

Д.В. Голуб, доц., канд. техн. наук, О.Ю. Ювженко, Р.П. Кічура

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: Dimchik529@gmail.com, 40101001@gmail.com, romnik83@ukr.net

Визначення інтенсивності зміни показників ефективності експлуатації вантажних автомобілів різних марок залежно від напрацювання в умовах агропромислового виробництва

Розглянуто проблему підвищення ефективності експлуатації парку вантажних автомобілів різних марок, що використовуються для забезпечення виробничого процесу підприємств агропромислового виробництва. Виявлено, що у сучасних умовах функціонування значну частку рухомого складу таких підприємств становлять вантажні автомобілі зарубіжного виробництва, які часто мають значний початковий пробіг до початку експлуатації на території країни. А отже за умов зростання конкуренції у сфері вантажних перевезень та обмеженості фінансових ресурсів підприємств аграрної сфери особливої актуальності набуває завдання зниження експлуатаційних витрат та підвищення ефективності використання рухомого складу. Тому раціональне формування структури автопарку та обґрунтований вибір марок і моделей вантажних автомобілів дозволять підвищити ефективність транспортного обслуговування виробничих процесів агропромислового сектору.

вантажні автомобілі, агропромислове виробництво, ефективність експлуатації, технічний стан, напрацювання, економічний ефект, транспортний процес, парк рухомого складу, технічна готовність, витрати на експлуатацію

Постановка проблеми. На сьогоднішній день в структурі вантажних автомобільних перевезень агропромислового виробництва (АПВ) значну долю займають автомобілі зарубіжного виробництва, у яких до початку експлуатації в країні є початковий пробіг. З урахуванням щорічного зростання конкуренції в області вантажоперевезень, одним з найбільш важливих напрямів підвищення ефективності роботи парку вантажних автомобілів АПВ, є скорочення витрат на їх експлуатацію.

Вимоги сьогодення вказують на те, що підприємства АПВ повинні самі визначати свої довгострокові цілі розвитку транспортного обслуговування і стратегію їх досягнення. У цих умовах функціонування значущість витрат таких підприємств зростає та з'явилися стимули для їх зниження. Підтримка оптимального рівня витрат є основною умовою для забезпечення ефективної діяльності парку вантажних автомобілів АПВ, оскільки зростання доходів обмежене ринковим попитом споживачів.

Однією з проблем сучасних підприємств АПВ є незадовільний рівень організації процесів експлуатації парку вантажних автомобілів, який як правило є різноплановим та складається з автомобілів різних марок. Також важливу роль відіграє низька якість процесів планування і проведення технічних дій щодо рухомого складу для підтримки і відновлення працездатності [1, 8, 10, 11, 18].

На ринку вантажних автомобілів, що задіяні в обслуговуванні транспортного процесу АПВ склалася ситуація невизначеності вибору, що залежить від вартості нового автомобіля, як правило сідельного тягача, яка варіюється від 100...160 тис. євро для нових транспортних засобів і 35...70 тис. євро - для вживаних 5...7 років з пробігом від 400...700 тис. км. і більше. Обґрунтованість таких капіталовкладень відсутня,

оскільки у користувача немає інформації про їх ефективність [3, 8, 9]. Відомий факт більшої надійності автомобілів іноземного виробництва в порівнянні з вітчизняними [2, 4, 7]. Проте не менш відомий факт і більшої вартості запасних частин і матеріалів іноземної техніки, а також вартості технічного обслуговування (ТО) [5, 6, 8, 17, 18]. В залежності від умов функціонування та завдань АПВ експлуатація вантажних автомобілів іноземного виробництва не завжди ефективніша в порівнянні з вітчизняними аналогами, які в досить великій кількості теж представлені в автопарках таких підприємств [14, 16]. В зв'язку з цим необхідною є розробка комплексних показників, які можуть оцінювати ефективність рухомого складу різних марок при його придбанні для обслуговування виробничого процесу АПВ, а також в подальшій його експлуатації.

Внаслідок зміни технічного стану вантажних автомобілів АПВ в залежності від напрацювання, кількість необхідного часу для підтримки їх працездатного стану поступово збільшується. Із зростанням напрацювання з початку експлуатації необхідне виконання складних, трудомістких робіт по ремонту вузлів і агрегатів таких автомобілів, в зв'язку з чим вони все частіше можуть простоювати в обслуговуванні і ремонті [10, 11, 13, 15]. В результаті робочий час, впродовж якого може виконуватися виробничий транспортний процес на підприємстві, також скорочується. Тому скорочуються і пробіги автомобілів.

Для підвищення міри доцільності утримування на підприємстві АПВ рухомого складу вантажних автомобілів необхідно проводити різні заходи по зниженню сумарної кількості витрат на одиницю транспортної роботи, що проводиться. Зміна ефективності експлуатації вантажних автомобілів в умовах АПВ від напрацювання є недостатньо вивченим процесом. Наслідком цього є те, що на сьогоднішній день недостатньо вирішено завдання вибору раціональної структури парку таких автомобілів з урахуванням зміни ефективності їх експлуатації залежно від напрацювання. Інтенсивне використання парку вантажних автомобілів різних марок вимагає оцінки зміни ефективності експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У технічній експлуатації автомобілів існує обґрунтована думка погіршення показників їх ефективності в залежності від напрацювання [5, 6, 11, 15, 18]. Любий парк вантажних автомобілів комплексно старіє з підвищенням сумарного пробігу. Відбувається зниження коефіцієнту технічної готовності вантажних автомобілів, оскільки збільшуються простой в технічному обслуговуванні і ремонті (ТО і Р) з підвищенням напрацювання з початку експлуатації. При тривалому функціонуванні вантажних автомобілів різних марок в умовах АПВ відчутно падає основний показник їх безвідмовності, а саме напрацювання на відмову. Для підтримки їх працездатності необхідна все більша кількість запасних частин внаслідок аварійних відмов і відповідних дорогих поломок систем особливо автомобілів вітчизняного виробництва. Це призводить до підвищення рівня витрат на експлуатацію парку вантажних автомобілів в АПВ. Повертаючись до основ теорії надійності, необхідно відмітити період нормальної експлуатації вантажних автомобілів, який характеризується відносною постійністю в часі показників їх технічної експлуатації [1, 4, 5, 10, 13, 15, 18]. Знос більшості деталей вантажних автомобілів в АПВ має мінімальну величину, а кількість відмов, що віднесена до періоду напрацювання - величину, близьку до незмінної. Робота, що виконується рухомим складом буде легко прогнозованою, оскільки коефіцієнт технічної готовності таких автомобілів також відрізнятиметься постійністю його значення в часі.

