

Обґрунтовано вибір ефективного вантажного автомобіля за допомогою методу профілів. Проаналізовані техніко-експлуатаційні, ергономічні, динамічні, екологічні та силові властивості транспортних засобів. Розроблена методика для прийняття управлінського рішення з оновлення рухомого складу автотранспорту при умові забезпечення мінімізації психофізіологічного навантаження на водія при виконанні транспортної роботи з перевезення вантажу

Ключові слова: вантажний автомобіль, техніко-експлуатаційні властивості, психофізіологічне навантаження, ергономічні властивості, метод профілів

Обоснован выбор эффективного грузового автомобиля с помощью метода профилей. Проанализированы технико-эксплуатационные, эргономические, динамические, экологические и силовые свойства транспортных средств. Разработана методика для принятия управленческого решения обновления парка подвижного состава с целью минимизации психофизиологической нагрузки на водителя при выполнении транспортной работы по перевозке груза

Ключевые слова: грузовой автомобиль, технико-эксплуатационные свойства, психофизическая нагрузка, эргономические свойства, метод профилей

УДК 656.13 (035): 658.14

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.42127

ОБґРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМІЗАЦІЇ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ВОДІЯ

О. В. Дерюгін

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра управління на транспорті*

E-mail: oleg.kot@meta.ua

С. І. Чеберячко

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра аерології і охорони праці*

E-mail: sihc@yandex.ua

*Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»
пр. Карла Маркса, 19,
м. Дніпропетровськ, Україна, 49005

1. Вступ

На сучасному етапі розвитку економічних і соціальних процесів в Україні вантажний автомобільний транспорт є найбільш розповсюдженим і придатним для перевезення різноманітних вантажів. Ефективність його використання визначається переміщенням потрібного вантажу, який повинен бути доставлений у належній кількості, в потрібний час, у відповідне місце, без втрат і з найменшими матеріальними і трудовими витратами та дотриманням чинних законодавчих норм і правил.

Підвищення ефективності функціонування транспортно-технологічної системи перевезення вантажу можна досягти тільки з урахуванням усіх факторів, які мають вплив на цей процес, включаючи і працездатність водіїв. Важливою складовою цього процесу є психофізіологічний стан водія, на який недостатньо звертається увага. Сучасні методики вибору автомобіля характеризуються наявністю розриву між загальними вимогами до вантажного автотранспорту і психофізіологічною здатністю водія. Як наслідок – однією з головних сучасних проблем є визначення закономірностей взаємозв'язку між показниками транспортно-технологічних процесів і їх впливом на психофізіологічне навантаження водія. Тому розв'язання проблеми зі зменшення впливу показників

транспортно-технологічних процесів на психофізіологічне навантаження водіїв є актуальною проблемою для транспортної системи вантажних автомобільних перевезень.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Найбільше публікацій щодо вибору автомобіля рекомендують проводити з урахуванням тільки техніко-експлуатаційних показників [1]. В той же час існують методи, де оцінювання властивостей автомобіля виконують за декількома показниками, однак саме ергономічні параметри не враховуються [2]. Рахується, що функціональність, зовнішній вигляд, дизайн має тільки комерційне підґрунтя – для привабливості покупців [3]. Більшість дослідників вважають, що основною причиною фізичної втоми водіїв при поїздках на великі відстані є незручність крісел, нерівномірність навантаження м'язів опорно-рухового апарату [4], вібрація [5]. Тому найбільшу увагу рекомендується приділяти при виборі транспортного засобу саме параметрам крісел [6]. Також вказується, що важливим аспектом який впливає на працездатність є мікроклімат в салонах, який погіршує самопочуття і увагу при керуванні автомобілем [7]. Однак, комплексного підходу до врахування всіх важливих параметрів, зокрема

показників, які впливають і на безпеку, при виборі автомобіля на сьогодні не існує. Більшість публікацій всебічно розкриває вплив одного якогось показника на психофізіологічний стан людини і майже зовсім не звертається уваги на інші.

Вибір ефективного вантажного автомобіля проводиться в двох основних випадках:

- перевезення відповідного типу і необхідної кількості вантажу у певних дорожніх умовах;
- оновлення парку рухомого складу.

В класичній схемі вибору ефективного вантажного автомобіля (рис. 1) не існує показників, за якими можна було б оцінити психофізіологічне навантаження на водіїв при виконанні транспортного процесу перевезення вантажу [8].

