). *Tekhnichna ekspluatatsiia i obslughovuvania avtomobiliv* [Technical exploitation and service of cars]. Kiev, Vyshcha shkola, 2007. 527 p.
6. Akinin S.A., Nurmekhamitov M.N., Yakunin V.N. *Servisnaya knizhka KAMAZ. Modeli: 65115, 65116, 65117, 6540, 43253, 43255* [Service book KAMAZ. Model: 65115, 65116, 65117, 6540, 43253, 43255]. Naberezhnye chelny, 2010. 79 p.
7. *Intervaly obsluzhivaniya pri TO*. Available at: <http://www.daf-tlt.ru/maintapplication.daf>.
8. Sahno, V.P., Bilichenko V.V., Ivanushko, A.M. *Vyznachennya vahovykh koefitsientiv dlya pobudovy matematychnoi modeli korektuvannya periodychnosti provedennya tekhnichnoho obsluhovuvannya i remontu* [Definition of weighted coefficients for building mathematical model of correction periodicity of maintenance and repair]. *Visnyk mashynobuduvannya ta transportu – Herald of engineering and transport*, 2017, issue 2(6), pp. 141-149.
9. Vorkut A.I. *Gruzovye avtomobilnye perevozki* [Freight transport by road]. Kyiv, Vyshcha shkola, 1986, 447 p.
10. Lukinskiy V.S., Zaytsev Ye.I. *Prognozirovanie nadezhnosti avtomobiley* [Car reliability prediction]. Lvov, Politekhika, 1991, 224 p.

11. DSTU 2860-94. Nadiinist tekhniky. Terminy ta vyznachennya [State standard 2860-94. Reliability of technology. Terms and definitions]. Kyiv, Derzhstandart Ukrainy, 1994. 34 p.

### РЕФЕРАТ

Сахно В.П. Коректування періодичності технічного обслуговування автотранспортних засобів з метою попередження більшості відмов / В.П. Сахно, О.М. Іванушко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2019. – Вип. 1 (43).

У статті представлено методику коригування періодичності технічного обслуговування автотранспортних засобів та доведено її адекватність.

Об'єкт дослідження – періодичність технічного обслуговування, що змінюється під дією зовнішніх і внутрішніх умов експлуатації автотранспортного засобу.

Мета роботи – розробка методики коректування періодичності технічного обслуговування автотранспортних засобів для попередження більшості відмов.

Методи дослідження – імітаційне математичне моделювання.

Витрати на підтримання в працездатному стані автотранспортного засобу (АТЗ) можуть значно перевищувати вартість самого АТЗ. Вони залежать від умов експлуатації, що є індивідуальними для кожної одиниці рухомого складу і носять випадковий характер.

За підтримання в працездатному стані АТЗ відповідає система технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р). Основою системи ТО і Р є структура і нормативи. Структура системи визначається видами відповідних впливів і їх числом. Нормативи включають конкретні значення періодичності впливів, трудомісткості, переліку операцій та ін.

У зв'язку з тим, що перелік ремонтно-обслуговуючих операцій вже визначений заводом-виробником АТЗ, з яким потрібно узгоджувати будь-які зміни даного переліку або брати на себе відповідальність за наслідки від самовільної їх зміни, то для забезпечення можливості корегування нормативів доцільно корегувати періодичність виконання технічних впливів.

Найважливішою умовою підтримки заданого рівня надійності автомобілів в процесі експлуатації є призначення оптимальних режимів ТО і їх періодичності, переліку й трудомісткості операцій або виду обслуговування.

Вирішенню проблеми попередження відмов на автомобільному транспорті було приділено увагу таких вчених, як Бажинова О.В., Волошиної Н.А., Говоруценка М.Я., Кузнецова Є.С., Лисого О.В., Лудченка О.А., Полянського О.С., Савченка В.Б., Сметани С.О., Хасанова Р.Х., Чабанного В.Я. та багатьох інших. Кожен з них розробив різні способи покращення безвідмовної роботи АТЗ і методи попередження виникнення відмов, але всі вони були актуальними для свого часу, оскільки використовували існуючі знання і засоби тогочасних науки і техніки.

На основі аналізу статистичних даних про технічну експлуатацію і ремонт автомобілів сімейства КамАЗ-53229 і DAF 85 CF-380 в специфікаціях самоскид і міксер було встановлено, що реальний ресурс експлуатуємих автотранспортних засобів менший від очікуваного. На основі обробленої статистичної інформації про характер і момент настання відмов було визначено середній наробіток на відмову основних систем автомобілів та імовірність працездатного стану.

Запропонована в даній статті методика проводить коректування періодичності технічного обслуговування на основі статистичної інформації про роботу і експлуатацію автомобілів, виражену через:  $K_{ТВ}$  – коефіцієнт технічного використання, що характеризує ефективність виробничо-технічної бази та обраної системи ТО і Р на виробництві, а також ремонтпридатність об'єкта обслуговування (ремонт);  $P(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи, характеризує конструктивні особливості автомобіля, що впливають на його надійність та безвідмовність роботи в заданому інтервалі часу;  $K_{ПВ}$  – коефіцієнт потенційного використання автомобіля, характеризує інтенсивність використання автомобіля для виконання ним певної роботи відносно нормальних умов, коли забезпечується його максимальна безвідмовність по технічним причинам.