Вивчаючи стан вантажних автомобілів з початку експлуатації в умовах експлуатації АПВ до його остаточного списання, функція матиме експоненціальну залежність [12]. Це пов'язано з тим, що з напрацюванням стан вузлів і агрегатів

автомобілів змінюватиметься на стільки, що це приведе до відчутного погіршення показників їх технічної експлуатації в галузі, а значить і до економічної неефективності функціонування парку рухомого складу. Для того, щоб не досягати залежності такого виду, необхідно своєчасно виконувати додаткові роботи, що більше стосуються організаційних питань технічної експлуатації вантажних автомобілів в АПВ. Таким чином буде досягнута фіксація значення комплексу показників, що оцінюють ефективність їх застосування. Тому у той момент, коли експоненціальна залежність змінює свою інтенсивність, необхідно вирішувати питання щодо виконання або додаткових робіт по заміні деталей, вузлів і агрегатів, або готуватися до заміни вантажного автомобіля на інший. Визначити конкретні рамки, в межах яких необхідно виконувати відповідні заміни, можна з прив'язкою до основ теорії надійності автомобілів.

Для систем вантажних автомобілів, що безпосередньо впливають на безпеку управління, допустима ймовірність безвідмовної роботи може коливатися в межах 0,90...0,98 %. Для інших вузлів і агрегатів допустимими є значення в діапазоні 0,85...0,90 % [15]. Таким чином, з урахуванням поступового старіння вантажного автомобіля з його напрацюванням в умовах АПВ, слід визначити деяке значення цього показника, яке при його досягненні сигналізуватиме про необхідність тієї або іншої дії. Є інший підхід за оцінкою надійності автомобіля. Основним показником довговічності, як основної властивості надійності, є γ -відсотковий ресурс. Його допустиме значення також вказується в основах технічної експлуатації автомобілів та може варіюватися залежно від умов і особливостей функціонування рухомого складу, проте зазвичай знаходиться в межах 80...95 % [15]. Застосовуючи аналогічний спосіб, з урахуванням можливості старіння техніки, а значить і зміни її показника довговічності, можна також проводити планування робіт по відновленню стану систем через його обмеження. Причому воно може бути виконане не лише через мінімальне значення відсотка, але і через призначення конкретного напрацювання, впродовж якого виконуватиметься вказана умова.

Постановка завдання. Метою даної роботи є розробка комплексного підходу щодо оцінки ефективності експлуатації вантажних автомобілів різних марок з урахуванням їх напрацювання в умовах агропромислового виробництва на основі запропонованих показників, що дозволяє визначити вплив зміни їх технічного стану на продуктивність функціонування та обґрунтовану подальшу оптимізацію парку.

Виклад основного матеріалу.

Для оцінки ефективності експлуатації конкретної марки вантажного автомобіля в АПВ, необхідно враховувати витрати на придбання нової одиниці транспортного засобу, а також деяку компенсацію витрат за рахунок продажу автомобіля, що відпрацював свій ресурс. Відомо, що з плином напрацювання вартість вантажного автомобіля знижується:

$$B_{авт} = F_{B_{авт}}(x), \quad (1)$$

де $F_{B_{авт}}$ - функція зміни вартості автомобіля з напрацюванням; x - напрацювання, років експлуатації або км пробігу.

Залежність зміни вартості $F_{B_{авт}}$ носить експоненціальний характер [8]. Для отримання залежності знадобиться вивчення вартості рухомого складу від напрацювання в АПВ. Встановлення вартості вантажного автомобіля на n -му році експлуатації можна виконувати з урахуванням існуючих методик за оцінкою залишкової вартості [16].

Запропоновано ввести коефіцієнт зміни вартості вантажного автомобіля в залежності від напрацювання у мовах АПВ:

$$K_{B_{авт}}^n = \frac{B_{авт}^n}{B_{авт}^1}, \quad (2)$$

де $B_{авт}^1$, $B_{авт}^n$ - ринкова вартість вантажного автомобіля відповідно на 1-му і n -му році експлуатації, грн.

Продуктивність вантажних автомобілів змінюється залежно від віку, тому в умовах АПВ виконується заміна рухомого складу з досягненням автотранспортними засобами граничного стану. Зміна продуктивності на n -му році експлуатації Q^n можна виразити через коефіцієнт зміни продуктивності вантажного автомобіля:

$$K_Q^n = \frac{Q_{авт}^n}{Q_{авт}^1}, \quad (3)$$

де $Q_{авт}^1$, $Q_{авт}^n$ - продуктивність вантажного автомобіля відповідно на 1-му і n -му році експлуатації, т-км.

Відомо, що з часом напрацювання технічний стан вантажних автомобілів безперервно змінюється, і з досягненням деякого пробігу починають відмовляти їх різні складні системи, що вимагають відповідного дорогого ремонту і замін елементів. Зміна собівартості транспортного процесу в умовах АПВ пов'язана зі зниженням витрат на ремонт застарілої техніки, яку можна виразити через коефіцієнт зміни собівартості перевезень, що характеризуватиме величину витрат на підтримку працездатності [15]:

$$K_{B_Q}^n = \frac{B_{нід}^n}{B_{нід}^1}, \quad (4)$$

де B - витрати відповідно на 1-му і n -му році експлуатації, які залежать від напрацювання вантажних автомобілів, грн.

Також одним з комплексних показників, що може оцінити ефективність експлуатації вантажних автомобілів в АПВ, є економічний ефект від експлуатації. Його питому величину E_{num} , у співвідношенні до напрацювання S можна визначити за наступною формулою, представленої у вигляді цільової функції:

$$E_{num} = f(P, B, S) \rightarrow \max. \quad (4)$$

Результат діяльності від експлуатації вантажного автомобіля в АПВ можна визначити за залежністю:

$$P = Q_{авт} T, \quad (5)$$

де $Q_{авт}$ - продуктивність вантажного автомобіля, т-км; T - тарифна ставка на одиницю транспортної роботи, грн./т-км.

Витрати на забезпечення результату діяльності від експлуатації вантажного автомобіля в АПВ можна визначити за залежністю:

$$B = B_{нід} + B_{нал} + B_a + B_n, \quad (6)$$

де $B_{нід}$ - витрати на підтримку працездатності вантажних автомобілів, грн.; $B_{нал}$ - витрати на паливо, грн.; B_a - витрати на амортизацію, грн.; B_n - витрати на податки, грн.

Замінюючи складові в (4) по формулах (5) - (6), отримуємо цільову функцію в розгорнутому вигляді:

$$E_{num} = \frac{Q_{авт} T - B_{нід} - B_{нал} - B_a - B_n}{S}. \quad (7)$$

Розглянемо складові результату діяльності вантажних автомобілів в АПВ. Коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобілів γ залежить від організаційних факторів, тому його значення можна приймати постійним всередині підприємств АПВ.