Подана схема охоплює широке коло умов експлуатації та технічних показників вантажних автомобілів. У ній представлено дотримання принципу багатоступеневості вибору, з урахуванням як окремих, так і узагальнених характеристик. Однак її недоліками щодо прийняття управлінського рішення з обґрунтування вибору ефективного вантажного автомобіля є відсутність комплексного аналізу впливу ергономічних, техніко-експлуатаційних, техніко-економічних факторів та інших, що недостатньо для об'єктивної оцінки такого складного питання.

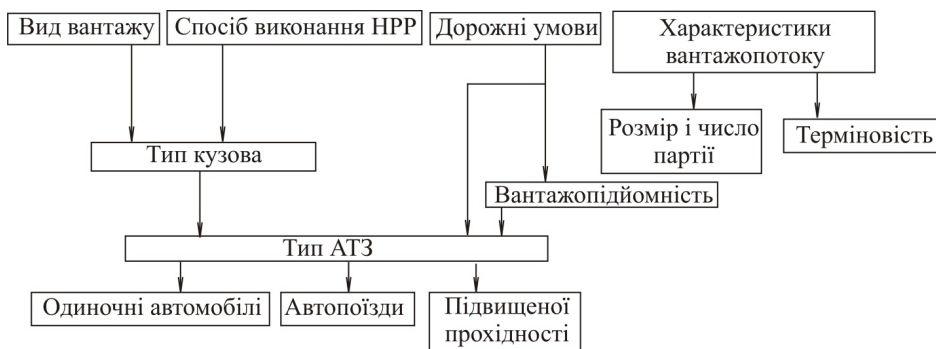


Рис. 1. Класична схема вибору ефективного вантажного автомобіля для виконання транспортної роботи з перевезення вантажів.

Зазначимо, що деякі дослідники при обґрунтуванні вибору ефективного вантажного автомобіля пропонують враховувати показники безпеки, надійності та ергономічності, але з метою визначення конкурентоспроможності автомобіля як об'єкта, а без впливу на працездатність водія при виконанні транспортної роботи [8]. Тому постає завдання розробити методику вибору вантажного автомобіля з точки зору мінімізації впливу на психофізіологічне навантаження водія.

3. Ціль і задачі дослідження

Проведені теоретичні дослідження ставили за мету визначити методику, яка на стадії прийняття управлінського рішення вибору ефективного вантажного автомобіля при оновленні парку рухомого складу автопідприємства або для здійснення вантажних перевезень певного типу вантажу у відповідних дорожніх умовах,

обґрунтовує ефективність вибору з урахуванням його впливу на психофізіологічний стан водіїв з метою зменшення їх втоми, підвищення продуктивності праці та безпеки вантажних автомобільних перевезень.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити найбільш вагомі показники властивостей автомобілів з урахуванням їх пріоритету для мінімізації психофізіологічного навантаження водіїв;
- проаналізувати існуючі методи вирішення багато критеріальних задач і обґрунтувати методику для прийняття управлінського рішення з оновлення рухомого складу автопідприємства;
- визначити вантажний автомобіль, з найкращими показниками ергономічності.

4. Матеріали та методи дослідження вибору ефективного вантажного автомобіля на основі аналізу впливу експлуатаційних, ергономічних, екологічних, транспортних властивостей на психофізіологічне навантаження водія

Сучасний автомобіль характеризується великою кількістю показників якості, які можна об'єднати в основні шість груп: експлуатаційні, споживчі, екологічні, транспортні, ергономічні, безпеки (рис. 2). Виходячи із поставлених завдань вибору ефективного транспортного засобу для оновлення парку рухомого складу або для перевезення відповідного типу вантажу можна локалізувати в цьому процесі тільки ті властивості, що відповідно забезпечать ефективність його використання. Тому це дає змогу вибрати найбільш вагомі показники для відповідних умов експлуатації, або для створення відповідних комфортних умов праці водія та ін.



Рис. 2. Показники вибору ефективного вантажного автомобіля для виконання транспортної роботи з перевезення вантажів

На нашу думку для вибору ефективного автомобіля з метою мінімізації впливу на психофізіологічний стан водія доцільно врахувати наступні властивості: розмірні, динамічні, силові, ергономічні, екологічні, та надійності. Перші три – характеризують властивість вантажного автомобіля транспортувати вантаж з відповідною

швидкістю. Ергономічні властивості – оцінюють комфорт в салоні автомобіля і впливають на кількість енергозатрат водія при виконанні транспортної роботи з перевезення вантажу і його адаптації на робочому місці. Надійність автомобіля визначає затрати енергії на його обслуговування під час технічних оглядів, ремонтів. Зауважимо, що цей перелік за необхідності можна розширити для розв'язання інших поставлених завдань.

