

УДК 629.3.083

Ю.Ю.Кукурудзяк

Вінницький національний технічний університет

## АНАЛІЗ СТРАТЕГІЙ І МЕТОДІВ ПІДТРИМАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ РОБОТОЗДАТНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛІВ

*В роботі приведено класифікацію та порівняльний аналіз існуючих методів визначення періодичності профілактичних робіт автомобілів. Проаналізовано стратегію технічної експлуатації автомобілів "за ресурсом" та перспективи впровадження стратегії "за станом".*

Ключові слова: *технічна експлуатація, стратегія, періодичність, обслуговування.*

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день в Україні є діючою планово-попереджувальна система технічного обслуговування (ТО) і ремонту автомобілів в основі якої лежить стратегія технічної експлуатації "за ресурсом". Ця система була впроваджена багато десятиків років тому, коли марочний склад і умови експлуатації автомобілів на підприємствах значно відрізнялись від сучасних. Тенденція збільшення кількості і зменшення розмірів підприємств, які надають транспортні послуги значно ускладнила процес контролю їх діяльності та технічного стану автомобілів, організацію вчасного та якісного виконання робіт з ТО і ремонту. На малих підприємствах економічно не доцільно виконувати і не можливо технічно забезпечити повний комплекс робіт з підтримання автомобілів в технічно справному стані. Окрім цього, інтенсивний розвиток і ускладнення конструкції автомобілів в напрямку впровадження електронних систем керування значно покращують їх експлуатаційні властивості, але, водночас, істотно загострюють проблему підвищення ефективності процесів їх експлуатації та обслуговування, розроблення нових і удосконалення існуючих стратегій технічної експлуатації автомобілів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Стратегії, способи і методи контролю технічного стану автомобілів в цілому чи їх окремих систем (агрегатів, вузлів) постійно розвиваються і удосконалюються. Питання обґрунтування періодичності технічного обслуговування автомобілів розглядаються в багатьох наукових роботах [1-5]. Але разом з цим можна констатувати той факт, що на сьогоднішній день не існує єдиної науково обґрунтованої думки (чи розробленої системи), яка б задовольняла сучасні вимоги щодо періодичності та змісту профілактичних робіт і діагностування автомобілів, а також оперативної підтримки їх в технічно справному (роботоздатному) стані.

**Мета роботи.** Виконати порівнювальний аналіз існуючих стратегій і методів визначення періодичності робіт технічного обслуговування автомобілів. Охарактеризувати необхідність та перспективи впровадження стратегії технічної експлуатації "за станом".

**Матеріали і результати дослідження.** Будь-яка система автомобіля характеризується рядом конструктивних параметрів та експлуатаційних показників, які закладаються в процесі проектування і виготовлення автомобіля. В ході експлуатації у всіх деталях, вузлах, агрегатах і системах автомобіля проходять незворотні процеси пов'язані із спрацюванням поверхонь, втомленістю матеріалів, корозією, механічними пошкодженнями та ін., внаслідок чого змінюється їх технічний стан, виникають відмови та несправності.

Вибір стратегії та системи ТО і ремонту автомобілів перш за все ґрунтується на її досконалості і ефективності. Ці фактори в першу чергу визначаються ступенем взаємодії між об'єктивно існуючим процесом зміни технічного стану автомобіля і процесом експлуатації, який передбачає підтримання і відновлення роботоздатності. Вимоги до системи ТО і ремонту можна звести до основних двох [4]:

- забезпечення надійної роботи автомобілів;
- мінімальні витрати на ТО і ремонт автомобілів;

Загальні витрати  $C_{заг}$  на підтримання роботоздатного стану автомобіля є цільовою функцією і складаються з витрат на профілактичні роботи та витрат на відновлювальні роботи  $C_{заг} = C_{проф} + C_{відн}$  [1, 4]. Значення та співвідношення  $C_{проф}$  і  $C_{відн}$  у свою чергу залежать від періодичності профілактичних робіт. Це співвідношення може змінюватись у залежності від прийнятої стратегії підтримання і відновлення роботоздатного стану автомобілів. Існуючі стратегії можна згрупувати і виділити основні напрямки (рис. 1).