Коефіцієнт випуску вантажних автомобілів $\alpha_{вин}$ залежить від організаційних і технічних факторів [8, 14-17], і для того щоб виокремити з даного комплексного показника тільки технічну характеристику процесу їх експлуатації, необхідно перейти до технічного показника - коефіцієнта технічної готовності α_{mex} [15].

$$\alpha_{вин} = \alpha_{mex} (1 - \alpha_{opr}), \quad (8)$$

де α_{opr} - коефіцієнт, що враховує відношення кількості часу простою з організаційних причин до кількості днів циклу експлуатації.

Середньодобовий пробіг вантажних автомобілів L_{cd} залежить від організаційних факторів на підприємстві АПВ. Коефіцієнт використання пробігу за їзду β є величиною, що безпосередньо залежить лише від організаційних факторів підприємства. Вантажопідйомність q вказується в технічних характеристиках рухомого складу і може варіюватися між моделями вантажних автомобілів при оновленні рухомого складу підприємства АПВ. Значення тарифу T встановлюється з урахуванням значень, що діють на ринку, і також не залежать від технічного стану вантажного автомобіля. Позначимо добуток організаційних факторів Φ_{opr} таким чином:

$$\Phi_{opr} = \gamma\beta (1 - \alpha_{opr}). \quad (9)$$

Для обліку зміни продуктивності з часом експлуатації рухомого складу запропоновано використати коефіцієнт фактичної продуктивності K_Q^n . Тоді з урахуванням того, що розглядається один вантажний автомобіль, значення вантажопідйомності q буде однаковим, також як і значення Φ_{opr} .

Значення витрат включає лише одну складову, яке має залежність від технічного стану парку вантажних автомобілів в АПВ B_{TE} . У свою чергу в цій складовій витрати на паливо $B_{нал}$ є незалежними від їх технічного стану за умови справності при експлуатації. Витрати на технічне обслуговування $B_{ТО}$ і поточний ремонт $B_{ПР}$, а також витрати на запасні частини $B_{зч}$ і експлуатаційні матеріали $B_{ем}$ носять технічний характер, тому мають бути враховані при визначенні економічного ефекту. Витрати на амортизацію B_a і автомобільні шини $B_{ши}$ не залежать від технічного стану, проте можуть сильно варіюватися між різними марками вантажних автомобілів, тому повинні також враховуватися. Оскільки капітальні витрати $B_{кан}$, загальногосподарські витрати $B_{зг}$ і соціальні витрати $B_{соц}$ при заміні рухомого складу вантажних автомобілів в АПВ можна прийняти за постійні, то даними змінними можна знехтувати.

Витрати на поточний ремонт рухомого складу $B_{ПР}$ залежать від технічного стану вантажного автомобіля і варіюються при відмінностях в умовах експлуатації. Залежно від надійності автомобіля інтенсивність наростання витрат може бути різною. Оскільки в період нормальної експлуатації швидкість зміни технічних параметрів близька до постійної, та зміна і надійності також буде лінійним залежно від напрацювання. Чим більше вантажний автомобіль простоюватиме в зонах ТО і Р, тим більше ресурсів знадобиться для його відновлення. Таким чином, витрати на підтримку працездатного стану мають безпосередню лінійну залежність від загального напрацювання транспортного засобу в АПВ. Якщо розглядати тільки період нормальної експлуатації, зміна показників якого є мінімально або близькою до нуля, то залежності буде властива лінійність наступного виду:

$$Y = \alpha \cdot x + b, \quad (10)$$

де Y - досліджуваний показник; x - напрацювання, км; α - коефіцієнт, що характеризує швидкість зміни показника; b - початкове значення досліджуваного показника.

Таким чином залежність сумарної вартості підтримки працездатного стану вантажних автомобілів в АПВ виглядатиме таким чином:

$$B_{nid} = I_g \cdot L + B_n, \quad (11)$$

де I_g - інтенсивність зміни витрат для конкретної моделі вантажного автомобіля, грн./км; L - пробіг конкретної моделі вантажного автомобіля, км; B_n - початкове значення витрат, грн.

Таким чином, отримавши дослідним шляхом значення зміщення функції відносно початку координат і параметр, що характеризує кут нахилу самої залежності, можна спрогнозувати подальший розвиток значень витрат на підтримку працездатності вантажних автомобілів в АПВ. Проте прогнозування можливо лише до закінчення інтервалу їх нормальної експлуатації. Якщо розглядати залежність показника на тому ж інтервалі напрацювання з більш високим значенням достовірності регресії, то будуть отримані функції полінома n -го ступеня виду:

$$Y = \alpha_1 \cdot x^n + \alpha_2 \cdot x^{n-1} + \alpha_3 \cdot x^{n-2} + \dots + \alpha_{n-1} \cdot x^2 + \alpha_n \cdot x + b. \quad (12)$$

Причому чим більше необхідна точність прогнозування, тим більше значення n . Проте підвищення значення n даватиме усе менше наближення регресійної моделі до кореляційних хмар. Тому для конкретних випадків слід виконувати визначення необхідного рівня достовірності функціональної залежності. Знову повертаючись до теоретичних основ технічної експлуатації вантажних автомобілів і оцінюючи міру зміни якісних показників на одиницю напрацювання, спостерігається залежність, яка є наближеною до прямолінійної. Отримувана варіація функції відносно середнього рівня тільки підтверджує, що прогнозування доцільніше виконувати за лінійним законом. Зміщення відносно середнього значення можливе як у бік пониження, так і підвищення внаслідок безпосередньої залежності функції від закону розподілу безвідмовності кожної конкретної деталі, що описується законом Гауса.

Застосування лінійної функції сильно спрощує як процес планування стану вантажного автомобіля при експлуатації в АПВ, так і виконання самого прогнозування, визначення відповідних значень коефіцієнтів, що характеризують зміщення функції відносно системи координат, а також її вид і тенденцію зміни з напрацюванням.

Для оцінки зміни витрат на підтримку працездатного стану вантажних автомобілів в АПВ при заміні введемо відповідний коефіцієнт K_{B_Q} :

$$K_{B_Q} = \frac{B_{nid}^n}{B_{nid}^{\bar{}}}. \quad (13)$$

де $B_{nid}^{\bar{}}$, B_{nid}^n - відповідно базові та нові витрати на підтримку працездатності вантажних автомобілів, грн.

Значення витрат на амортизацію B_a рухомого складу визначається добутком річної амортизаційної ставки P_a , значення якої буде індивідуальним для кожного конкретної конкретної марки вантажного автомобіля, на кількість років експлуатації в АПВ t_e . На основі цього можна оцінити також коефіцієнти витрат на амортизацію K_a та витрат на податки K_n при заміні вантажного автомобіля в АПВ.