4. 1. Аналіз методів дослідження впливу вибору ефективного вантажного автомобіля на психофізіологічний стан водія

З рис. 2 можна зробити висновок, що для прийняття управлінського рішення з вибору ефективного вантажного автомобіля, необхідно всебічно проаналізувати різні властивості даних транспортних засобів, кожна з яких характеризується безліччю різних показників, що значно ускладнює процес аналізу і прийняття рішення.

Для вирішення подібних завдань використовують декілька відомих методів, які дозволяють перетворити багатофакторні завдання в однофакторну за допомогою наступних способів:

- множенням показників якості або відносин показників оцінюваного вантажного автомобіля і базового виробу на вагові коефіцієнти і підсумовуванням множин (метод використання коефіцієнтів вагомості);
- присвоєнням кожному індивідуальному показнику якості балів і підсумовуванням їх (метод бально-го оцінювання);

- переведенням індивідуальних кількісних показників у якісні, додаванням кожному рівню якості оцінки в інтервалі від нуля до одиниці і знаходженням середнього геометричного значення за сукупністю показників (метод Харрінгтона);

- діленням одного комплексного показника вантажного автомобіля на інший, наприклад результатів на витрати, продуктивність вантажних автомобілів на сумарні експлуатаційні витрати та ін. [2];

- інтегруванням вимірних показників якості одним з відомих способів, наприклад «радар» або «профілів», в один числовий показник без «зважування» [9, 10]. Кожен з названих підходів має свої переваги і недоліки, які детально розглянуті в роботі [11].

Найбільш оптимальним підходом до вирішення розглянутої задачі є метод профілів. Суть якого полягає в об'єднанні множини показників без зважування в інтегральний коефіцієнт якості. Перевагами методу є простота у використанні і можливість інтегрування великої кількості різноманітних показників. Отже, різні характеристики автомобіля можна згрупувати, виходячи з припущення, що в одній групі вони є рівнозначними. Для аналізу групових властивостей оберемо ваговий підхід, що дозволить їх структурувати, виходячи саме з впливу на психофізіологічний стан водія.

4. 2. Алгоритм проведення вибору ефективного вантажного автомобіля з урахуванням впливу на психофізіологічний стан водія

Відповідно до методу профілів алгоритм здійснення вибору автомобіля, який характеризується складною ієрархічною класифікацією наступний:

- вибираються найбільш вагомі показники вантажних автомобілів, що розглядаються;

- проводиться ієрархічна класифікація вибраних показників;

- методом профілів для кожної групи визначаються комплексні показники якості групи;

- методом аналізу ієрархій («МАІ») визначаються коефіцієнти вагомості кожної групи показників;

- підсумовуванням добутку комплексних показників якості груп та їх коефіцієнтів вагомості розраховується інтегральний критерій якості вантажних автомобілів, що розглядаються.

Комплексний показник якості всередині групи визначається за формулою [9]:

$$P_i = (Y_1 / 2 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_{n_i-1} + Y_{n_i} / 2) / (n_i - 1), \quad (1)$$

де P_i – комплексний показник якості i -ї групи показників; n_i – кількість показників в i -ї групі; $Y_1, Y_2, \dots, Y_{n_i-1}, Y_{n_i}$ – розрахункові величини, які визначаються за наступними формулами:

$$Y_k = \frac{P_k - P_{kmin}}{P_{kmax} - P_{kmin}}, \quad (2)$$

або за формулою:

$$Y_k = \frac{P_{kmax} - P_k}{P_{kmax} - P_{kmin}}, \quad (3)$$

де P_{kmax} – максимальне значення k -го показника; P_{kmin} – мінімальне значення k -го показника.

За P_{kmax} рекомендується приймати максимальне значення i -го показника серед обраних вантажних автомобілів, а за P_{kmin} – мінімальне значення. Для спрощення розрахунків рекомендується прийняти значення $P_{kmin} = 0$. P_k – значення i -го показника для оцінюваного вантажного автомобіля. Рівняння (2) використовується для «прямих» показників, збільшення значень яких підвищує якість вантажного автомобіля. Наприклад, для вантажних автомобілів це – вантажопідйомність, максимальна швидкість, сила тяги, потужність двигуна та ін. Для «зворотних» показників, підвищення яких знижує якість, застосовується формула (3). До таких можна віднести такі показники, як – споряджену масу, витрату пального, гальмівний шлях і т. д.