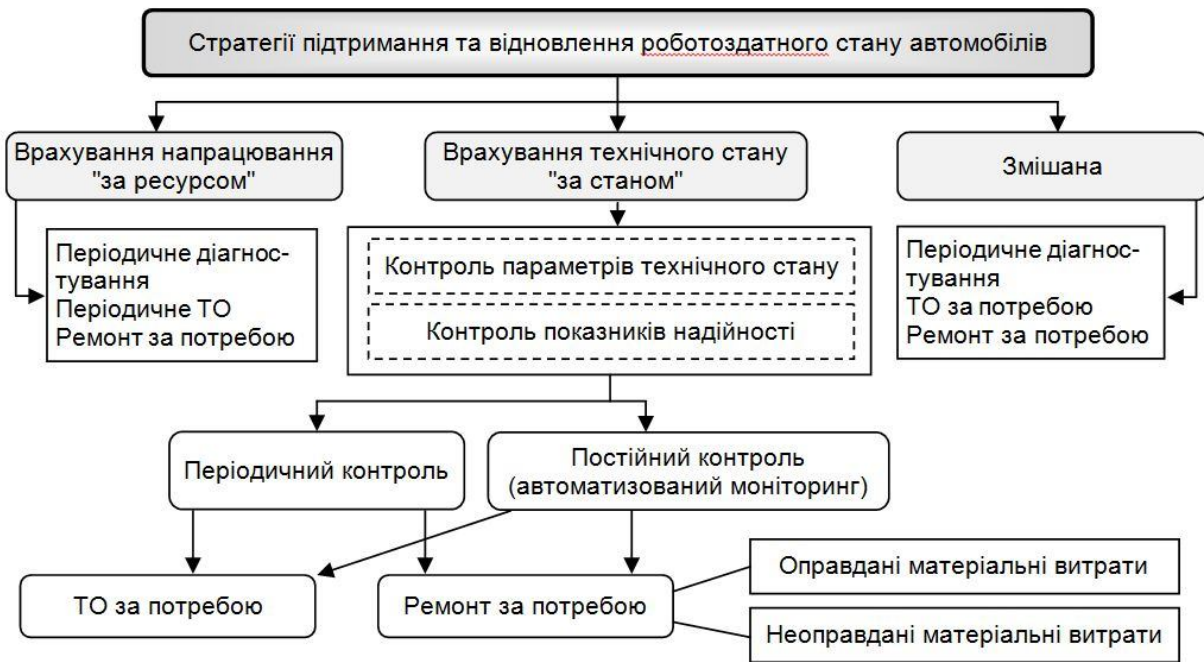


Рис. 1. Стратегії підтримання та відновлення роботоздатного стану автомобілів

Порівняльний аналіз методів визначення періодичності ТО виконаємо за критеріями показаними на рис. 2. Основними з приведених критеріїв є можливість контролювання необхідного рівня надійності (ймовірності безвідмовної роботи)  $P(x)$  кожної окремої системи автомобіля, можливість мінімізації сумарних витрат на профілактичні та відновлювальні роботи  $C_{заг}$ , ступінь раціонального використання ресурсу, який визначається коефіцієнтом раціональної періодичності  $\beta = L_{ТО} / \bar{x}$ , де  $\bar{x}$  – середнє напрацювання на відмову;  $L_{ТО}$  – періодичність обслуговування, а також можливість врахування індивідуальних конструктивних особливостей автомобіля та умов його експлуатації. Кожен критерій оцінюється за трьома рівнями: високий, середній і низький, які характеризують ступінь впливу або ступінь врахування того чи іншого критерію при визначенні періодичності технічного обслуговування. Метод прогнозування значень параметрів технічного стану автомобіля передбачає врахування закономірностей зміни поточного параметра  $y$  в порівнянні з допустимим значенням цього параметра  $y_{дон}$ . Врахування ймовірності безвідмовної роботи передбачає визначення періодичності ТО з умови при якій розрахункова ймовірність безвідмовної роботи перевищує попередньо задану допустиму величину:  $P(x) \geq P(x)_{дон}$ . Врахування середнього напрацювання на відмову передбачає визначення періодичності ТО з умови порівняння:  $L_{ТО} < \bar{x}$ . Техніко-економічний метод враховує економічну доцільність виконання профілактичних робіт на визначеному пробігу автомобіля і визначається з критерію мінімуму цільової функції сумарних витрат на профілактичні та відновлювальні роботи:  $C_{заг} = C_{проф} + C_{відн}$ .