У результаті інші комплексні коефіцієнти показників по відношенню до значень базового вантажного автомобіля в АПВ визначатимуться по наступних формулах:

$$K_Q = \frac{q_n \cdot \alpha_{\text{тех } n}}{q_b \cdot \alpha_{\text{тех } b}}, \quad (14)$$

де q_b , q_n - відповідно базова і нова вантажопідйомність вантажного автомобіля в АПВ, т; $\alpha_{\text{тех } b}$, $\alpha_{\text{тех } n}$ - відповідно базове і нове значення коефіцієнту технічної готовності вантажного автомобіля в АПВ.

$$K_{B_{\text{авт}}} = \frac{B_{\text{авт}}^n}{B_{\text{авт}}^b}, \quad (15)$$

де $B_{\text{авт}}^b$, $B_{\text{авт}}^n$ - відповідно базова і нова ринкова вартість вантажного автомобіля в АПВ, грн.

Результуюча математична модель питомого економічного ефекту від експлуатації вантажного автомобіля в АПВ, матиме вигляд:

$$E_{\text{num}} = \frac{TQ_{\text{авт}} K_Q^n - B_{\text{нід}} K_{B_Q}^n - B_{\text{нал}} Q_{\text{нал}} - H_{\alpha^t} - B_n}{S_n \alpha_{\text{тех}}}. \quad (16)$$

де H_{α^t} - додаткові витрати, що виникають внаслідок зменшення використання вантажного автомобіля через організаційні простоя в певному році експлуатації.

Оновлення парку автомобілів є одним способів підвищення ефективності його експлуатації [2-7, 11, 16, 17]. При цьому виникає проблема раціонального вибору вантажних автомобілів, експлуатація яких буде найбільш ефективною для умов АПВ. Питомий економічний ефект від заміни вантажного автомобіля в АПВ можна виразити наступною формулою:

$$E_3^{\text{num}} = \frac{\Delta E_3}{S} = \frac{E_n - E_b}{S} \rightarrow \max, \quad (17)$$

де ΔE_3 - різниця між економічними ефектами від експлуатації вантажних автомобілів при їх заміні, грн.; E_n , E_b - відповідно економічні ефекти від експлуатації нового і базового вантажних автомобілів, грн.

Обмеженням цільової функції є платоспроможність підприємств АПВ $\Pi_{\text{АПВ}}$ для придбання або заміни вантажних автомобілів, а також значення результату діяльності P , що перевищує значення витрат на забезпечення діяльності B_0 , які залежать від напрацювання при пробігу вантажного автомобіля S , що має бути більше нуля:

$$\Pi_{\text{АПВ}} \geq B_{\text{авт}}, P(S) \geq B(S), S \geq 0. \quad (18)$$

В такому випадку математична модель питомого економічного ефекту від заміни базового вантажного автомобіля в АПВ прийме наступний вид:

$$E_3^{\text{num}} = \frac{TQ^n (K_Q - 1) + C_{\text{нал}} F_{\text{нал}}^n (K_{\text{нал}} - 1) + H_a^n t_e^n (K_a - 1) + B_n^n (K_n - 1) + B_{\text{нід}}^n (1 - K_{B_{\text{нід}}})}{S_n \alpha_{\text{тех}}} \quad (19)$$

Величина питомого економічного ефекту E_{num} , що визначається з попередніх залежностей, комплексно характеризує ефективність експлуатації вантажних автомобілів в АПВ. Максимізація питомого економічного ефекту від їх заміни E_3^{num} призводить до підвищення ефективності експлуатації парку рухомого складу, що є однією з основних цілей виробничого транспортного процесу в АПВ. Значення цього техніко-економічного показника дозволяє визначити найбільш ефективний алгоритм оновлення парку рухомого складу підприємств АПВ за рахунок визначення марки і

моделі вантажного автомобіля, що має найбільш високе значення ефекту E_{num} за відповідних умов експлуатації транспортних засобів.

Особливістю математичної моделі (19) є використання часткових техніко-експлуатаційних показників, що оцінюють ефективність експлуатації вантажних автомобілів в АПВ. Залежність дозволяє визначити питомий ефект від заміни базового вантажного автомобіля в АПВ з урахуванням віку, пробігу, технічних характеристик. Показники, що характеризують інтенсивність зміни технічного стану вантажних автомобілів, дозволяють оцінити, наскільки швидко транспортний засіб втрачає свою ефективність експлуатації залежно від напрацювання в умовах АПВ. Порівняння питомих економічних ефектів від експлуатації між собою дає можливість вибрати вантажний автомобіль, ефективність експлуатації якого змінюється з мінімальною інтенсивністю, а економічний ефект, що отримується від експлуатації автомобіля конкретної марки, буде найбільш високим.

В результаті проведених досліджень виконана оцінка інтенсивності зміни ефективності експлуатації базових марок вантажних автомобілів, що задіяні для забезпечення виробничого процесу підприємств АПВ Кіровоградської області від напрацювання по значеннях запропонованих коефіцієнтів. Вивчені зміни показників, які були запропоновані для комплексної оцінки технічного стану рухомого складу, а також його ефективності, показали, що вантажні автомобілі зарубіжного виробництва мають більш високі значення продуктивності, а також менші значення витрат на підтримку працездатності в АПВ. Проте, початкова вартість таких автомобілів дуже висока, а залежно від напрацювання її зміна інтенсивніша.

У таблиці 1 представлені отримані функції зміни показників залежно від напрацювання в умовах АПВ для різних марок автомобілів вітчизняного і зарубіжного виробництва.

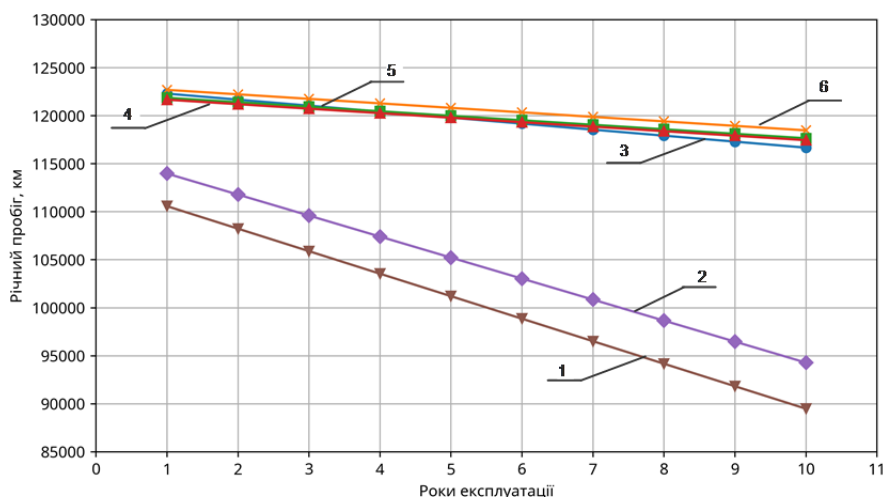
В результаті порівняння ефективності експлуатації по значеннях запропонованих коефіцієнтів складно комплексно оцінити ефективність експлуатації вантажних автомобілів різних марок в АПВ, оскільки результати досліджень визначили, що найбільш раціональне значення, яке повинне бути високим для продуктивності і відповідно низьким для складових витрат, варіюється між автомобілями.