Для визначення інтегрального показника якості необхідно розрахувати значення коефіцієнтів вагомості групи показників. На жаль, в даний час немає об'єктивної методики з оцінки значень цих коефіцієнтів. Відомі методи, такі, як методи параметричних регресійних залежностей, граничних і номінальних значень, еквівалентних співвідношень, експертного оцінювання, мають як свої сфери застосування, так і суттєві недоліки [10]. Для розрахунку коефіцієнтів вагомості доцільно використовувати мало поширений, досить об'єктивний, універсальний метод аналізу ієрархій розроблений в («МАІ») [11]. Він, на відміну від аналогічних існуючих методів, враховує багатокритеріальність і невизначеність завдання, дозволяє здійснювати вибір рішення і безлічі альтернатив різного типу на підставі критеріїв, які виражаються як кількісними, так і якісними характеристиками, що

визначають ефективність вибору вантажного автомобіля. Метод полягає в ієрархічній декомпозиції системи на більш прості складові і подальшій обробці послідовності суджень особою, яка приймає рішення, за допомогою парного порівняння. При цьому критерії оцінки експертів формалізовані і не вимагають застосування додаткових обчислювальних процедур. Під ієрархією тут розуміється багаторівнева система, що складається з елементів і альтернатив, об'єднаних у взаємопов'язані підгрупи. На найвищому рівні ієрархії розташовується цільова функція, далі проміжні рівні – елементи ієрархії (показники). Комплексні групові показники нерівномірно впливають на рівень якості вантажного автомобіля. Для встановлення пріоритетів окремих факторів у методу аналізу ієрархій («МАІ») формують матрицю попарних порівнянь (табл. 1). Порядок матриці визначається числом груп показників. У табл. 2 A_1, A_2, \dots, A_n – групи показників якості виробу; $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ – відповідно їх ваги.

Для переведення якісної інформації в числа в методі аналізу ієрархій («МАІ») використовується вербально-числова шкала відношень (табл. 2), що містить числові значення з відповідним обґрунтуваннями даних градацій [11].

Шкала відношень дозволяє ставити у відповідність до ступенів переваги одного показника, що розглядається над іншим – певні числа. Попарні порівняння показників якості ведуться в термінах домінування одного показника над іншим – який з них найбільш значущий з точки зору експерта. Порівнюючи дві групи показників за ступенем їх впливу на рівень якості, експерт відповідно до змісту табл. 2 ставить цілі числа від 1 до 9 або зворотні значення цих чисел. В даному методі («МАІ») за погодженням порівнюється відносна важливість лівих елементів матриці з елементами, які розташовані зверху. Тому, якщо елемент зліва важливіший, ніж елемент, який розташований зверху, то в клітинку заноситься відповідне відношення типу, наприклад, 3/1, в іншому випадку – зворотне число (наприклад – 1/3).

Таблиця 1

Загальний вигляд матриці попарних порівнянь для розрахунку коефіцієнта ваги

Група	A_1	A_2	A_i	A_n	Оцінка компонента власного вектора по рядку	Коефіцієнт ваги
A_1	1	$\frac{\omega_1}{\omega_2}$	$\frac{\omega_1}{\omega_i}$	$\frac{\omega_1}{\omega_n}$	$e_1 = \sqrt[n]{\frac{\omega_1 \omega_1 \dots \omega_1}{\omega_1 \omega_2 \dots \omega_n}}$	$X_1 = \frac{e_1}{\sum_{i=1}^n e_i}$
A_2	$\frac{\omega_2}{\omega_1}$	1	$\frac{\omega_2}{\omega_i}$	$\frac{\omega_2}{\omega_n}$	$e_2 = \sqrt[n]{\frac{\omega_2 \omega_2 \dots \omega_2}{\omega_1 \omega_2 \dots \omega_n}}$	$X_2 = \frac{e_2}{\sum_{i=1}^n e_i}$
A_i	$\frac{\omega_i}{\omega_1}$	$\frac{\omega_i}{\omega_2}$	1	$\frac{\omega_i}{\omega_n}$	$e_i = \sqrt[n]{\frac{\omega_i \omega_i \dots \omega_i}{\omega_1 \omega_2 \dots \omega_n}}$	$X_i = \frac{e_i}{\sum_{i=1}^n e_i}$
A_n	$\frac{\omega_n}{\omega_1}$	$\frac{\omega_n}{\omega_2}$	$\frac{\omega_n}{\omega_i}$	1	$e_n = \sqrt[n]{\frac{\omega_n \omega_n \dots \omega_n}{\omega_1 \omega_2 \dots \omega_n}}$	$X_n = \frac{e_n}{\sum_{i=1}^n e_i}$

Достовірність застосування шкали відношень підтверджується результатами порівняльного аналізу багатьох інших шкал. Ефективність застосування методу аналізу ієрархій («МАІ») доведена як теоретично, так і практично при вирішенні багатокритеріальних задач оцінки об'єктів у різних сферах наукової діяльності [12].