За допомогою розробленої математичної моделі було перевірено адекватність роботи запропонованої методики. Виходячи з отриманих значень, кількість відмов, що виникли після коригування періодичності ТО загалом скоротилася на 46,86 %, в той же час скорочення часу простою автомобілів в ремонті склало 40,23 % для самоскидів і 61,10 % для міксерів.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** КОРЕКТУВАННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, БЕЗВІДМОВНА РОБОТА, ПОПЕРЕДЖЕННЯ ВІДМОВ.



### ABSTRACT

Sakhno V.P., Ivanushko A.N. Correcting periodicity of maintenance of motor vehicles with the purpose of preventing the majority of failures. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2019. – Issue 1 (43).

In the article to presents the method of adjusting the frequency of maintenance of vehicles and proved its adequacy.

The object of study – the frequency of maintenance, which varies under the influence of external and internal conditions of operation of the vehicle.

Objective – presentation of the developed method of adjusting the frequency of maintenance of vehicles to prevent the majority of failures.

Research Methods – simulation mathematical modeling.

The cost of maintaining a motor vehicle in working condition can significantly exceed the cost of the motor vehicle itself. They depend on the operating conditions, which are individual for each unit of rolling stock and are random in nature.

The maintenance and repair system is in charge of maintaining the vehicle in working condition. The basis of the maintenance and repair system is the structure and norms. The structure of the system is determined by the types of relevant impacts and their number. Norms include specific values of the frequency of impacts, labor input, list of operations, etc.

Due to the fact that the list of repair and maintenance operations has already been determined by the vehicle manufacturer, with which any changes to this list need to be coordinated or to take responsibility for the consequences of unauthorized changes, it is advisable to correcting the frequency of compliance technical impacts.

The most important condition for maintaining a given level of reliability of vehicles in the process of operation is the assignment of optimal maintenance regimes - their frequency, list and complexity of operations or type of service.

The problem of preventing failures in road transport was paid attention to such scientists as Bazhinov A.V., Voloshin N.A., Govorushchenko M.Ya., Kuznetsova E.S., Lysyu A.V., Ludchenko A.A., Polyansky A.S., Savchenko V.B., Smetana S.A., Khasanova R.Kh., Chabanny V.Ya. and many others. Each of them developed various ways to improve the uptime of motor vehicles and methods to prevent the occurrence of failures, but all of them were relevant for their time, since they used the existing knowledge and tools of the then science and technology.

Based on the analysis of statistical data on the technical operation and repair of the KAMAZ-53229 and DAF 85 CF-380 vehicles in the dump truck and mixer specifications, it was found that the actual service life of the vehicles in use is less than expected. On the basis of the processed statistical information on the nature and moment of the onset of failures, the average time between failures of the main vehicle systems and the probability of a healthy state were determined.

The method proposed in this article conducts correcting to the frequency of maintenance based on statistical information about the operation and operation of vehicles expressed through:  $K_{TU}$  – the coefficient of technical use, characterizing the efficiency of the production and technical base and the selected system of maintenance and repair in production, as well as maintainability of the object of service (repair);  $P(t)$  – is the probability of failure-free operation, characterizes the design features of the car, affecting its reliability and trouble free work in a given time interval;  $K_{PU}$  – the coefficient of the potential use of the car, It characterizes the intensity of the use of the car to perform a certain work, relatively normal conditions, when it ensures its maximum reliability for technical reasons.

Using the developed mathematical model, the adequacy of the proposed method was tested. Based on the values obtained, the number of failures that occurred after adjusting the frequency of maintenance, generally decreased by 46,86 %, while at the same time the reduction in idle time of cars under repair decreased by 40,23 % for dump trucks and 61,10 % for mixers.

KEYWORDS: CORRECTING THE PERIODICITY OF MAINTENANCE SERVICE, THE FAILURE-FREE OPERATION, WARNING FAILURES.

### РЕФЕРАТ

Сахно В.П. Корректирование периодичности технического обслуживания автотранспортных средств с целью предупреждения большинства отказов / В.П. Сахно, А.Н. Иванушко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2019. – Вып. 1 (43).

В статье представлена методика корректировки периодичности технического обслуживания автотранспортных средств и доказана ее адекватность.

Объект исследования – периодичность технического обслуживания, которая меняется под действием внешних и внутренних условий эксплуатации автотранспортного средства.

Цель работы – разработка методики корректирования периодичности технического обслуживания автотранспортных средств для предупреждения большинства отказов.

Методы исследования – имитационное математическое моделирование.

Расходы на поддержание в работоспособном состоянии автотранспортного средства (АТС) могут значительно превышать стоимость самого АТС. Они зависят от условий эксплуатации, являющихся индивидуальными для каждой единицы подвижного состава, и носят случайный характер.