Таблиця 1 - Функції зміни показників залежно від напрацювання в умовах АПВ для різних марок автомобілів вітчизняного і зарубіжного виробництва

Показник	Марка вантажного автомобіля					
	КамАЗ	МАЗ	Mercedes	Renault	Scania	Volvo
K_Q^n	$y = -2 \cdot 10^{-7}x + 1,0265$	$y = -2 \cdot 10^{-7}x + 1,0235$	$y = -3 \cdot 10^{-8}x + 1,003$	$y = -2 \cdot 10^{-7}x + 1,0235$	$y = -3 \cdot 10^{-8}x + 1,003$	$y = -3 \cdot 10^{-8}x + 1,003$
K_{BQ}^n	$y = 9 \cdot 10^{-7}x + 0,8895$	$y = 8 \cdot 10^{-7}x + 0,8958$	$y = 6 \cdot 10^{-7}x + 0,9312$	$y = 2 \cdot 10^{-7}x + 0,9745$	$y = 4 \cdot 10^{-7}x + 0,9514$	$y = 2 \cdot 10^{-7}x + 0,9746$
$K_{B_{\text{вип}}}^n$	$y = 1,1098e^{-8E-0,7x}$	$y = 1,1536e^{-1E-0,6x}$	$y = 1,0694e^{-5E-0,7x}$	$y = 1,0948e^{-7E-0,7x}$	$y = 1,0882e^{-7E-0,7x}$	$y = 1,1112e^{-8E-0,7x}$

Для комплексної оцінки ефективності експлуатації вантажних автомобілів різних марок в АПВ залежно від напрацювання необхідно визначити значення питомих економічних ефектів від їх експлуатації, а також від заміни транспортних засобів.

На рис. 1 представлені значення пробігів різних марок вантажних автомобілів в АПВ за 10 років експлуатації при плановому значенні середньорічного пробігу 120 тис. км.



1 - КамАЗ, 2 - МАЗ, 3 - Renault, 4 - Mercedes, 5 - Volvo, 6 - Scania

Рисунок 1 - Значення пробігів різних марок вантажних автомобілів в АПВ за 10 років експлуатації при плановому значенні середньорічного пробігу 120 тис. км.

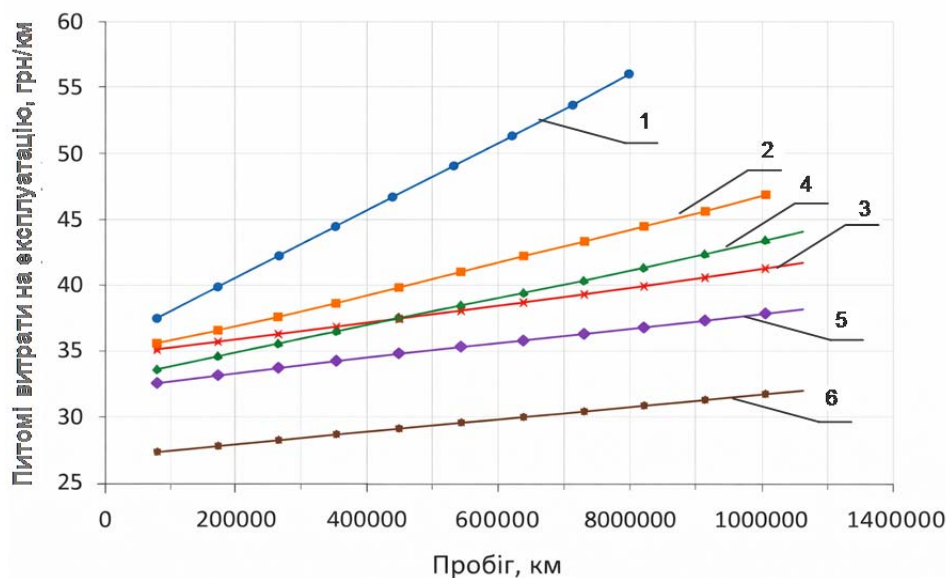
Джерело: розроблено авторами

Середньорічне значення пробігів вітчизняних марок вантажних автомобілів в АПВ більш інтенсивно знижується залежно від напрацювання, чим у зарубіжних марок автомобілів. Наприклад до десятого року експлуатації значення середньорічного пробігу у автомобілів КамАЗ знижується з 120 тис. км до 90 тис. км, що складає біля 70 % необхідного значення. Значення пробігів вітчизняних марок вантажних автомобілів після 10 років експлуатації при середньорічних пробігах 120 тис. км знижується до критичних, а раціональність подальшої експлуатації ставиться під знаком питання. За ті ж 10 років експлуатації значення середньорічних пробігів марок вантажних автомобілів зарубіжного виробництва падає не більше ніж на 10% і складає близько 115 тис. км в рік.

Питомий економічний ефект від експлуатації різних марок вантажних автомобілів в АПВ є комплексним показником, який оцінює їх ефективність. Значення показника залежить від продуктивності вантажного автомобіля конкретної марки, результату діяльності від його експлуатації, а також витрат на реалізацію цієї діяльності. Значення витрат і продуктивності безпосередньо залежать від технічного стану рухомого складу, а також від інтенсивності зниження показників ефективності вантажних автомобілів залежно від напрацювання в умовах АПВ. З метою обліку повної самоокупності різних марок вантажних автомобілів в АПВ амортизаційна ставка розраховувалася для 10 років експлуатації. Витрати на податки включали податкові обкладення, які збираються з автомобіля в залежності від потужності двигуна внутрішнього згорання. Витрати на підтримку працездатного стану вантажних автомобілів, які також є складовою питомого економічного ефекту, визначалися як сума витрат, що є необхідною для забезпечення працездатності парку рухомого складу в умовах АПВ: виконання технічного обслуговування, поточного ремонту вантажних автомобілів, а також у разі виконання ТО автомобілів на гарантії включалася сума витрат, що необхідна для їх переміщення на гарантійний спеціалізований сервіс. Тарифна ставка на виконання одиниці роботи у т-км, визначалася по середніх значеннях тарифів, що діють на сучасних АТП для перевезення вантажів. Продуктивність різних марок вантажних автомобілів, яка залежить від комплексу організаційних факторів в АПВ, розраховувалася для них з постійним значенням коефіцієнта використання вантажопідйомності, пробігу, а також з постійним значенням простоїв з незалежних від технічного стану причин. Витрати на паливо розраховувалися з урахуванням нормативів по витраті палива, що діють на АПВ та не

залежать від напрацювання автомобілів з початку експлуатації. Результат діяльності від експлуатації автомобілів безпосередньо пов'язаний зі значенням коефіцієнта технічної готовності, який визначався для кожного року експлуатації в АПВ. В результаті була отримана функція залежності коефіцієнта від напрацювання різних марок вантажних автомобілів, від значення якого залежить як продуктивність, так і результат діяльності від експлуатації в АПВ.