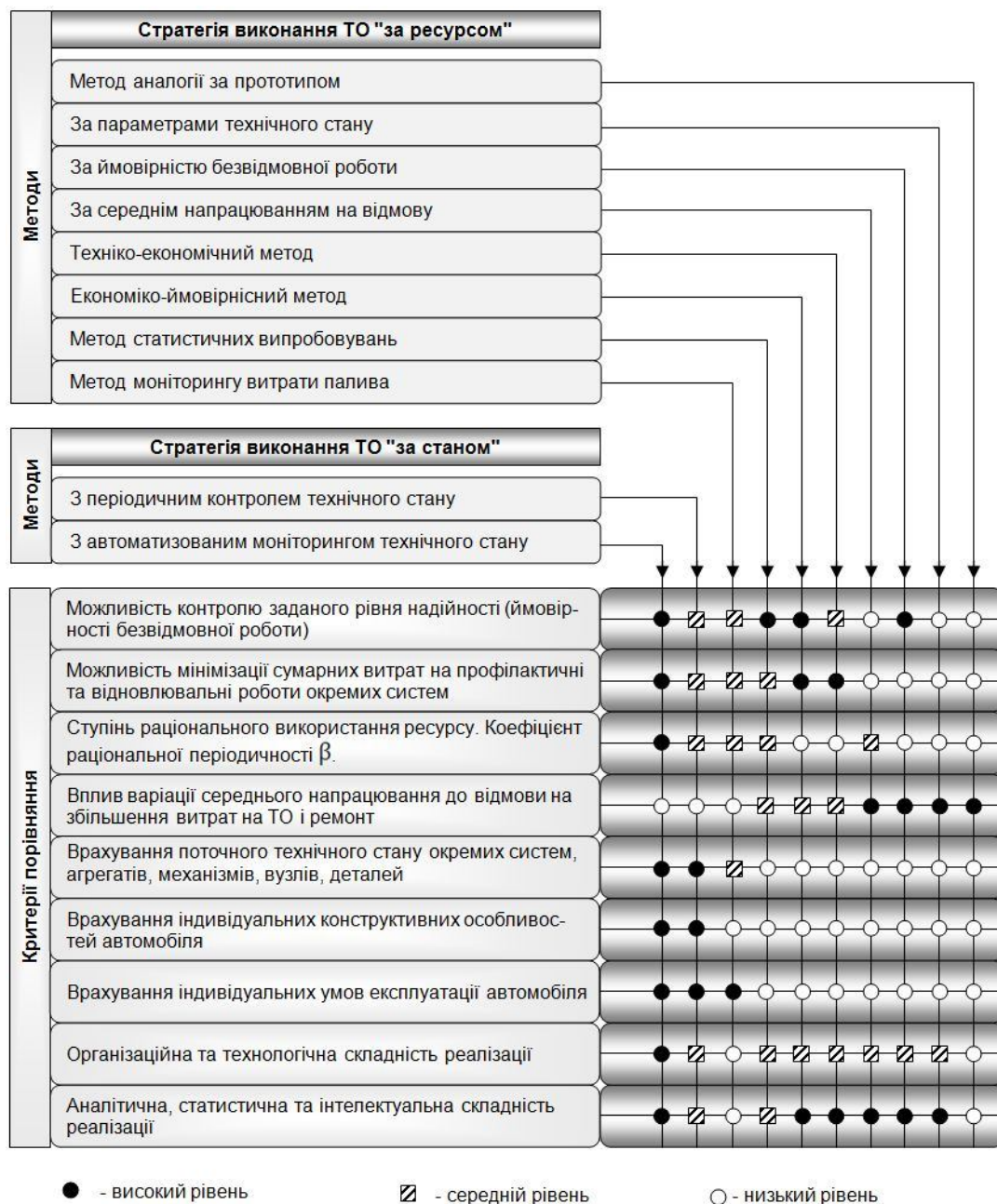


Рис. 2. Порівняльна характеристика методів визначення періодичності ТО автомобілів