Таблиця 2

Шкала відношень «МАІ»

Ступінь значимості	Якісний критерій оцінювання	Коментарі
1-ша	Однакова значимість	Дві дії вносять однаковий внесок у досягнення мети
3-тя	Деяке переважання значимості однієї дії над іншою	Існують міркування на користь переваги однієї з дій, однак ці міркування недостатньо переконливі
5-та	Суттєва або сильна значимість	Є надійні дані або логічні судження для того, щоб відобразити перевагу
7-ма	Очевидна або дуже сильна значимість	Переконливе свідчення на користь однієї дії щодо іншої
9-та	Абсолютна значимість	Свідчення на користь переваги однієї дії щодо іншої з найвищою мірою переконливості
2, 4, 6, 8-а	Проміжні значення між сусідніми судженнями	Ситуація, коли потрібно компромісне рішення
Зворотні величини чисел, які наведені вище	Якщо дії і при порівнянні з дією j ставиться у відповідність одне з наведених вище чисел, то зворотній дії порівняння приписується зворотна величина	Якщо узгодженість суджень була при отриманні N чиселових значень для утворення матриці

Матриця парних порівнянь (табл. 1) характеризується властивістю зворотної симетрії. Відмінною особливістю цієї матриці, та й системи оцінки в цілому, є стійкість і гнучкість. Незначні зміни і додавання додаткових елементів не руйнують характеристик ієрархічного представлення, тобто при видаленні або додаванні ієрархічних гілок пріоритети альтернатив не зазнають якісних змін. Незначні зміни значень показників призводять до несуттєвих змін кількісних показників пріоритетів альтернатив, що доводить стійкість даного методу.

Оцінювання компоненту власного вектора e_i в матриці попарних порівнянь визначається за наступною формулою:

$$e_i = \sqrt[n]{\frac{\omega_i \omega_i \dots \omega_i}{\omega_1 \omega_2 \dots \omega_n}} \tag{4}$$

Коефіцієнт вагомості i -ї групи показників визначається за наступною формулою:

$$X_i = \frac{e_i}{\sum_{i=1}^n e_i} \tag{5}$$

Інтегральний коефіцієнт якості K_k виробу (вантажного автомобіля) буде визначатися за наступним співвідношенням:

$$K_k = \sum_{i=1}^n P_i \cdot X_i, \quad (6)$$

де P_i – комплексний показник якості i -ї групи показників; X_i – коефіцієнт вагомості i -ї групи показників якості.

5. Результати досліджень з вибору ефективного вантажного автомобіля на основі запропонованого методу

За наведеним методом було проведено оцінювання якості шести моделей вантажних автомобілів з

метою пріоритету визначення впливу ергономічних властивостей на психофізіологічне навантаження водія, характеристики яких наведені в табл. 3. Там же проведено розрахунок комплексного показника якості за прийнятими шістьма групами техніко-експлуатаційних, ергономічних, екологічних властивостей, які визначають ефективність використання вантажного автомобіля при здійсненні транспортної роботи.

Для встановлення коефіцієнтів вагомості була побудована матриця порівняння груп показників якості, виходячи з їх впливу на психофізіологічний стан людини (табл. 4). Достовірність отриманих даних оцінювалась виходячи із узгодженості результатів різних експертів. Для цього визначався індекс узгодженості. Розрахунок коефіцієнтів вагомості за шістьма показниками показав, що коефіцієнт узгодженості склав 0,05, що є меншим за критичне значення 0,1.