На рис. 2 представлені значення питомих економічних витрат на експлуатацію різних марок вантажних автомобілів залежно від напрацювання в АПВ.



1 - КамАЗ, 2 - МАЗ, 3 - Renault, 4 - Mercedes, 5 - Volvo, 6 - Scania

Рисунок 2 - Значення питомих економічних витрат на експлуатацію різних марок вантажних автомобілів залежно від напрацювання в АПВ

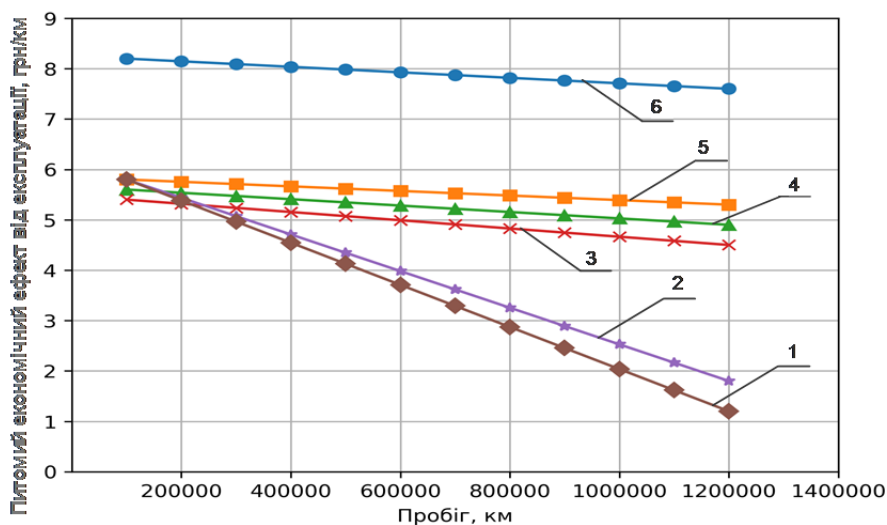
Джерело: розроблено авторами

За отриманими результатами найбільш високе значення витрат на експлуатацію з аналізованих різних марок вантажних автомобілів має КамАЗ. На початку експлуатації значення витрат цієї марки вантажного автомобіля нижче, ніж у автомобілів марок Mercedes і Scania за рахунок більш високої вартості останніх, а значить необхідності великих матеріальних засобів для самокупності. Проте за рахунок зниження ефективності експлуатації залежно від напрацювання досліджуваний показник зростає і на пробігу близько 200 тис. км перевищує значення автомобілів Mercedes і Scania. До десятого року експлуатації питомі витрати автомобілів КамАЗ стають вище за витрати автомобілів марки Mercedes. При порівнянні з автомобілями Renault це значення складає на 10-му році буде ще більшим, причому пробіг автомобілів КамАЗ відрізняється від пробігу автомобілів Renault на 20 %, що пов'язано з нижчим значенням коефіцієнта технічної готовності автомобілів КамАЗ впродовж тривалої експлуатації, що негативно позначається на продуктивності автомобілів, а також на результаті діяльності від експлуатації в АПВ.

Аналогічно зростають з більш високим темпом питомі витрати залежно від напрацювання в АПВ і у вантажних автомобілів МАЗ. На початку експлуатації питомі витрати цієї марки автомобіля є найнижчими з отриманих, проте на пробігу 200 тис. км вони перевищують значення найбільш низьких витрат на експлуатацію з іноземних автомобілів. Далі на пробігу в 400 тис. км значення питомих витрат на експлуатацію вантажних автомобілів марки МАЗ починають перевищувати значення іншого автомобіля зарубіжного виробництва марки Volvo. Після 600 тис. км пробігу значення

питомих витрат на кілометр пробігу автомобілів марки МАЗ починає перевищувати витрати автомобілів Mercedes і Scania, які в експлуатації виявилися найбільш дорогими в групі автомобілів іноземного виробництва. Сумарне значення пробігу автомобілів марки МАЗ до десятого року експлуатації при середньорічному значенні пробігів 120 тис. км менше ніж у автомобілів іноземного виробництва в середньому на 15%, що також пов'язане з частими простоями автомобілів в зонах обслуговування і ремонту замість виконання перевезень АПВ. Найбільш низькі значення питомих витрат на експлуатацію мають вантажні автомобілі марки Renault. Найбільш витратомістким в експлуатації АПВ вантажним автомобілем з іноземних виявився Mercedes. Вартість запасних частин, а також витрати на заміну елементів, що відмовили, в даному випадку складають найбільш високі значення в порівнянні з аналогами.

На рис. 3. представлені значення питомих економічних ефектів від експлуатації різних марок вантажних автомобілів залежно від напрацювання в АПВ.



1 - КамАЗ, 2 - МАЗ, 3 - Renault, 4 - Mercedes, 5 - Volvo, 6 - Scania

Рисунок 3 - Значення питомих економічних ефектів від експлуатації різних марок вантажних автомобілів залежно від напрацювання в АПВ

Джерело: розроблено авторами

Найбільш високе значення питомого економічного ефекту досягається у разі експлуатації автомобілів марки Scania. На це впливає як висока надійність рухомого складу, так і низьке значення питомих витрат на експлуатацію, а також найвища вантажопідйомність в даному випадку серед інших марок автомобілів, що відчутно позначається на значенні продуктивності і відповідно, результаті діяльності в АПВ.

Якщо порівнювати функціонування в АПВ вантажних автомобілів марок Renault, Mercedes і Volvo то інтенсивність падіння показника залежно від напрацювання у цих транспортних засобів має дуже близьке між собою значення. За період експлуатації 10 років, або 1200000 км пробігу, значення питомих економічних ефектів не падає більш ніж на 10%.

Що стосується вітчизняних марок вантажних автомобілів КамАЗ і МАЗ то значення їх питомих економічних ефектів падають з напрацюванням в АПВ найбільш інтенсивно. Як і у разі розгляду питомих витрат на експлуатацію, первинне значення економічних ефектів перевищує значення зарубіжних марок вантажних автомобілів, проте до пробігу в 200 тис. км ситуація змінюється на протилежну і різниця між ефектами росте щорічно, знижуючи ефективність вітчизняних марок вантажних автомобілів в порівнянні із зарубіжними.

