

О.М. Іванушко, асистент
Національний транспортний університет

Порівняння експлуатаційних показників якості автотранспортних засобів

(Представлено д.т.н., проф. В.П. Сахно)

Кожен автотранспортний засіб наділений своїми, індивідуальними властивостями, що передусім залежать від його конструкції. Підбираючи конструкцію автомобіля для виконання ним певних завдань, найчастіше за основний порівняльний параметр приймається собівартість перевезення 1 тони вантажу (або 1 пасажера), що не відображає в повній мірі придатність автомобіля до виконання свої функції за певних виробничо-організаційних та експлуатаційних умов.

Обґрунтований вибір транспортного засобу повинен базуватися на можливості максимально його використовувати за заданих умов експлуатації і при цьому повинен зберігатися оптимальний баланс необхідних ресурсів для його функціонування.

У статті представлено концептуальний підхід до виконання порівняльного аналізу ключових експлуатаційних показників якості автотранспортних засобів, на прикладі вантажних автомобілів у специфікації самоскид і міксер. Було виконано обґрунтування цих показників і доведено їх значущість.

Також представлено результати апробації представленого підходу з використанням математичного моделювання режиму руху автомобілів на основі реального міського маршруту.

На основі порівняльного аналізу встановлено, що більш нові транспортні засоби, що мають високу вантажопідйомність, оптимально підібрані двигун із трансмісією, що забезпечують високу технічну швидкість, а також мають найбільші міжсервісні інтервали технічного обслуговування – дозволяють більш ефективно використовувати їхній потенціал у виробничій діяльності.

Ключові слова: властивості автомобіля; вибір конструкції; необхідний обсяг ресурсів; маршрут руху; порівняльний аналіз; показник ефективності.

Постановка проблеми. Вибір автотранспортного засобу (АТЗ) для виконання ним поставлених завдань потребує виконання аналізу його основних експлуатаційних і конструкційних параметрів. Ці параметри можуть, на перший погляд, не суттєво відрізнятися у різних марках і моделях автомобілів та не завжди характеризують їх придатність до використання за певних умов експлуатації.

Автомобіль складається із взаємозв'язаних підсистем (агрегатів, механізмів), які не гарантують створення оптимальної технічної системи, а в деяких випадках навіть спричиняють її непрацездатність [8, с. 37].

Також має вплив, якість експлуатаційних показників, зокрема придатність автотранспортного засобу до його обслуговування і використання в умовах існуючої виробничо-технічної бази, яка може бути створена під певний вид АТЗ або навпаки АТЗ підбирають під вже існуючу виробничо-технічну базу.

Дані обставини більш усугубляють ситуацію вибору найбільш придатного АТЗ у випадку застосування різних за конструкцією і призначенням транспортних засобів в умовах одного підприємства, які використовуються для досягнення однієї мети, а за своїми властивостями доповнюють один одного.

За таких умов виникає проблема обґрунтованого вибору конструкції автотранспортних засобів для використання їх у виробничій діяльності за певних умов експлуатації з найкращим економічним ефектом, що разом буде характеризувати їхню ефективність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пошук оптимальної конструкції для автотранспортних засобів та їх обґрунтований вибір для конкретних завдань постійно залишається актуальним в області машинобудування і технічної експлуатації автомобілів. Подібні дослідження з різною метою виконували Д.П. Веліканов [3], А.С. Литвинов [9, 10], Я.Є. Фаробін [9, 14], В.П. Сахно, А.П. Солтус, О.П. Кравченко [7], К.С. Жаров [5], О.А. Корпач [6], О.В. Лисий [8] та багато інших. Загалом всі дослідження за даним напрямом можна розділити на:

1. дослідження техніко-експлуатаційних властивостей як окремих вузлів і агрегатів так і автомобіля в цілому;
2. дослідження тягово-швидкісних властивостей автомобіля;
3. дослідження техніко-економічних властивостей автомобіля;
4. аналіз і обґрунтування вибору вище згаданих властивостей.

Всі ці дослідження виконувалися для визначення найбільш оптимальної конструкції АТЗ для виконання певного виду робіт. Або для визначення марки або моделі (за потреби конструкції) АТЗ, що потребуватиме найменших ресурсів, які необхідні для виконання ним своїх основних завдань.

В той же час не враховувалися взагалі або враховувалися частково вимоги виробничо-технічної бази, що експлуатує рухомий парк та діючої в умовах певного автотранспортного підприємства системи технічного обслуговування і ремонту.

Мета дослідження. Виконати вибір і порівняння експлуатаційних показників якості автотранспортних засобів з метою виявлення найбільш ефективної конструкції.

Викладення основного матеріалу. Ефективність використання транспортного засобу може залежати і визначатися, з одного боку, досконалістю його конструкції і її відповідності до умов експлуатації – транспортним, дорожнім і кліматичним. З іншої сторони, вона залежить від організації перевезень – тривалістю добового часу в наряді; кількістю днів роботи на рік; раціонального маршруту перевезень; організацією і механізацією завантажувально-розвантажувальних робіт; раціональністю зберігання, технічного обслуговування та ремонту і т.д. [3, с. 10].

Ефективність автомобіля може оцінюватися основним узагальненим показником – собівартістю перевезень в даних конкретних умовах експлуатації. Собівартість перевезень виражає величину витрат лише безпосередньо на виконання транспортного процесу [3, с. 12].