Таблиця 3

Технічні характеристики вантажних автомобілів

Показники якості	КАМАЗ 5460	MAN TGS 18.400 lx	SCANIA P380CA	VOLVO FM CLASSIC	RENAULT MAGNUM 440DXI	MERCEDES-BENZ ACTROS
1	2	3	4	5	6	7
1. РОЗМІРНІ						
Прямі ознаки						
1.1 Дорожній просвіт, мм	310	372	389	372	203	347
1.2 Передній кут звісу, град.	24	29	30	29	22	25
1.3 Задній кут звісу, град	23	28	29	28	21	24
1.4 Кут відкриття дверей, град	90	90	90	90	90	90
1.5 Ширина дверного отвору, мм	956	956	1052	1147	1147	1147
1.6 Ширина кабіни всередині, мм	2040	2056	2130	2170	2100	2150
1.7 Висота до стелі в кабіні, мм	1505	1925	1910	2030	2010	2000
1.8 Об'єм кабіни, м ³	4	4	5	5	5	5
1.9 Площа лобового скління, м ²	2	2	2	2	2	2
1.10 Площа бокового скління, м ²	1	2	2	2	2	2
1.11 Висота дверного отвору, мм	1280	1280	1536	1536	1536	1536
1.12 Об'єм паливного баку, л	350	910	600	900	950	950
Зворотні ознаки						
1.13 Висота підлоги, мм	1325	1325	1250	1250	1250	1250
1.14 Радіус повороту по бамперу, м	10	10	15	15	15	15
1.15 Висота автомобіля, мм	2985	3750	3470	3720	3470	3467
1.16 Висота першої сходинки від землі, мм	765	765	730	730	730	730
1.17 Відстань між сходинками, мм	472	472	430	430	430	430
1.18 Колісна база, мм	3850	3900	3700	3650	3750	3600
1.19 Кількість сходин, од.	2	2	2	2	2	2
Взагалі по групі	0,83	0,94	0,95	0,98	0,94	0,96
2. СИЛОВІ						
Прямі ознаки						
2.1 Вантажопідйомність, тонн	16	16	16	16	16	16
2.2 Потужність двигуна, кВт	280	353	305	309	353	408
2.3 Максимальний крутний момент двигуна, Нм	1177	2300	1600	1400	2400	2000
2.4 Робочий об'єм двигуна, л	9800	12419	11705	12800	12750	11946
2.5 Передатне число головної передачі	4,98	4	3,08	4,98	4,21	4,85
2.6 ККД двигуна	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
2.7 ККД трансмісії	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
2.8 Тип пального	2	2	2	2	2	2
2.9 Мах підйом, який здолає автомобіль, %	29	29	29	29	29	29
Зворотні ознаки						
2.10 Знаряджена маса, тонн	10066	7930	7930	7930	8811	7930

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7
2.11 Повна маса, тонн	22850	18000	18000	18000	20000	18000
Взагалі по групі	0,89	0,93	0,86	0,90	0,95	0,96
3. ДИНАМІЧНІ						
Прямі ознаки						
3.1 Максимальна швидкість, км/год.	90	90	90	110	120	120
3.2 Середня технічна швидкість, км/год.	50	55	60	60	60	60
3.3 Вибіг зі швидкістю 100 км/год., м	2431	2250	2500	2500	2500	2500
3.4 Число коліс з дисковими гальмами, шт.	6	6	6	6	6	6
3.5 Тип підвішування (пневмо – 2; ресорна – 1)	1	1	1	1	1	1
3.6 Керованість, бали	6	7	9	9	9	9
Зворотні ознаки						
3.7 Розгін до 60 км/год., с	33	30	36	36	36	36
Взагалі по групі	0,88	0,90	0,98	0,99	1,00	1,00
4. ЕКОЛОГІЧНІ						
Прямі ознаки						
4.1 Екологічність (відповідність вимогам EUVRO)	3	4	4	4	4	4
Зворотні ознаки						
4.2 Зовнішній шум, дБА	79	77	75	75	75	75
4.3 Внутрішній шум, дБА	77	75	70	70	70	70
Взагалі по групі	0,63	0,65	0,63	0,63	0,63	0,63
5. ЕРГОНОМІЧНІ						
Прямі ознаки						
5.1 Зручність робочого місця водія, бали	7	8	9	9	9	9
5.2 Оглядовість, бали	7	7	8	8	8	8
5.3 Інформативність приладів, бали	7	7	8	8	8	9
5.4 Число регулювань сидіння	3	5	5	5	5	5
5.5 Число регулювань кермового колеса	2	2	2	2	2	2
5.6 Число передач склоочищувача	3	4	4	4	4	4
5.7 Зовнішність, бали	5	6	7	7	7	8
5.8 Інтер'єр, бали	5	7	7	7	7	8
5.9 Зручність заходу-виходу, бали	6	7	7	7	7	7
5.10 Тип управління КП	1	2	2	2	2	2
Зворотні ознаки						
5.11 Зусилля на важелі КП, кгс	8	7	6	6	6	6
5.12 Зусилля на кермовому колесі, кгс	12	10	10	10	10	10
5.13 Зусилля на педалі зчеплення, кгс	15	12	11	11	11	11
Взагалі по групі	0,79	0,90	0,92	0,92	0,92	0,95
6. НАДІЙНОСТІ						
Прямі ознаки						
6.1 Ресурс до списання, тис. км	850000	1200000	1700000	1700000	1700000	1700000
6.2 Пробіг до першого капітального ремонту, тис. км	500000	800000	1000000	1000000	1000000	1000000
6.3 Напрацювання на відмову, тис. км	30	45	45	45	45	45
6.4 Періодичність ТО-2, тис. км	30	40	40	40	40	40
6.5 Пристосованість до умов експлуатації в Україні	9	9	9	9	9	9
Зворотні ознаки						
6.6 Мінімальний час очікування запасних частин	72	120	120	120	120	120
Взагалі по групі	0,69	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00