Висновки.

1. Розглянуто процес зміни технічного стану вантажних автомобілів різних базових марок в умовах експлуатації в АПВ, вплив морального і фізичного їх старіння, процес накопичення несправностей в деталях, вузлах і агрегатах.

2. Наведено основні фактори, що впливають на технічний стан вантажних автомобілів в АПВ, а також на інтенсивність його зміни з напрацюванням.

3. Розглянуто техніко-економічні показники, що характеризують ефективність функціонування парку вантажних автомобілів різних марок в умовах АПВ та отримано залежність для розрахунку питомого економічного ефекту від їх експлуатації.

4. Врахована зміна ефективності експлуатації вантажних автомобілів в АПВ залежно від напрацювання через введення коефіцієнтів зміни: вартості автомобілів з напрацюванням, продуктивності, витрат на підтримку працездатності.

5. На основі запропонованого комплексу показників оцінки ефективності функціонування вантажних автомобілів різних марок в умовах АПВ в залежності від напрацювання розроблено підхід оцінки впливу їх технічного стану на продуктивність, а отже і на ефективності їх експлуатації для обґрунтованого оновлення парку.

Список літератури

1. Аулін В.В., Голуб Д.В., Лівіцький О.М. Вплив стратегій технічного обслуговування і ремонту мобільної сільськогосподарської техніки на її стан, умови і охорону праці операторів. *Вісник ЖНАЕУ: науково-теоретичний збірник*. вип. № 2 (45), т.4, ч.ІІ. Житомир, 2014. С. 37-50.
2. Аулін В.В., Голуб Д.В., Дьяченко В.О. Підхід до забезпечення надійності транспортних засобів та системи агропромислового виробництва шляхом оптимізації парку рухомого складу. *Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки*: матеріали. XI Міжнародна науково-практична конференція, 1-3 листопада 2017 р. Кропивницький: ЦНТУ, 2017. С. 15-17.
3. Аулін В.В., Голуб Д.В., Дьяченко В.О. Підвищення ефективності функціонування підприємств сільськогосподарського виробництва на основі логістичного підходу. *Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки*: матеріали. XI Міжнародна науково-практична конференція, 1-3 листопада 2017 р. Кропивницький: ЦНТУ, 2017. С. 232-234.
4. Аулін В.В., Голуб Д.В., Великодний Д.О. та ін. Розв'язання проблеми надійності технологічних процесів вантажних перевезень підприємствами агропромислового виробництва. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. Кропивницький: ЦНТУ, Вип. 1(32), 2019. С. 36-45.
5. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В. Підвищення ефективності використання транспортних машин у агропромисловому виробництві узгодженням їх експлуатаційних характеристик та умов функціонування. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. Кропивницький: ЦНТУ, Вип. 6(37) ч.ІІ, 2022. С.45-57.
6. Аулін В.В., Голуб Д.В., Кічура Р.П. та ін. Забезпечення та підвищення надійності й ефективності процесу автомобільних вантажних перевезень побудовою дерева відмов структурних елементів транспортної системи. *Вісник машинобудування та транспорту*, №18(2), 2023. С. 46-55.
7. Вергун М.Г. Управління перевезеннями вантажів у сільському господарстві. *Агроінком*, № 5-6, 2008. С. 39-43.
8. Гнезділова О.М. Організація обліку та аналізу роботи транспортних засобів аграрних підприємств: автореф. дис. кандидата екон. наук: 08.06.04. Київ, 2006. 20 с.
9. Голуб Д.В., Аулін В.В., Кічура Р.П., Ювженко О.Ю. Застосування динамічних моделей управління для оптимізації виробничо-транспортних витрат вантажних перевезень. *Сучасні проблеми функціонування логістичних систем. сталий розвиток транспортних систем: наука і практика*: матеріали Міжнародна науково-практична конференція, 25-26 листопада 2024 р. Харків: ХНАДУ, 2024. С. 149-152.
10. Голуб Д.В., Кічура Р.П. Оптимізація системи технічної експлуатації автомобілів в агропромисловому виробництві застосуванням інноваційних підходів у ТОВ "АРК ГРУПП 19": звіт з НДР № ДР 0125U003363. Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, 2025. 32 с.
11. Голуб Д.В., Ювженко О.Ю. Підвищення ефективності використання автопарку транспортних засобів агропромислового виробництва у ТОВ "АРК ГРУПП 19": звіт з НДР № ДР 0125U003360. Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, 2025. 36 с.

12. Дмитриченко М.Ф., Матейчик В.П., Гришук О.К. та ін. Методи системного аналізу властивостей автомобільної техніки: навч. посіб. К.: НТУ, 2014. 168 с.
13. Керничний Б.Я. Інноваційні шляхи підвищення ефективності використання автомобільного важковагового транспорту (на прикладі організації сезонних перевезень сільськогосподарських вантажів). *Проблеми економіки транспорту. Збірник наук. праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*, Вип. 11, 2016. С. 31-36.
14. Придюк В.М. Особливості організації перевезень сільськогосподарських вантажів автомобільним транспортом. *Сільськогосподарські машини*, Вип. 28, 2014. С. 68–72.
15. Форнальчик Є. Ю., Оліскевич М. С., Мастикаш О. Л., Пельо Р. А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: навч. посіб. Львів: Афіша, 2004. 492 с.
16. Фришев С.Г. Основи транспортного процесу в АПК: посібник. К.: Державна академія керівних кадрів, 2009. 420 с.
17. Vojtov V.A., Muzylyov D.A., Berezchnaja N.G. Integrated approach in calculation of the economic effect of the functioning of the transport and logistic complex with the account of the risk factor. *International academy journal Web of Scholar*, Vol. 1., № 3(21), 2018. P. 12-18.
18. Shafi U. Vehicle remote health monitoring and prognostic maintenance system. *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 20, 2018. Pp. 1-10.