У практиці експлуатації автомобільного транспорту бувають випадки, коли на певних видах перевезень економічно доцільно використовувати автомобілі, у яких приведені витрати на перевезення більш високі, ніж у інших. Це може бути в тих випадках, коли при більш високих затратах забезпечуються більш висока якість транспортного процесу, наприклад, краща збережуваність вантажу та ін. [3, с. 17].

Крім того, певні витрати для різних автомобілів можуть відрізнятися, зокрема, різною відпускнуою вартістю запасних частин і комплектуючих. Так, одні постачальники автокомплектуючих продають їх за більшою ціною ніж інші, але ці витрати теж можуть бути виправданим, якщо кінцевий економічний ефект буде позитивним, наприклад – менший час очікування нової деталі зменшує загальну тривалість простоїв автомобіля в ТО і Р.

В деяких випадках при оцінці або виборі найбільш раціональної конструкції автомобіля вирішальне значення можуть мати експлуатаційні якості, котрі складно оцінити економічними показниками. До таких якостей, наприклад, відносяться: ступінь забезпечення в конструкції автомобіля комфорту роботи водія, пристосованість конструкції автомобіля до технічного обслуговування і ремонту, завантажування, розвантажування, пристосування автомобіля до безпечного руху [3, с. 22].

Таким чином, проблема оцінки ефективності використання АТЗ пов'язана з обґрунтованим вибором його кількісних техніко-економічних показників, що найбільш повно і точно будуть характеризувати відповідність АТЗ до заданих умов експлуатації.

Використання АТЗ за призначенням призведе до отримання ним результату – певного обсягу перевезень (тон вантажу або кількості пасажирів).

Ефективність роботи рухомого складу автомобільного транспорту визначається ступенем його технічної готовності до виконання транспортної роботи при найменших витратах на експлуатацію і може бути оцінена загалом коефіцієнтом потенційної можливості [13, с. 4]:

$$K_{II} = \alpha_T \cdot \eta_C \cdot \eta_H \cdot \eta_D \cdot \beta \cdot \gamma, \quad (1)$$

де α_T – коефіцієнт технічної готовності парку;

η_C – коефіцієнт використання технічно справних автомобілів;

η_H – коефіцієнт використання часу в наряді;

η_D – коефіцієнт використання часу наряду в русі;

β – коефіцієнт використання пробігу;

γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності.

Аналіз поняття «ефективність» показав, що більшість авторів, які формують поняття, розуміють цю категорію як відношення ефекту (результату) до витрат або ресурсів, що були витрачені на його отримання. Тобто критерії ефективності формуються на основі витратного (спожиті ресурси) і ресурсного (застосовані ресурси) підходів. Витратний підхід відображає ефект, одержаний з кожної одиниці сукупних витрат, або окремо витрат живої або упредметненої праці. Ресурсний підхід покликаний характеризувати ефективність використання ресурсів: трудових, матеріальних, фінансових [11, с. 233].

Отже, ефективне використання АТЗ безпосередньо пов'язане з виконанням його прямих функцій – перевезень. Останні залежать від багатьох факторів, які найкраще характеризуються техніко-економічними показниками, що розглядалися вище, які, в свою чергу, залежать від багатьох обставин, що більше пов'язані з організацією самого процесу перевезень та утриманням автомобіля.

Для визначення обсягу корисної роботи від використання автомобіля, в подальшому, під поняттям ефективність використання АТЗ будемо розуміти – відношення обсягу витрачених ресурсів до

отриманого результату, що для вантажних автомобілів може бути виражений через обсяг перевезеного вантажу і представлено у вигляді виразу:

$$E = \frac{B}{Q_B}, \quad (2)$$

де B – обсяг необхідних ресурсів (витрат) на виконання перевезень, (кількість пального, запчастин і т.д.);
 Q_B – обсяг перевезеного вантажу, т.

Таким чином, необхідно визначити тип і кількість ресурсів, що безпосередньо впливають на результат роботи АТЗ.

Як вже зазначалося раніше, результатом використання АТЗ, в даному випадку вантажного автомобіля, буде обсяг перевезень Q_B .

Обсяг перевезень Q_B залежить від продуктивності самого АТЗ W_P (ткм) [4, с. 135]:

$$Q_B = \frac{W_P}{L_B}, \quad (3)$$

де L_B – пробіг автомобіля з вантажем, км.

$$L_B = L_{заг} \cdot \beta; \quad (4)$$

$L_{заг}$ – загальний пробіг автомобіля, км;

β – коефіцієнт використання пробігу.

Продуктивність вантажного автомобіля характеризується виконаною ним *транспортною роботою* W_P [3, с. 24]:

$$W_P = \frac{q \cdot \gamma \cdot l \cdot \beta \cdot v_T \cdot T_c \cdot 365 \cdot \alpha}{l + \beta \cdot v_T \cdot t_{з-р}}, \quad (5)$$

де q – номінальна вантажопідйомність, т;

γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності;

l – середня довжина їздки, км;

β – коефіцієнт використання пробігу;

v_T – технічна швидкість, км/год;

T_c – час в наряді, год;

α – коефіцієнт використання (випуску) автомобіля;

$t_{з-р}$ – час виконання завантажувально-розвантажувальних робіт за одну їздку, що включають пов'язані з ними витрати часу на оформлення вантажу, очікування та ін.