За поддержание в работоспособном состоянии АТС отвечает система технического обслуживания и ремонта (ТО и Р). Основой системы ТО и Р является структура и нормативы. Структура системы определяется видами соответствующих воздействий и их числом. Нормативы включают конкретные значения периодичности воздействий, трудоемкости, перечень операций и др.

В связи с тем, что перечень ремонтно-обслуживающих операций уже определен заводом-изготовителем АТС, с которым нужно согласовывать любые изменения данного перечня или брать на себя ответственность за последствия самовольной их изменения, то для обеспечения возможности корректировки нормативов целесообразно корректировать периодичность выполнения технических воздействий.

Важнейшим условием поддержания заданного уровня надежности автомобилей в процессе эксплуатации является назначения оптимальных режимов ТО и их периодичности, перечня и трудоемкости операций или вида обслуживания.

Решению проблемы предупреждения отказов на автомобильном транспорте было уделено внимание таких ученых как Бажинова А.В., Волошиной Н.А., Говорущенко М.Я., Кузнецова Е.С., Лысого А.В., Лудченко А.А., Полянского А.С., Савченко В.Б., Сметаны С.А., Хасанова Р.Х., Чабанного В.Я. и многих других. Каждый из них разработал различные способы улучшения безотказной работы АТС и методы предупреждения возникновения отказов, но все они были актуальными для своего времени, поскольку использовали существующие знания и средства тогдашних науки и техники.

На основе анализа статистических данных про техническую эксплуатацию и ремонт автомобилей семейства КамАЗ-53229 и DAF 85 CF-380 в спецификациях самосвал и миксер было установлено, что реальный ресурс эксплуатируемых автотранспортных средств меньше ожидаемого. На основе обработанной статистической информации о характере и моменте наступления отказов были определены средняя наработка на отказ основных систем автомобилей и вероятность работоспособного состояния.

В предложенной в данной статье методика корректирование периодичности технического обслуживания проводится на основе статистической информации о работе и эксплуатацию автомобилей, выраженных через:  $K_{ТГ}$  – коэффициент технического использования, характеризующий эффективность производственно-технической базы и выбранной системы ТО и Р на производстве, а также ремонтпригодность объекта обслуживания (ремонта);  $P(t)$  – вероятность безотказной работы, характеризует конструктивные особенности автомобиля, влияющие на его надежность и безотказность работы в заданном интервале времени;  $K_{ПИ}$  – коэффициент потенциального использования автомобиля, характеризует интенсивность использования автомобиля для выполнения им определенной работы, относительно нормальных условиях, когда обеспечивается его максимальная безотказность по техническим причинам.

С помощью разработанной математической модели было проверено адекватность работы предложенной методики. Исходя из полученных значений, количество отказов, возникших после корректирования периодичности ТО, в целом сократилось на 46,86 %, в то же время сокращение времени простоя автомобилей в ремонте составило 40,23 % для самосвалов и 61,10 % для миксеров.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** КОРРЕКТИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, БЕЗОТКАЗНАЯ РАБОТА, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ОТКАЗОВ.

#### **АВТОРИ:**

Сахно Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор, завідувач кафедри «Автомобілі», e-mail: sakhno@i.ua, тел.(044) 280-42-52, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка 1, к. 301, orcid.org/0000-0002-5144-7131.

Іванушко Олександр Миколайович, асистент кафедри «Технічна експлуатація автомобілів та автосервіс», аспірант кафедри «Автомобілі», e-mail: ivanushko\_o@ukr.net, тел.(044) 280-56-21, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка 1, к. 410, orcid.org/0000-0003-3759-5856.

**AUTHOR:**

Sakhno Volodymyr P., Ph.D., Engineering (Dr), professor, National Transport University, professor, head of department of automobile, e-mail: sakhno@i.ua, tel. (044)280-42-52, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka str. 1, of. 301, orcid.org/0000-0002-5144-7131.

Ivanishko Oleksandr M., assistant department of technical operation of cars and service station, postgraduate, department of automobile, e-mail: ivanushko\_o@ukr.net, tel.(044)280-56-21, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka str. 1, of. 410, orcid.org/0000-0003-3759-5856.

**АВТОРЫ:**

Сахно Владимир Прохорович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили», e-mail: sakhno@i.ua, тел. (044) 280-42-52, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленка 1, к. 301, orcid.org/0000-0002-5144-7131.

Иванушко Александр Николаевич, ассистент кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей и автосервис», аспирант кафедры «Автомобили», e-mail: ivanushko\_o@ukr.net, тел.(044) 280-56-21, Украина, 01010, м. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленка 1, к. 410, orcid.org/0000-0003-3759-5856.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Грищук О.К., кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, проректор з навчальної роботи, Київ, Україна.

Кравченко О.П., доктор технічних наук, професор, Житомирський державний технологічний університет, завідувач кафедри автомобілі і транспортні технології, Житомир, Україна.

**REVIEWER:**

Gryshchuk O.K., Candidate of Science (Engineering), Professor, National Transport University, Vice Rector for Academic Affairs, Kyiv, Ukraine.

Kravchenko A.P., Doctor of Technical Sciences, professor, Zhytomyr State Technological University, head of the automobiles and transport technologies department, Zhytomyr, Ukraine.