References

1. Aulin, V. V., Holub, D. V., Livitskyi, O. M. (2014). Influence of maintenance and repair strategies of mobile agricultural machinery on its condition, working conditions and labor protection of operators. *Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University*, 2(45), Vol. 4, Part II, 37-50 [in Ukrainian].
2. Aulin, V. V., Holub, D. V., & Diachenko, V. O. (2017). Approach to ensuring the reliability of vehicles and the system of agro-industrial production through optimization of the rolling stock fleet. *Problems of Design, Production and Operation of Agricultural Machinery: Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference*, Kropyvnytskyi, November 1-3, 15-17 [in Ukrainian].
3. Aulin, V. V., Holub, D. V., & Diachenko, V. O. (2017). Improving the efficiency of agricultural production enterprises based on a logistics approach. *Problems of Design, Production and Operation of Agricultural Machinery: Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference*, Kropyvnytskyi, November 1-3, 232-234 [in Ukrainian].
4. Aulin, V. V., Holub, D. V., Velykodnyi, D. O., et al. (2019). Solving the problem of reliability of technological processes of freight transportation by agro-industrial enterprises. *Central Ukrainian Scientific Bulletin: Technical Sciences*, 1(32), 36-45 [in Ukrainian].
5. Aulin, V. V., Hryniv, A. V., Lysenko, S. V., & Holub, D. V. (2022). Improving the efficiency of the use of transport machines in agro-industrial production by coordinating their operational characteristics and operating conditions. *Central Ukrainian Scientific Bulletin: Technical Sciences*, 6(37), Part II, 45-57 [in Ukrainian].
6. Aulin, V. V., Holub, D. V., Kichura, R. P., et al. (2023). Ensuring and improving the reliability and efficiency of the road freight transportation process through the construction of a fault tree of structural elements of the transport system. *Bulletin of Mechanical Engineering and Transport*, 18(2), 46-55 [in Ukrainian].
7. Verhun, M. H. (2008). Management of freight transportation in agriculture. *Ahroinkom*, 5-6, 39-43 [in Ukrainian].
8. Hnezdilova, O. M. (2006). Organization of accounting and analysis of the operation of vehicles of agricultural enterprises. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv, 20 p. [in Ukrainian].
9. Holub, D. V., Aulin, V. V., Kichura, R. P., & Yuvzhenko, O. Yu. (2024). Application of dynamic management models for optimization of production and transport costs of freight transportation. *Modern Problems of Functioning of Logistics Systems. Sustainable Development of Transport Systems: Science and Practice: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, Kharkiv, 149-152 [in Ukrainian].
10. Holub, D. V., Kichura, R. P. (2025). Optimization of the system of technical operation of vehicles in agro-industrial production using innovative approaches at LLC "ARK GROUP 19": Research report No. DR 0125U003363. Kropyvnytskyi: Central Ukrainian National Technical University, 32 p. [in Ukrainian].
11. Holub, D. V., Yuvzhenko, O. Yu. (2025). Improving the efficiency of the use of the vehicle fleet of agro-industrial production at LLC "ARK GROUP 19": Research report No. DR 0125U003360. Kropyvnytskyi: Central Ukrainian National Technical University, 36 p. [in Ukrainian].
12. Dmytrychenko, M. F., Mateichyk, V. P., Hryshchuk, O. K., et al. (2014). *Methods of system analysis of automotive technology properties*: textbook. Kyiv: National Transport University, 168 p. [in Ukrainian].

13. Kernychnyi, B. Ya. (2016). Innovative ways to improve the efficiency of using heavy road transport (on the example of organizing seasonal transportation of agricultural goods). *Problems of Transport Economics*, 11, 31-36 [in Ukrainian].
14. Prydiuk, V. M. (2014). Peculiarities of organizing transportation of agricultural goods by road transport. *Agricultural Machines*, 28, 68-72 [in Ukrainian].
15. Fornalchyk, Ye. Yu., Oliskevych, M. S., Mastyakash, O. L., & Pelo, R. A. (2004). *Technical operation and reliability of vehicles*: textbook. Lviv: Afisha, 492 p. [in Ukrainian].
16. Fryshev, S. H. (2009). *Fundamentals of the transport process in the agro-industrial complex*: textbook. Kyiv: State Academy of Managerial Staff, 420 p. [in Ukrainian].
17. Vojtov, V. A., Muzylyov, D. A., & Berezchnaja, N. G. (2018). Integrated approach in calculation of the economic effect of the functioning of the transport and logistic complex with the account of the risk factor. *International Academy Journal Web of Scholar*, 1(3), 12-18 [in English].
18. Shafi, U. (2018). Vehicle remote health monitoring and prognostic maintenance system. *Journal of Advanced Transportation*, 20, 1-10 [in English].

Dmytro Holub, Assoc. Prof., PhD tech. sci, **Oleksandr Yuvzenko**, **Ruslan Kichura**

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Determination of the Intensity of Change in the Efficiency Indicators of Operation of Trucks of Different Brands Depending on the Operating time in the Conditions of Agro-Industrial Production

The problem of improving the efficiency of operation of a fleet of trucks of different brands used to support the production processes of agro-industrial enterprises is considered. It has been found that under modern operating conditions a significant share of the vehicle fleet of such enterprises consists of foreign-manufactured trucks, which often have a considerable initial mileage before the start of their operation within the country. Therefore, in the conditions of increasing competition in the field of freight transportation and limited financial resources of agricultural enterprises, the task of reducing operating costs and improving the efficiency of the use of rolling stock becomes particularly relevant. Thus, the rational formation of the fleet structure and a well-grounded selection of truck brands and models will make it possible to increase the efficiency of transport support for production processes in the agro-industrial sector.

An analysis of the factors influencing changes in the technical condition of different truck brands during their operation in agro-industrial production has been carried out. It has been established that with an increase in the service life of vehicles, the technical and operational performance indicators of their functioning gradually deteriorate, the technical readiness coefficient decreases, the duration of downtime for maintenance and repair increases, and the costs of maintaining operational capability also rise. As a result, the average annual mileage of vehicles decreases, the time of their effective use in the production transport process of agro-industrial production is reduced, and the cost of performing transport work increases.

For a comprehensive assessment of the efficiency of truck operation, a system of technical and economic indicators has been proposed that takes into account changes in the vehicle value, the productivity of its operation, and the costs of maintaining its serviceable condition depending on the accumulated operating mileage. Based on the proposed indicators, a mathematical model has been developed to determine the specific economic effect of operating different brands of trucks under conditions of agro-industrial production. The model makes it possible to take into account the influence of the technical condition of the vehicle fleet on the productivity of the transport process, the level of operating costs, and the performance results obtained from the use of vehicles in agro-industrial production.

The regularities of changes in annual mileage, specific costs, and the economic effect from the operation of trucks of different brands depending on their accumulated mileage in the agro-industrial sector have been determined. It has been established that foreign-manufactured trucks are characterized by more stable values of technical and operational indicators and a lower rate of efficiency decline during long-term operation compared with domestic counterparts. The proposed approach makes it possible to make a well-grounded choice of the brand and model of a truck, as well as to optimize the processes of renewing the vehicle fleet of enterprises in the agro-industrial sector.

trucks, agro-industrial production, operational efficiency, technical condition, accumulated mileage, economic effect, transport process, vehicle fleet, technical readiness, operating costs

Одержано (Received) 06.03.2026

Прорецензовано (Reviewed) 11.03.2026

Прийнято до друку (Approved) 12.03.2026