Таблиця 4

Матриця попарних порівнянь груп показників якості вантажних автомобілів

Група показників якості автомобіля	Динамічні	Екологічні	Розмірні	Ергономічні	Надійності	Силкові	Коефіцієнт вагомості
Динамічні	1	3/1	1/6	1/5	1/3	1/2	0,17
Екологічні	1/3	1	1/7	1/6	1/2	1/3	0,05
Розмірні	6/1	7/1	1	2/1	4/1	4/1	0,09
Ергономічні	5/1	6/1	1/2	1	3/1	3/1	0,31
Надійності	3/1	2/1	1/4	1/3	1	1/2	0,11
Силкові	2/1	3/1	1/4	1/3	2/1	1	0,27

Результати розрахунків інтегрального коефіцієнта якості наведені в табл. 5.

Підсумкова таблиця отриманих результатів

Група показників якості автомобіля	Коефіцієнт вагомості	КамА 35460	MAN TGS 18.400 lx	SCANIA P380CA	VOLVO FM CLASSIC	RENAULT MAGNUM 440DXI	MERCEDES-BENZ ACTROS
Ергономічні	0,17	0,15	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17
Силкові	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Динамічні	0,09	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Надійності	0,31	0,24	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29
Розмірні	0,11	0,08	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11
Екологічні	0,27	0,24	0,25	0,23	0,25	0,26	0,26
Інтегральний показник якості	1	0,82	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95
МІСЦЕ В РАНЖІ	–	6	5	4	3	2	1

Із проведених розрахунків, можна зробити висновок, що за значенням інтегрального показника якості, позицію лідера займає вантажний автомобіль MERCEDES-BENZ ACTROS з двигуном екологічного рівня ЕВРО 4 (інтегральний показник якості з урахуванням вагових коефіцієнтів - 0,95). На другому місці вантажний автомобіль RENAULT MAGNUM 440DXI ЕВРО 4 (0,94). Третє місце займає автомобіль VOLVO FM CLASSIC 440DXI ЕВРО 4 (0,93). Четверте і п'яте місце займають автомобілі SCANIA P380CA ЕВРО 4 (0,91) і MAN TGS 18.400 lx ЕВРО 4 (0,90). І останнє місце займає вантажний автомобіль КамАЗ 5460 ЕВРО 4 (0,82).

7. Обговорення отриманих результатів з вибору вантажного автомобіля за показником ергономічності

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок про можливість проведення вибору відносно комфортного вантажного автомобіля з мінімальним впливом на психофізіологічний стан водія. Можна сказати, що працездатність залежить практично від

всіх властивостей транспортного засобу. Однак саме за рахунок ергономічності автомобіля можна частково компенсувати затрати енергії водія при здійсненні транспортної роботи з перевезення вантажу в відповідних дорожніх умовах на складному маршруті. Крім того, за допомогою цієї методики можна обґрунтувати рішення з вибору автомобіля, виходячи з даних умов експлуатації – беручи до уваги і вид вантажу, робочий час, довжину маршруту тощо. Наприклад, для коротких і не складних маршрутів можна рекомендувати автомобілі з меншим інтегральним показником, в той же час, для того щоб мінімізувати вплив часу перебування водія за кермом, необхідно вибрати найкомфортніший транспортний засіб.

Зазначимо, що значення отриманих інтегральних показників якості вантажних автомобілів, мають незначну різницю. Мета проведеного дослідження саме і полягає в тому, щоб виявити переваги одного автомобіля над іншим, незалежно від того, які складові їх розрізняють. Таке вирішення задачі, дозволяє обґрунтувати вибір ефективного автомобіля за критерієм мінімізації

Таблиця 5

психофізіологічного навантаження на водія на стадії прийняття управлінського рішення з оновлення парку рухомого складу автопідприємства або для здійснення вантажних перевезень певного типу вантажу у відповідних дорожніх умовах з метою зменшення втоми водія і підвищення продуктивності його праці, а також безпеки при здійсненні вантажних автомобільних перевезень.