Проте в подальших розрахунках будемо користуватися іншою формулою для визначення транспортної роботи, що враховує кількість вантажних циклів (їздок) $n_{ц}$ [4, с. 133]:

$$W_P = q \cdot \gamma \cdot l \cdot \beta \cdot n_{ц}; \quad (6)$$

$$n_{ц} = \frac{T_c \cdot 365 \cdot \alpha}{T_B + t_{з-р}}, \quad (7)$$

де T_B – час автомобіля в русі, год.

$$T_B = \frac{l}{v_T}. \quad (8)$$

З формули (5) видно, що величина продуктивності вантажного автомобіля визначається параметрами двох видів: не залежні від конструкції автомобіля (l , β , T_c) і залежні від неї (q , γ , v_T , α , $t_{з-р}$) [3, с. 24].

В даному випадку, параметри, що не залежать від конструкції автомобіля і є випадковими для порівняльного аналізу будуть задаватися для всіх порівнюваних автомобілів однаковими.

Вантажопідйомність автомобіля q безпосередньо впливає на його продуктивність при всіх інших рівних значеннях параметрів. В дійсності, окремі експлуатаційні показники не зберігаються постійними для автомобілів різної вантажопідйомності. Наприклад, із збільшенням вантажопідйомності дещо знижується технічна швидкість руху і може збільшитися час простою під завантажуванням-розвантажуванням. Однак, загальна закономірність збільшення продуктивності зі збільшенням вантажопідйомності зберігається [3, с. 25].

Коефіцієнт використання вантажопідйомності γ являє собою відношення фактично перевезеної кількості вантажу q_e до кількості, що могла бути перевезена за той же пробіг при повному використанні номінальної вантажопідйомності автомобіля q [3, с. 26].

Розміри кузова або іншого засобу, де буде міститися, вантаж теж нормуються. Вони не повинні перевищувати значення, що встановлені чинними нормативними актами, зокрема Правилами дорожнього руху.

Технічна швидкість v_T – це відношення шляху, пройденого автомобілем, до часу в русі. При розрахунках, що виконуються в автотранспортних підприємствах, прийнятий час в русі вважають час перебування автомобіля на лінії з врахуванням часу на завантажувально-розвантажувальні роботи [3, с. 33]:

$$v_T = \frac{L_c}{T_c - t_{3-p}}, \quad (9)$$

де L_c – пробіг автомобіля за час T_c , км.

Але в такому випадку ми отримуємо значення швидкості, що не враховує: періоди зупинки автомобіля, наприклад, на світлофорах; режими руху під час розгону, сталого руху і сповільнення; зменшення швидкості із-за зовнішніх факторів (затори, стан доріг, погодні умови та ін.). І хоча подібні чинники реально впливають на швидкість руху автомобіля, вони є випадковими, а тому технічну швидкість необхідно визначати за певних сталих умов дорожнього руху (на встановленому маршруті із постійними умов).

Оскільки середня швидкість руху вантажного транспортного засобу є фактором, який разом з вантажопідйомністю визначає його продуктивність та надає найбільш повне уявлення стосовно тягово-швидкісних властивостей, цей оціночний показник безперечно набуває вагомого значення серед критеріїв, за якими доцільно проводити порівняльні аналізи АТЗ [5, с. 20].

Для останнього можна скористатися математичною моделлю руху автомобіля, що базується на основі диференціального рівняння [12, 14]:

$$\frac{dV}{dt} \cdot M_a \cdot \delta_{об} = P_{кол}(V) - P_{он}(V, V^2) \pm G_a \cdot \sin \alpha, \quad (10)$$

де M_a – повна маса автомобіля, кг;

$\delta_{об}$ – коефіцієнт, який враховує обертові маси автомобіля;

$P_{кол}(V)$ – повна колова сила на ведучих колесах автомобіля, Н;

$P_{он}(V, V^2)$ – сума сил опору руху автомобіля, які залежать від швидкості його руху, Н;

$G_a \cdot \sin \alpha$ – сила опору підйому, Н;

G_a – сила тяжіння від повної маси автомобіля, Н;

α – кут поздовжнього нахилу полотна дороги;

V – швидкість руху автомобіля, м/с;

dV/dt – прискорення автомобіля, м/с².

Змоделивавши процес руху різних вантажних автомобілів на заданому маршруті довжиною L на основі їх тягово-швидкісних характеристик, можна визначити їх середню технічну швидкість v_T , що в свою чергу дасть можливість визначити час в русі T_c .

Час при завантажуванні-розвантажуванні t_{3-p} на одну їзду в формулі (7) може мати суттєве значення при оцінці ефективності автомобіля, спеціально пристосованого до зменшення витрат часу на ці роботи (наприклад – самоскиди). Може визначатися за формулою [3, с. 48]:

$$t_{3-p} = t_H \cdot \gamma, \quad (11)$$

де t_H – норма простою автомобіля для виконання завантажувально-розвантажувальних робіт, год;

γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності.

Коефіцієнт використання автомобіля α являє відношення фактичної кількості днів роботи автомобіля за рік до кількості календарних днів в році [3, с. 43]:

$$\alpha = \frac{365 - (D_0 + D_{ТОР})}{365}, \quad (12)$$

де D_0 – дні простою автомобіля по організаційним причинам, дні;

$D_{ТОР}$ – дні простою автомобіля при виконанні технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р), дні.

Дні простою автомобіля при виконанні технічного обслуговування і ремонту визначаються по нормативним даним заводу виробника (або законодавчих актів). Основними нормативами з ТО і Р є періодичність $t_{ТОР}$ ($t_{ТОР}$) і трудомісткість робіт T_p .

Також $D_{ТОР}$ залежить від організації і ефективності роботи ВТБ і виробничо-ремонтного персоналу. Крім того, за певних умов експлуатації (дорожні, природо-кліматичні та ін.) нормативи можуть коректуватися.

