УДК 629.113

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ "ДВИГУН-ТРАНСМІСІЯ" ПЕРЕОБЛАДНАНИХ АВТОМОБІЛІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Б. В. Ємець
e-mail: bogdan1199@ukr.net
Житомирський національний агроекологічний університет
Старий бульвар, 7, м. Житомир, 10008, Україна

Аналіз розглянутих методів і методик, а також численних дослідницьких робіт із удосконалювання методів підбору ряду передаточних чисел трансмісії автомобіля показує, що різні автори використовують різні критерії-показники техніко-експлуатаційних властивостей автомобілів, але єдиного загальноприйнятого набору показників немає. В даному дослідженні запропоновано критерії оптимізації параметрів системи "двигун-трансмісія" переобладнаних автомобілів сільськогосподарського призначення.

Встановлено, що для взятих даних значним поліпшенням тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності (від 9 % до 25 %) автомобіля сільськогосподарського призначення ГАЗ-САЗ-3507, під час роботи його двигуна на стиснутому природному газу (СПГ), є реалізація в конструкції оптимальної 5-ступеневої трансмісії, використання модернізованої 4-ступеневої трансмісії поліпшить вищерозглянуті показники від 4 % до 11 %. Якщо двигун цього ж автомобіля буде працювати на зрідженому нафтовому газі (ЗНГ), тоді реалізація в конструкції оптимальної 5-ступеневої трансмісії поліпшить вищезгадані властивості від 7 % до 21 %, а використання модернізованої 4-ступеневої трансмісії поліпшить такі властивості від 3 % до 9 %. Похибка у визначенні показників тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності для автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 не перевищує 5 %.

В подальшому доцільно виконати, на основі техніко-економічної оцінки прийнятих рішень, багатофакторні експериментальні дослідження модернізованих трансмісій для переобладнаних автомобілів сільськогосподарського призначення.

***Ключові слова**: автомобіль сільськогосподарського призначення, параметри, система, двигун, трансмісія, оптимізація.*

Постановка проблеми

Проблема забруднення навколишнього середовища притаманна багатьом країнам і наразі набула глобального характеру. Найбільшими забруднювачами повітря в Україні і Житомирській області, зокрема, є автомобільні транспортні засоби [6]. Бензиновий двигун внутрішнього згоряння на 1 км шляху викидає в навколишнє середовище близько 70 г оксиду вуглецю, 25 г оксиду азоту, свинець, оцтовий альдегід, бензол, ацетилен, бенз-х-пірен, бенз-х-атрофен і ще близько 220 шкідливих для живих організмів речовин [3]. Тому актуальним є пошук альтернативних шляхів до експлуатації бензинових автомобілів. Використання газового палива для двигунів автомобілів вважається нині однією із головних і ефективних альтернатив бензину [2, 4, 5, 6]. Але зміна показників зовнішньої роботи газових двигунів, що можуть бути встановлені на вантажних автомобілях сільськогосподарського призначення, обумовлює зміну показників тягово-швидкісних властивостей цих автомобілів. Якщо тягові властивості можна скоригувати досить просто введенням у трансмісію автомобіля знижувальної передачі, то швидкісні властивості потребують більш детальної оцінки шляхом аналізу добору передаточних чисел проміжних передач [7].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Основи теоретичних досліджень тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності автомобілів викладені в наукових роботах Чудакова Е. А., Зимєлева Г. В., Фалькевича Б. С., Фаробіна Я. Є. та багатьох інших [1, 9, 10, інші]. Ці науковці зазначають, що одним із реальних шляхів поліпшення техніко-експлуатаційних властивостей автомобілів, особливо при зміні потужності двигуна, є реалізація в їх конструкціях оптимальних параметрів трансмісії, які визначаються за різними методами та методиками.

Метод визначення передаточних чисел за законом геометричної прогресії грунтується на припущенні, що швидкість автомобіля за час переключення передач не зменшується. У дійсності швидкість зменшується і це зменшення тим більше, чим більша швидкість руху та внаслідок дії опору повітря. Це і служить

причиною зближення на практиці (від 5 до 15 %) передаточних чисел високих ступенів у трансмісії автомобілів. Арифметичний ряд передаточних чисел не одержав поширення, тому що щільність ряду від вищих ступенів до нижчих зростає, а це суперечить, присутній у більшості робіт з даного питання, думці про те, що вищі ступені повинні бути зближені. Гармонійний ряд, навпаки, має високу щільність на вищих передачах і недостатню – на нижчих, що в умовах інтенсивного руху може призвести до зниження розгінних якостей автомобіля [9]. Завдання побудови ряду передаточних чисел ступінчастих коробок передач, за умови забезпечення високої інтенсивності розгону аналітичним методом, була вирішена Куликовим М. К.