Економіко-ймовірнісний метод передбачає порівняння витрат на підтримання роботоздатного стану автомобіля виходячи з двох стратегій: по-перше, витрати на усунення несправностей по мірі їх виникнення; по-друге, витрати на попередження відмов шляхом проведення профілактичних робіт. Періодичність проведення профілактичних робіт передбачає невелику ймовірність виникнення відмов для систем автомобіля, які не впливають на безпеку руху. В основі імітаційного методу лежить імітаційне моделювання, яке ґрунтується на циклічному порівнянні елементів статистичного масиву значень напрацювань на відмову  $x_i$  для окремої системи автомобіля з елементами масиву значень можливих періодичностей ТО  $(L_{ТО})_i$ . Таким чином добиваються того, щоб визначена періодичність ТО забезпечила необхідний рівень надійності (ймовірності безвідмовної роботи). Метод моніторингу витрати пального передбачає визначення періодичності ТО за фактичною кількістю витраченого пального [5].

Профілактичні роботи включають в себе дві складові [1, 4]: контрольну (діагностування) та виконавчу (обслуговування). Контрольна частина профілактичних робіт передбачає вимірювання або розрахунок певної кількості діагностичних параметрів  $y_i$  та порівняння їх з граничними  $y_c$

або гранично допустимими значеннями  $y_{2,0}$ , на основі чого робиться висновок про технічний стан або рішення про необхідність обслуговування чи відновлення.

Аналіз різних стратегій ТО і ремонту автомобілів показує, що різниця  $\Delta y = y_2 - y_i$  безпосередньо залежить від вибраної стратегії і характеризує ступінь використання можливого ресурсу до виконання профілактичних чи відновлювальних робіт (рис. 3).

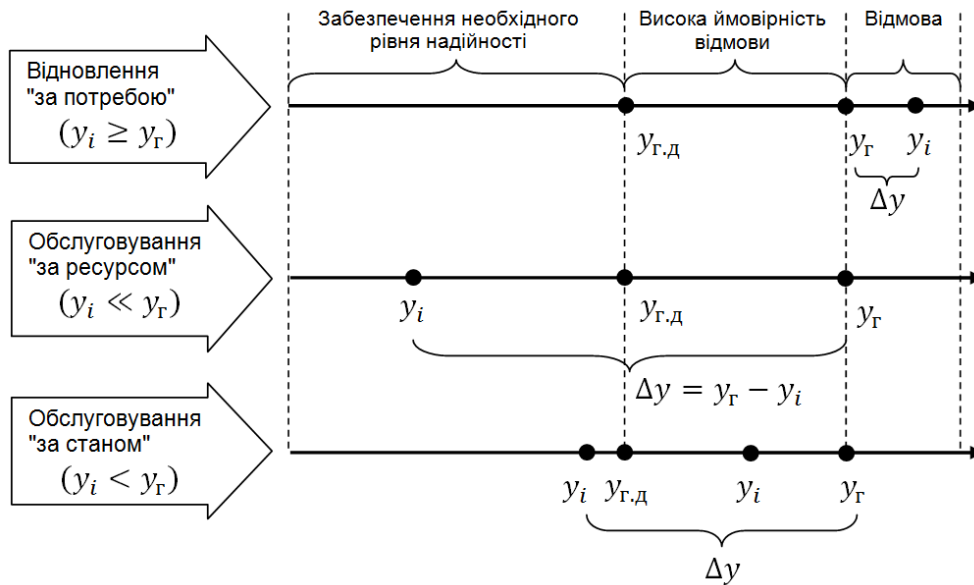


Рис. 3. Залежність поточних значень параметрів  $y_i$  від вибраної стратегії ТО і ремонту

При відновленні за потребою контрольна частина може не виконуватись взагалі, якщо несправність явно виражена, або ж вона виконується з метою визначення змісту відновлювальних робіт. В кожному випадку поточне значення діагностичного параметра  $y_i$  досягає або перевищує граничне значення  $y_2$ . Відмови із значними матеріальними витратами призводять до перевищення витрат на відновлення над витратами на попередження, а відмови з незначними матеріальними витратами – навпаки (заміна ламп, прокладок та ін.)