В такому випадку для визначення значення $D_{ТОР}$ будемо розглядати тільки скориговані нормативну періодичність $t_{ТОР}$ ($t_{ТОР}$) і трудомісткість робіт T_p для кожного ТЗ за однакових умов експлуатації, щоб виключити зовнішні чинники, які не залежать від особливостей конструкції даного ТЗ, а отже не характеризують його ефективність.

Простою з організаційних причин не характеризують ефективність автомобіля. Тому в даному випадку вони не розглядатимуться.

До витрат на здійснення перевезень будемо відносити тільки ті ресурси, що безпосередньо необхідні для виконання перевезень, а саме: витрата пального $V_{п}$, витрата експлуатаційних матеріалів $V_{ЕМ}$, запасних частин $V_{зч}$ і витрати людського часу на виконання ремонтно-обслуговуючих операцій, що представлені в трудомісткості робіт $V_{ТР}$, але за умови вираження їх в кількісних одиницях (тобто л, кг, шт., людина-години). Це необхідно, щоб виключити вплив варіації грошових активів для забезпечення необхідними ресурсами той чи інший ТЗ, що можуть виникнути із-за не досконалої роботи

організаційних та підтримуючих підрозділів підприємства, що експлуатує дані ТЗ. Також, не будемо розглядати заробітну плату та інші витрати, що пов'язані з господарською діяльністю автотранспортного підприємства, оскільки вони безпосередньо не впливають на процес перевезень і можуть змінюватися по необ'єктивним причинам в широкому діапазоні.

Загальна витрата пального $V_{\text{л}}$ на виконання транспортного процесу залежить від паливної економічності певного АТЗ.

Основним оціночним показником паливної економічності автомобіля у більшості країн є шляхова витрата палива – витрата палива, що вимірюється у літрах на 100 км пройденого шляху (л/100 км). В якості узагальнюючих (інтегральних) показників при оцінці паливної економічності автомобіля використовують середню витрату палива на шляху та питому витрату палива [5, с. 30].

Середня витрата палива на шляху – це витрата палива у літрах на 100 км, яка визначається за нормального експлуатаційного режиму руху у найбільш типових для даного автомобіля дорожніх умовах [5, с. 30].

Для вимірювання витрати палива застосовуються дорожні та лабораторні (стендові) методи. Дорожні методи передбачають виконання замірів при русі автомобіля на певних ділянках доріг, що забезпечує максимально наближені умови до реальних, але є більш складними з боку забезпечення однакових умов випробувань для різних автомобілів. Лабораторні методи передбачають імітацію руху автомобіля на стенді з біговими барабанами, що дає більш стабільні умови випробувань, але виключає вплив певних чинників, що присутні за реальних умов руху.

При використанні будь-якого методу, передбачено використання програми випробувань, що складається з послідовного набору дій, які повинні бути виконані для отримання вимірюваних даних. Для цього можуть застосовуватися магістральний та міський їздові цикли, які визначені згідно ГОСТ 20306-90 [2] та настановах U.S.Environmental Protection Agency (EPA) [1].

Паливна економічність також може бути оцінена за середньою витратою палива при русі автомобіля по заданому експлуатаційному маршруту, який складається з окремих ділянок заданої довжини S_i з постійними значеннями ухилів i_i . Витрата палива визначатиметься за формулою [5, с. 32]:

$$Q = \frac{\sum Q_i}{\sum S_i}, \quad (13)$$

де Q – середня витрата палива на шляху, л/100 км;

Q_i – повна витрата палива на i -й ділянці, л;

S_i – довжина i -ї ділянки, м.

Витрати експлуатаційних матеріалів V_{EM} враховують необхідну кількість моторної оливи V_{MO} , трансмісійної оливи V_{TO} , пластичних мастил $V_{ПМ}$ і спеціальних олив V_{CO} для нормального функціонування систем, вузлів і агрегатів автомобіля:

$$V_{EM} = V_{MO} + V_{TO} + V_{ПМ} + V_{CO}; \quad (14)$$

Використання експлуатаційних матеріалів відбувається за потреби або за планом. В першому випадку, момент настання потреби і необхідна кількість експлуатаційних матеріалів є випадковою величиною, що пов'язані з різними чинниками: механічні пошкодження під час експлуатації АТЗ, механічні пошкодження під час ТО і Р АТЗ, технологічні особливості виконання операцій з ТО і Р та ін. Даний обсяг витрат ми розглядати не будемо.

В другому випадку, використання експлуатаційних матеріалів приурочено їх плановій заміні, що виконується за встановленим заводом-виробником графіком. В даному випадку необхідний обсяг експлуатаційних матеріалів визначається конструкцією АТЗ згідно нормативів заводів виробників.

Також має місце широкий допуск експлуатаційних матеріалів для використання на певному автомобілі і його різноманітні та не завжди однакові умови експлуатації. Це все впливає на спрацювання експлуатаційних матеріалів і їхній рівень ефективності. Але для порівняльного аналізу ефективності АТЗ, індивідуальні особливості експлуатаційних матеріалів розглядатися не будуть.

Витрати запасних частин $V_{ЗЧ}$, як і експлуатаційних матеріалів, залежать від конструкційних особливостей і умов експлуатації АТЗ. Майже всі деталі, вузли і агрегати автомобіля мають свій власний ресурс, для досягнення якого розробляється система ТО і Р. Відповідність системи ТО і Р до умов експлуатації АТЗ, якість виконання технічних впливів, а також якість експлуатаційних матеріалів і запасних частин також має вплив на реальне значення ресурсу складових частин і АТЗ в цілому.