Даценко І. К. запропонував інший підхід: передаточні числа трансмісії повинні підбиратися таким чином, щоб забезпечити найбільший ступінь використання потужності двигуна під час роботи автомобіля в інтервалі значень питомих тягових сил, що найбільш часто використовуються при експлуатації автомобіля у заданих умовах (в тому числі сільськогосподарського виробництва). Ця робота отримала подальший розвиток у дослідженнях Зейбака Ахмеда і Шепеленка Г. М. Ними запропонований метод визначення передаточних чисел ступінчастої трансмісії шляхом співставлення коефіцієнта дорожнього опору, заданого ймовірнісним законом його розподілу за довжиною шляху, з інтервалами цього опору, що долається на кожній передачі. Пилипчук М. М. обгрунтував можливість застосування методу визначення передаточних чисел за ознакою рівності прискорення автомобіля наприкінці руху на попередній передачі і на початку наступної [8].

Аналіз розглянутих методів і методик [1–11, інші], а також численних дослідницьких робіт із удосконалювання методів підбору ряду передаточних чисел трансмісії автомобіля показує, що різні автори використовують різні критерії – показники техніко-експлуатаційних властивостей автомобілів, але єдиного загальноприйнятого набору показників немає. Тому одне із головних завдань даного дослідження – розробити критерії оптимізації параметрів системи «двигун – трансмісія» з метою поліпшення тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності переобладнаних автомобілів сільськогосподарського призначення.

Мета, завдання та методика досліджень

Мета дослідження – встановити оптимальні параметри трансмісій переобладнаних для роботи на газовому паливі автомобілів сільськогосподарського призначення. Для досягнення цієї мети вирішено наступні завдання: вибрано цільову функцію та метод оптимізації; розроблено критерії оптимізації параметрів системи «двигун – трансмісія»; розраховано показники швидкісних властивостей вищезгаданих автомобілів з певним рядом передаточних чисел. Використано комплекс сучасних методів наукового дослідження: математичне моделювання, формальна та аналітична оптимізація прийняття рішень.

Результати досліджень

Аналіз літератури [1–10, інших] показує, що заміна деяких видів палива (в тому числі газового) для двигунів призводить до серйозних змін в його швидкісній характеристиці і без відповідного узгодження з передаточним відношенням трансмісії призводить до суттєвих розбіжностей у показниках тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автомобіля. Тому, як правило, в літературі наводять рекомендації щодо змін в трансмісії у подібних випадках. Крім цього, в останні роки отримано нові дані використання генера-торного газу для автотракторних двигунів, в конструкторських бюро та лабораторіях Житомирського національного агроекологічного університету та Житомирського агротехнічного коледжу більше п’ятнадцяти років створювалися до-слідні зразки газогенераторних транспортних засобів [4].

Відомо, що при використанні будь-якого закону або методики вибору передаточних чисел трансмісії необхідно мати два крайніх значення – максимальне і мінімальне передаточне число (табл. 1) [10]. Мінімальне передаточне відношення визначають за умови забезпечення заданої максимальної швидкості руху автомобіля:

$$u_{\min} = \frac{\omega_{\max} \cdot r_{\hat{e}}}{V_{\max}}, \quad (1)$$

де ω_{max} – максимальна кутова швидкість обертання колінчастого вала двигуна; $r_к$ – радіус

кочення колеса; V_{max} – максимальна швидкість руху автомобіля.

Звідси виникає потреба у визначенні максимальної швидкості руху автомобілів, для яких визначають мінімальне передаточне відношення трансмісії. Цю швидкість визначають, наприклад, за методикою праці [4], шляхом розв'язку рівняння потужнісного балансу автомобіля, яке записується у вигляді:

$$V_{\max}^3 \cdot k \cdot F + V_{\max}^2 \cdot k_f \cdot G_a + V_{\max} \cdot f_0 \cdot G_a - 1000 N_e \cdot \eta_\partial = 0, \quad (2)$$

де k – коефіцієнт опору повітря, Н·с^2/м^4; F – площа проекції автомобіля на площину, що перпендикулярна поздовжній осі автомобіля, $F=B\times H$; B – колія передніх коліс автомобіля, мм; H – висота автомобіля, мм; k_f – коефіцієнт, що враховує приріст сили опору кочення автомобіля від швидкості його руху, k_f = 0,000036×V^2; f_0 – коефіцієнт опору кочення при швидкості автомобіля 1 м/с; G_a – сила тяжіння від повної маси автомобіля, Н.

У праці Б. В. Ємця [4] ґрунтовно показано розв’язок рівняння (2) та отримано значення максимальної швидкості переобладнаних автомобілів.

При виборі мінімального передаточного числа трансмісії вантажного автомобіля виходять із того, що при застосуванні тривальної коробки передач остання передача, як правило, пряма, тобто $u_{k\min}$ = 1,0 [10].

Максимальне передаточне відношення трансмісії визначають за умови по-долання автомобілем найбільшого опору дороги [11]:

$$u_{\max} = \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_{\hat{e}}}{M_{\max} \cdot \eta_{\grave{i}}} \le \frac{Z_2 \cdot \varphi \cdot r_d}{M_{\max} \cdot \eta_{\grave{i}}}, \quad (3)$$

де $\Psi_{мах}$ – максимальний опір дороги, який повинен подолати автомобіль; r_d – ди-намічний радіус колеса; $M_{мах}$ – максимальний крутний момент двигуна; $\eta_м$ – механічний коефіцієнт корисної дії трансмісії автомобіля; Z_2 – нормальна реакція опорної поверхні на ведучі колеса автомобіля; φ - коефіцієнт зчеплення ведучих коліс автомобіля з опорною поверхнею.