У випадку врахування ресурсу контрольна та виконавча частини не розділяються і виконуються послідовно в обов'язковому порядку через визначений пробіг або термін експлуатації. Поточні значення діагностичних параметрів  $y_i$  на час виконання профілактичних робіт можуть приймати різні значення і значно відрізнятись від граничних  $y_2$ .

Врахування технічного стану передбачає, що при періодичному контролі спочатку виконується контрольна частина через визначений пробіг автомобіля, а потім на основі аналізу величини  $\Delta y$  приймається рішення про необхідність і зміст робіт виконавчої частини. При постійному контролі (моніторингу) технічного стану поняття разового виконання контрольної частини дещо нівелюється, оскільки інформація про технічний стан повинна бути відома в будь-який час. Рішення про необхідність і зміст робіт виконавчої частини приймається на основі двох умов: ( $\Delta y \rightarrow \min$ ) і ( $y_i < y_2$ )

**Висновки.** Стратегія періодичності профілактичних робіт "за ресурсом" має суттєві недоліки серед яких можна виділити наступні:

- низька ступінь використання ресурсу, що характеризується низьким коефіцієнтом раціональної періодичності  $\beta$ . Періодичність обслуговування значно менша напрацювання на відмову  $\bar{x}$ ;
- складність врахування варіації середнього напрацювання на відмову  $\bar{x}$ , що значно зменшує періодичність ТО;
- складність контролювання поточного рівня надійності для окремих систем автомобіля;
- не враховуються індивідуальні особливості кожного автомобіля (конструктивні та умови його експлуатації).

Виходячи з цього можна виділити основні недоліки планово-попереджувальної системи ТО і ремонту автомобілів, які стосуються технічного стану: по-перше – на час виконання обов'язкових робіт з ТО даний об'єкт може знаходитись в справному стані і не потребувати ніяких технічних втручань. Це пояснюється тим, що при однаковому наробітку чи тривалості експлуатації однакові об'єкти різних автомобілів можуть мати різний технічний стан з причини впливу різних конструктивних, технологічних та експлуатаційних чинників; по-друге – об'єкт може потребувати технічного втручання в інтервалі часу між сусідніми обслуговуваннями, але в разі відсутності явно виражених ознак несправностей автомобіль продовжує експлуатуватись, що призводить до виникнення інших залежних несправностей і як наслідок зменшення ресурсу та збільшення вартості відновлення.

Перелічені недоліки в деякій степені усуваються при застосуванні стратегії "за станом". При цьому досить вагомим стає фактор надійного й оперативного визначення дійсного (поточного) технічного стану кожного окремого вузла (агрегату, системи) автомобіля і прогнозування доцільності його подальшого використання за призначенням. Обов'язково повинні враховуватись конструктивні особливості автомобіля, характеристики експлуатаційної надійності, умови експлуатації, економічні показники та ін.

Однією з умов впровадження і водночас окремою складовою такої системи на підприємствах автомобільного транспорту є централізований і автоматизований моніторинг технічного стану та експлуатаційних показників кожної окремої транспортної одиниці.

1. Авдонькин Ф.Н. Оптимизация изменения технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации. – М.: Транспорт, 1993. – 350 с.
2. Говорущенко Н.Я., Техническая кибернетика транспорта / Учебное пособие. / Говорущенко Н.Я., Варфоломеев В.Н. – Харьков: ХГАДТУ, 2001. – 271 с.
3. Кравченко О.П. Наукові основи управління ефективністю експлуатації автомобільних поїздів.: Автореф. дис. ... док. техн. наук: 05.22.20. – Харків, 2007. – 38 с.
4. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей. – М.: Транспорт, 1991. – 413 с.
5. Сметана С.О. Вдосконалення методу визначення раціонального режиму профілактичного обслуговування транспортних засобів застосуванням моніторингу витрати палива: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.20. – Харків, 2002. – 20 с.