За умови, що ми розглядаємо, витрати запасних частин $V_{ЗЧ}$ виражені не у їх вартості, необхідно розглядати відносну загальну потребу в них. Для цього необхідно виконати порівняльний аналіз окремо кожної основної системи АТЗ та визначити необхідну кількість деталей $V_{Д}$, вузлів $V_{В}$ і агрегатів $V_{А}$, які підлягають заміні за плановий період, що відповідає очікуваному ресурсу цієї системи:

$$V_{ЗЧ} = V_{Д} + V_{В} + V_{А}; \quad (15)$$

Витрати людського часу на виконання ремонтно-обслуговуючих операцій $V_{ТОР}$ встановлені нормативами заводів-виробників автомобілів або діючими в Україні нормативними документами. Вони

залежать від характеристики ВТБ ремонтно-експлуатуючого підприємства і кваліфікації виробничого персоналу. Крім того їх можна коректувати в залежності від умов експлуатації.

Витрати людського часу необхідно розділити на витрати часу в ТО (t_{TO}) і витрати часу в ремонті (t_P). Час t_{TO} менше залежить від зовнішніх факторів із-за своєї примітивності, а також є більш стабільним процесом, що виконується з певною (фіксованою) періодичністю.

Тривалість t_P прогнозується в часі, але причина для ремонту може виникнути випадково. t_P більше залежить від характеру умов експлуатації АТЗ і може варіюватися в широких межах.

Для визначення B_{TOP} необхідно виключити зовнішні чинники, але при цьому за допомогою приписів заводів-виробників відкоректувати загальну трудомісткість T_P і періодичність l_{TOP} , км (t_{TOP} , мото.год.) робіт для кожного автомобіля в заданих умовах експлуатації. Таким чином можна буде привести B_{TOP} до днів простою автомобіля при виконанні технічного обслуговування і ремонту D_{TOP} за ідеальних умов, що не залежать від організаційних причин.

Оскільки всі види витрат мають різні одиниці вимірювання, то для визначення ефективності i -го автомобіля за певний (заданий) період експлуатації, що буде відповідати пробігу L або періоду T , будемо розраховувати ефективності окремо за кожною статтею витрат, тобто:

$$E_{ij} = \frac{B_j}{Q_B}, \quad (16)$$

де B_j – j -ий вид витрат, необхідних для виконання відповідного обсягу перевезень Q_B i -им автомобілем.

Далі, можна було б застосувати ранжування до отриманих значень E_{ij} на основі кращих показників, але тоді могла виникнути похибка відносно близьких значень. Тому для подальшого порівняння прийємо умову, що отримані за формулою (16) значення є без розмірними, а їхнє число умовно характеризує необхідну кількість ресурсів для експлуатації АТЗ. Тоді просумувавши всі значення E_{ij} для i -го автомобіля, ми отримаємо його комплексний показник ефективності:

$$E_{\Sigma} = \sum E_{ij} = E_{II} + E_{EM} + E_{3ч} + E_{TOP}. \quad (17)$$

При цьому, найменше значення E_{Σ} буде характеризувати найменші витрати на АТЗ для виконання ним роботи по перевезенню 1 т вантажу.

Крім того, для порівняльної оцінки АТЗ, введемо поняття еталонний автомобіль – це автомобіль, що матиме найкращі властивості серед представлених в порівняльному аналізі автомобілів. Порівняння його комплексного показника ефективності E_{Σ} з іншими, дасть умовну можливість визначити наскільки порівнювані автомобілі відповідають заданим умовам експлуатації.

В подальшому дослідженні застосовувалася математична модель руху автомобіля, що дозволяє змодельовати час автомобіля в русі T_C , середню технічну швидкість автомобіля v_T і середню витрату палива на шляху Q . Решта параметрів береться безпосередньо з технічної характеристики або задаються однаковими для всіх порівнюваних автомобілів.

В порівняльному аналізі приймали учать вантажні автомобілі зі специфікацією самоскид і міксер, дані про які були отримані на київському підприємстві ТОВ «Автобудкомплекс-К».

При виборі маршруту руху автомобілів для моделювання їздового маршруту, було проаналізовано дані, отримані з GPS систем для моніторингу, що встановлені на міксерах і самоскидах. Було проаналізовано маршрути, пройдені даними автомобілями за період від 1 вересня 2017 року до 1 лютого 2018 року.

Враховуючи специфіку роботи і призначення міксерів та самоскидів, основна зона їхнього покриття становить радіус в 25 км від виробничих потужностей ТОВ «Автобудкомплекс-К», а максимальна довжина вантажної їздки майже ніколи не перевищує 40 км. Загалом середня відстань вантажного циклу, яку проходять більшість міксерів і самоскидів становить приблизно 20 км.

На основі таких умов роботи рухомого складу, було прийнято рішення підібрати для моделювання однаковий маршрут для обох типів транспортних засобів, довжина якого як у завантаженому так і в порожньому стані не перевищуватиме 20 км. На основі отриманих GPS даних було обрано маршрут:

- завантажений стан від вул. Святошинська 34 до вул. Маршала Тимошенка 21 загальною довжиною 16,286 км і складається з 66 однорідних ділянок;
- порожній стан від вул. Маршала Тимошенка 21 до вул. Святошинська 34 загальною довжиною 15,258 км і складається з 65 однорідних ділянок.

Довжина маршруту визначена на основі GPS даних. Коефіцієнт використання пробігу для такого маршруту становить $\beta = 0,52$.