8. Висновки

1. Розроблена нова схема вибору вантажного автомобіля, яка враховує на відміну від існуючої не тільки техніко-експлуатаційні властивості, а й ергономічні, екологічні, динамічні, силкові властивості надійності і безпечності автомобіля.

2. Розроблена методика, яка на стадії прийняття управлінського рішення з вибору ефективного вантажного автомобіля при оновленні парку рухомого складу автопідприємства або для здійснення вантажних перевезень відповідного типу вантажу у відповідних дорожніх умовах, обґрунтовує ефективність вибору з урахуванням його впливу на психофізіологічне навантаження водія з метою зменшення його втоми та підвищення продуктивності праці та безпеки вантажних автомобільних перевезень.

3. Розроблено матрицю попарних порівнянь груп показників якості, яка дозволяє надати перевагу при виборі ефективного вантажного автомобіля, показникам ергономічних властивостей.

4. Запропоновано підхід до розрахунку інтегрального показника ефективності автомобіля з урахуванням показників ергономічності, що дозволяє забезпечити створення відповідних комфортних умов праці водія на стадії прийняття управлінського рішення з

оновлення парку рухомого складу автопідприємства або для здійснення вантажних перевезень певного типу вантажу у відповідних дорожніх умовах при здійсненні транспортної роботи з метою зменшення його втоми та підвищення продуктивності праці і безпеки.

5. На підставі проведених розрахунків визначено, що за значенням інтегрального показника якості, позицію лідера займає вантажний автомобіль MERCEDES-BENZ ACTROS з двигуном екологічного рівня ЕВРО 4 (інтегральний показник якості з урахуванням вагових коефіцієнтів – 0,95).

Література

1. Han, S. A systematic approach for coupling user satisfaction with product design [Text] / S. Han, S. Hong // Ergonomics. – 2003. – Vol. 46, Issue 13-14. – P. 1441–1461. doi: 10.1080/00140130310001610928
2. Фатхутдинов, Р. А. Конкурентоспособность: экономика, стратегия, управление [Текст] / Р. А. Фатхутдинов. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 312 с.
3. Bayley, M. Vehicle aesthetics and their impact on the pedestrian environment [Text] / M. Bayley, B. Curtis, K. Lupton, C. Wright // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2004. – Vol. 19, Issue 6. – P. 437–450. doi: 10.1016/j.trd.2004.08.002
4. Grijicic, M. Musculoskeletal Computational Analysis of the influence of car-seat design adjustments on long-distance driving fatigue [Text] / M. Grijicic, B. Pandurangan, X. Xe, A. K. Gramopadhye, D. Wagner, M. Ozen // International Journal of Industrial Ergonomics. – 2010. – Vol. 40, Issue 3. – P. 345–355. doi: 10.1016/j.ergon.2010.01.002
5. Funakoshi, M. Measurement of wholebody vibration in taxi divers [Text] / M. Funakoshi, K. Taoda, H. Tsujimura, K. Nishiyama // Applied Ergonomics. – 2004. – Vol. 46, Issue 2. – P. 119–124.
6. Kolich, M. Ergonomics modeling and evaluation of automobile seat comfort [Text] / M. Kolich, S. Taboun // Ergonomics. – 2004. – Vol. 47, Issue 8. – P. 841–863. doi: 10.1080/0014013042000193273
7. Arens, E. A study of occupant cooling by personally controlled air movement [Text] / E. Arens, T. Xu, K. Miura, Z. Hui, M. Founstain, F. Bauman // Energy and buildings. – 1998. – Vol. 27, Issue 1. – P. 45–49. doi: 10.1016/s0378-7788(97)00025-x
8. Горев, А.Э. Грузовые автомобильные перевозки [Текст]: уч. пос. / А. Э. Горев; 5-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.
9. Фасхиев, Х. А. Оценка уровня конкурентоспособности грузовых автомобилей и их двигателей [Текст] / Х. А. Фасхиев, А. В. Крахмалева // Маркетинг в России и за рубежом. – 2004. – № 5. – С. 3–16.
10. Фасхиев, Х. А. Техничко-экономическая оценка грузовых автомобилей при разработке [Текст] / Х. А. Фасхиев, И. М. Костин. – Набережные Челны: Изд-во КамПИ, 2002. – 480 с.
11. Фасхиев, Х. А. Анализ методов оценки качества и конкурентоспособности грузовых автомобилей [Текст] / Х. А. Фасхиев // Методы менеджмента качества. – 2001. – № 3. – С. 24–28; № 4. – С. 21–26.
12. Саати, Т. Аналитическое планирование. Организация систем [Текст] / Т. Саати, К. Кернс; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.