Даний маршрут проходить через населений пункт (м. Київ) по дорогам де дозволено рух транспортних засобів з дозволеним фактичним навантаженням на одну вісь до 10,5 т, з ухилом доріг 1...4 %, радіусами поворотів від 11 до 500 м, а також з обмеженням максимальної швидкості руху 40...50, на окремих ділянках до 60 км/год.

На основі представленого вище, виконаємо моделювання руху і витрат на експлуатацію автомобілів, а на основі отриманих значень виберемо їхні найкращі властивості для еталонного автомобіля.

Моделювання і порівняння властивостей автомобілів виконується для самоскидів та міксерів окремо із-за їх конструктивних і експлуатаційних властивостей, а результати представлено в таблицях 1 і 2 відповідно.

Таблиця 1

Порівняння ефективності використання самоскидів

№ з/п	Показник	Порівнюване значення					
		КРАЗ 65053/ 65055	КамАЗ 53229С	DAF 85 CF-380	MAN TGA 35.360 8x4	Volvo FM 8x4 R	Еталон
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Витрата часу на виконання ремонтно-обслуговуючих робіт V_{TOP} , люд.год.	69,0	46,0	11,2	6,5	4,0	3,4
2	Норма запасних частин $n_{ЗЧ}$, од.	13,9	7,4	3,8	1,9	2,6	1,9
3	Витрата запасних частин $V_{ЗЧ}$, од.	283,6	105,4	11,2	5,6	8,0	5,0
4	Норма пластичного мастила $n_{ПМ}$, л	3,3	3,96	7,3	7,3	3,8	3,8
5	Норма спеціальної оливи $n_{СО}$, л	7,3	9,7	13,92	13,92	9,3	9,3
6	Норма трансмісійної оливи $n_{ТО}$, л	1,9	2,83	4,75	4,75	3,75	3,75
7	Норма моторної оливи $n_{МО}$, л	32,0	28,0	35,0	35,0	32,0	32,0
8	Витрата експлуатаційних матеріалів $V_{ЕМ}$, л	907,3	633,6	180,1	180,3	149,6	128,3
9	Витрата палива $V_{П}$, л	72759,3	68988,8	64107,9	59573,5	50341,9	50341,9
10	Час завантажувально-розвантажувальних робіт $t_{З-Р}$, год.	0,32	0,28	0,35	0,35	0,52	0,52
11	Технічна швидкість v_T , км/год	34,90	35,15	35,10	34,70	35,10	35,15
12	Час автомобіля в русі T_B , год.	0,904	0,897	0,899	0,909	0,899	0,897
13	Періодичність ТО і Р $I_{ТОР}$, км	5000	8000	35000	35000	30000	35000
14	Загальний пробіг автомобіля $L_{заг}$, км	102003,8	113936,9	103366,5	103480,1	92032,8	92032,8
15	Дні простою в ТО і Р $D_{ТОР}$, дні	5,75	3,83	0,93	0,54	0,33	0,28
16	Коефіцієнт використання (випуску) автомобіля α	0,984	0,990	0,997	0,999	0,999	0,999
17	Час в наряді T_c , год.	12	12	12	12	12	12
18	Кількість вантажних циклів $n_{ц}$	9	10	9	9	8	8
19	Коефіцієнт використання пробігу β	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
20	Середня довжина їздки l , км	31,544	31,544	31,544	31,544	31,544	31,544
21	Коефіцієнт використання вантажопідйомності γ	1	1	1	1	1	1
22	Вантажопідйомність q , т	16	14	17,4	17,5	26	26

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
23	Пробіг автомобіля з вантажем L_B , км	16,286	16,286	16,286	16,286	16,286	16,286
24	Продуктивність W_P , ткм	842624,6	823550,4	928596,1	934958,9	1296786	1235417
25	Обсяг перевезень Q_B , т	51739,2	50568	57018,1	57408,7	75857,6	75857,6
26	Ефективність використання трудомісткості ТО і Р E_{TR}	0,00133	0,00091	0,00020	0,00011	0,00005	0,00004
27	Ефективність використання запасних частин $E_{ЗЧ}$	0,00548	0,00208	0,00020	0,00010	0,00011	0,00007
28	Ефективність використання експлуатаційних матеріалів $E_{ЕМ}$	0,01754	0,01253	0,00316	0,00314	0,00197	0,00169
29	Ефективність використання пального $E_{П}$	1,40627	1,36428	1,12434	1,03771	0,66364	0,66364
30	Комплексний показник ефективності E_{Σ}	1,431	1,380	1,128	1,041	0,666	0,665

Таблиця 2

Порівняння ефективності використання міксерів

№ з/п	Показник	Визначення				
		МАЗ 630303 АБС-6ДА	КамАЗ 53229 АБС-6ДА/7ДА	DAF 85 CF-380	MAN TGA 35.360 8x4	Еталон
1	2	3	4	5	6	7
1	Витрата часу на виконання ремонтно-обслуговуючих робіт $V_{ТОР}$, люд.год.	21,5	46,0	10,1	7,4	6,6
2	Норма запасних частин $n_{ЗЧ}$, од.	7,0	10,8	4,0	1,6	1,6
3	Витрата запасних частин $V_{ЗЧ}$, од.	88,2	153,8	18,4	7,4	6,6
4	Норма пластичного мастила $n_{ПМ}$, л	6,65	4,0	7,3	7,3	7,3
5	Норма спеціальної оливи $n_{СО}$, л	14,55	9,95	11,4	13,9	11,4
6	Норма трансмісійної оливи $n_{ТО}$, л	3,75	2,83	4,75	4,75	4,75
7	Норма моторної оливи $n_{МО}$, л	38,0	36,0	35,0	35,0	35,0
8	Витрата експлуатаційних матеріалів $V_{ЕМ}$, л	793,3	751,1	268,5	280,4	241,8
9	Витрата палива $V_{П}$, л	79017,4	78206,3	70388,9	65588,4	59573,5
10	Час завантажувально-розвантажувальних робіт $t_{ЗР}$, год.	0,14	0,25	0,22	0,31	0,31
11	Технічна швидкість v_T , км/год	34,55	34,95	34,65	35,40	35,40
12	Час автомобіля в русі T_B , год.	0,913	0,903	0,910	0,891	0,891
13	Періодичність ТО і Р $I_{ТОР}$, км	10000	8000	25000	25000	25000
14	Періодичність ТО і Р $t_{ТОР}$, мото.год.	330	200	625	625	625
15	Загальний пробіг автомобіля $L_{заг}$, км	126024,6	113936,9	114883,2	114946,3	103480,1
16	Дні простою в ТО і Р $D_{ТОР}$, дні	1,79	3,83	0,84	0,62	0,55
17	Коефіцієнт використання (випуску) автомобіля α	0,995	0,990	0,998	0,998	0,998
18	Час в наряді T_e , год.	12	12	12	12	12
19	Кількість вантажних циклів $n_{ц}$	11	10	10	9	9
20	Коефіцієнт використання пробігу β	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
21	Середня довжина їздки l , км	31,544	31,544	31,544	31,544	31,544
22	Коефіцієнт використання вантажопідйомності γ	1	1	1	1	1
23	Вантажопідйомність q , т	7	12,4	11	15,5	15,5

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
24	Пробіг автомобіля з вантажем L_B , км	16,286	16,286	16,286	16,286	16,286
25	Продуктивність W_P , ткм	455460,8	729430,4	652449,7	828106,5	828106,5
26	Обсяг перевезень Q_B , т	27966,4	44788,8	40062,0	50847,8	50847,8
27	Ефективність використання трудомісткості ТО і Р E_{TR}	0,00077	0,00103	0,00025	0,00013	0,00013
28	Ефективність використання запасних частин $E_{ЗЧ}$	0,00315	0,00343	0,00046	0,00013	0,00013
29	Ефективність використання експлуатаційних матеріалів E_{EM}	0,02837	0,01677	0,00670	0,00496	0,00476
30	Ефективність використання пального $E_{П}$	2,82544	1,74611	1,71140	1,25077	1,17160
31	Комплексний показник ефективності E_{Σ}	2,858	1,767	1,719	1,256	1,177

Менші значення показника ефективності E_{Σ} в таблицях 1 і 2 вказують на більшу ефективність використання даного транспортного засобу для перевезення ним 1 т вантажу.

Висновки. Порівнюючи згідно представленого підходу, дані в таблиці 1 реальних автомобілів з еталонним встановлено, що серед самоскидів найбільш ефективним в експлуатації може проявити себе автомобіль Volvo FM 8x4 R у якого розбіжність показника E_{Σ} з еталонним приблизно 0,1 %. А найменш ефективними є автомобілі КРАЗ – розбіжність приблизно 115,2 %.

Серед міксерів (див. табл. 2) найкращий показник ефективності у автомобіля MAN TGA 35.360 8x4, розбіжність складає 6,7 %. А найменш ефективним виступає автомобіль МАЗ 630303 АБС-6ДА – розбіжність 142,8 %. Дані результати відносно схожі із бухгалтерськими даними по витратам на утримання і експлуатацію автомобілів в умовах ТОВ «Автобудкомплекс-К», в плавні грошових активів.

До перспектив подальших досліджень можна віднести доцільність проведення аналізу статистики відмов даних транспортних засобів і пошук оптимальних шляхів експлуатації для максимізації ефекту від їхнього використання.

Список використаної літератури:

1. SmartWay Fuel Efficiency Test Protocol for Medium and Heavy Duty Vehicles. Working Draft / Transportation and Regional Programs Division, Office of Transportation and Air Quality, U.S. Environmental Protection Agency. – 2007. – № EPA420-P-07-003. – Access mode : <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1002KAD.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2006+Thru+2010&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C06thru10%5CTxt%5C00000006%5CP1002KAD.txt&User=ANON YMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C &MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL>.
2. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний : ГОСТ 20306-90 : чинний станом на 1992-01-01. – М. : Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам. – 1991. – 34 с.
3. Великанов Д.П. Эксплуатационные качества автомобилей / Д.П. Великанов. – М. : Автотрансиздат, 1962. – 395 с.
4. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки / А.И. Воркут. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 447 с.
5. Жаров К.С. Вибір та обґрунтування типу автомобіля-тягача автопоїзда великої вантажопідйомності : дис. ... к.т.н. : Спец. 05.22.02 «Автомобілі та трактори» / К.С. Жаров. – К. : НТУ, 2014. – 166 с.
6. Корнач О.А. Поліпшення тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автомобіля при зміні потужності двигуна в широких межах : дис. ... к.т.н. : Спец. 05.22.02 «Автомобілі та трактори» / О.А. Корнач. – К. : НТУ, 2014. – 171 с.
7. Кравченко О.П. Наукові основи управління ефективністю експлуатації автомобільних поїздів : автореф. дис. ... к.т.н. : Спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / О.П. Кравченко // Харк. нац. автомоб.-дорож. ун-т. – Х. : ХНАДУ, 2007. – 36 с.
8. Лисий О.В. Підвищення ефективності експлуатації автомобільних поїздів шляхом управління їх технічним станом : дис. ... к.т.н. : Спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / О.В. Лисий. – Харк. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва. ім. П.Василенка. – Х., 2016. – 177 с.
9. Литвинов А.С. Автомобиль: теория эксплуатационных свойств / А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин. – М. : Машиностроение, 1989. – 237 с.
10. Литвинов А.С. Теория эксплуатационных свойств автотранспортных средств. Ч.1 / А.С. Литвинов. – М. : МАДИ, 1978. – 121 с.

11. *Отенко В.І.* Формування аналітичного інструментарію оцінки ефективності діяльності підприємства / *В.І. Отенко* // Бізнес Інформ. – 2013. – № 5. – С. 232–237.
12. *Сахно В.П.* Оцінка тягово-швидкісних властивостей, паливної економічності та токсичності автомобіля при використанні двигунів різної потужності / *В.П. Сахно, О.А. Корнач* // Вісник Національного транспортного університету. В 2-х частинах. Ч.1. – К. : НТУ, 2012. – Вип. 26. – С. 195–201.
13. *Техническая эксплуатация автомобилей / И.Н. Аринин, С.И. Коновалов, Ю.В. Баженов.* – Изд. 2-е. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 314 с.
14. *Фаробин Я.Е.* Оценка эксплуатационных свойств автопоездов для международных перевозок / *Я.Е. Фаробин, В.С. Шупляков.* – М. : Транспорт, 1983. – 200 с.

References:

1. «Transportation and Regional Programs Division, Office of Transportation and Air Quality, U.S. Environmental Protection Agency» (2007), SmartWay Fuel Efficiency Test Protocol for Medium and Heavy Duty Vehicles. Working Draft, No. EPA420-P-07-003, Available at: <https://nepis.epa.gov/Exec/zyNET.exe/P1002KAD.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2006+Thru+2010&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C06thru10%5Ctxt%5C00000006%5CP1002KAD.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL>
2. GOST 20306-90 (1991), *Avtotransportnye sredstva. Toplivnaya ekonomichnost. Metody ispytaniy*, Moscow, Standartinform Publ., 34 p.
3. Velikanov, D.P. (1962), *Ekspluatatsionnye kachestva avtomobiley*, Avtotransizdat, Moscow, 395 p.
4. Vorkut, A.I. (1986), *Hruzovye avtomobilnye perevozki*, Vyscha skkola, Kyiv, 447 p.
5. Zharov, K.S. (2014), *Vybir ta obgruntuvannia typu avtomobilia-tiahacha avtopoizda velykoi vantazhopidionnosti*, abstract of diss. k.t.n. spec. 05.22.02, Nats. trans. un-t, Kyiv, 166 p.
6. Korpach, O.A. (2014), *Polipshennia tiahovo-shvydkisnykh vlastyvostei i palyvnoi ekonomichnosti avtomobilia pry zmyni potuzhnosti dvyhuna v shyrokykh mezhakh*, abstract of diss. k.t.n. spec. 05.22.02, Nats. trans. un-t, Kyiv, 171 p.
7. Kravchenko, O.P. (2007), *Naukovi osnovy upravlinnia efektyvnistiu ekspluatatsii avtomobilnykh poizdiv*, abstract of diss. k.t.n. spec. 05.22.20, Khark. nats. avtomob.-dorozh. un-t, Kharkiv, 36 p.
8. Lysyi, O.V. (2016), *Pidvyshchennia efektyvnosti ekspluatatsii avtomobilnykh poizdiv shliakhom upravlinnia yikh tekhnichnym stanom*, abstract of diss. k.t.n. spec., 05.22.20, Khark. nats. un-t sil. hosp-va P. Vasulenko, Kharkiv, 177 p.
9. Litvinov, A.S. and Farobin, Ya.E. (1989), *Avtomobil: teoriya ekspluatatsionnykh svoystv*, Mashinostroenie, Moscow, 237 p.
10. Litvinov, A.S. (1978), *Teoriya ekspluatatsionnykh svoystv avtotransportnykh sredstv*, MADI, Moscow, 121 p.
11. Otchenko, V.I. (2013), «Formuvannia analitychnoho instrumentarii otsinky efektyvnosti diialnosti pidpriemstva», *Biznes Inform*, No. 5, pp. 232–237.
12. Sakhno, V.P. and Korpach, O.A., (2012), «Otsinka tiahovo-shvydkisnykh vlastyvostei, palyvnoi ekonomichnosti ta toksychnosti avtomobilia pry vykorystanni dvyhuniv riznoi potuzhnosti», *Visnyk Nats. trans. un-t*, No. 1 (26), pp. 195–201.
13. Arinin, I.N., Konovalov, S.I. and Bazhenov, Yu.V. (2007), *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley*, Pheniks, Rostov na Donu, 314 p.
14. Farobin, Ya.E. and Shuplyakov, V.S. (1983), *Otsenka ekspluatatsionnykh svoystv avtopoezdov dlya mezhduarodnykh perevozk*, Transport, Moscow, 200 p.

Іванушко Олександр Миколайович – асистент кафедри технічна експлуатації автомобілів та автосервісу Національного транспортного університету.

Наукові інтереси:

- технічна експлуатація автомобілів;
- організація роботи і функціонування автосервісних підприємств.

E-mail: ivanushko_o@ukr.net.

Стаття надійшла до редакції 17.08.2018.