Значення параметрів рівняння, наприклад, для автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 склали: k=0,65 Нс^2/м^4; F=3,62м; f_0=0,013; G_a=75800 Н. Значення максимального крутного моменту двигуна цього автомобіля взято із швидкісної характеристики [11]. Використавши формулу (2), отримано V_{max}=22,3 м/с. Відповідно визначене за формулою (3) максимальне передаточне відношення для автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 під час роботи на СПГ рівне $u_{1(\max)}$=7,22. Аналіз табл. 1 показує, що робота двигуна автомобіля на різному пальному (СПГ, ЗНГ) обумовлює різні передаточні числа трансмісії.

Сахнов В. П. [10] рекомендує виконати перевірку визначеного макси-мального передаточного відношення трансмісії за умовою, записаною фор-мулою (3), при цьому приймають: r_d = $r_к$, Z_2 = G_a, для повноприводного автомобіля $\Psi_{мах}=\varphi$, для інших $\Psi_{мах} \le \varphi$. Якщо використати ці дані для нашого випадку, то умова формули (3) буде виконана.

Розрахунок показників швидкісних властивостей і паливної економічності автомобіля здійснювалось з метою визначення основних часткових критеріїв оптимальності. Із цих часткових критеріїв складаються узагальнені адитивний і мультиплікативний критерії.

Обґрунтовано для оцінки техніко-експлуатаційних властивостей переобладнаного автомобіля, на даному рівні їх досліджень, наступні критерії, що характеризують параметри системи «двигун-трансмісія»: G_1 – максимальна швидкість у відповідності до вантажопідйомності, м/с; $G_2 \cdot 10^{-1}$ – час розгону до швидкості 16,67 м/с (60 км/год), с; $G_3 \cdot 10^{-1}$ – час проходження 400 м, с; $G_4 \cdot 10^{-1}$ – час проходження 1000 м, с; G_5 – максимальна сила тяги на гаку, кН; G_6 – максимальний підйом, що долається, град., на першій передачі; $G_7 \cdot 10^{-1}$ – максимальне прискорення, м/с^2; $Q_1 \cdot 10^{-1}$ – контрольна витрата палива, кг/год; Q_2 – витрата палива, м^3/100 км при швидкості 16,67 м/с; Q_3 – витрата палива, м^3/100 км при максимальній швидкості.

Такий вибір показників тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності зумовлений тим, що всі вони отримані шляхом розв’язку: диференціального рівняння руху автомобіля (7), рівняння витрати палива (8) та рівняння визначення максимальної швидкості (формула (2)). Дані критерії не є обо-в’язковими для всіх автомобілів, і в залежності від мети, яку ставить перед собою дослідник, і умов експлуатації, ці критерії можуть змінюватися. Проте, при таких обраних критеріях, як показує аналіз, критерії G_2-G_4, Q_1-Q_3 повинні досягати свого мінімального значення, а критерії G_1 та G_5 - G_7 – свого максимального значення. Значення коефіцієнтів вагомості вибраних критеріїв представлено в табл. 2.

Таблиця 1. **Передаточні числа коробки передач, що визначені за різними законами та методиками для автомобіля ГАЗ-САЗ-3507**

Закон або методика	Вид палива	Передаточні відношення коробки передач				
		$u_{к1(max)}$	$u_{к2}$	$u_{к3}$	$u_{к4}$	$u_{к5(min)}$
Геометрична прогресія	СПГ	7,22	4,41	2,69	1,64	1,00
	ЗНГ	6,97	4,25	2,58	1,59	1,00
Динамічний ряд	СПГ	7,22	3,99	1,99	1,33	1,00
	ЗНГ	6,97	3,75	1,84	1,29	1,00
Методика Аніскіна і Квітко	СПГ	7,22	4,93	2,28	1,44	1,00
	ЗНГ	6,97	4,89	2,26	1,43	1,00
Методика Наркевича	СПГ	7,22	4,60	2,83	1,57	1,00
	ЗНГ	6,97	4,51	2,78	1,55	1,00
Методика Токарєва	СПГ	7,22	3,86	1,78	1,29	1,00
	ЗНГ	6,97	3,78	1,74	1,26	1,00
Методика Пилипчука: - Нижчий ряд - Вищий ряд	СПГ	7,22 2,75	5,35 2,21	4,12 1,76	3,29 1,31	2,98 1,00
	ЗНГ	6,97 2,64	5,17 2,15	4,07 1,73	3,26 1,29	2,94 1,00

Таблиця 2. **Критерії оптимізації та коефіцієнти вагомості**

Критерій	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6	G_7	Q_1	Q_2	Q_3
Значення коефіцієнту вагомості	0,08	0,15	0,07	0,07	0,08	0,07	0,12	0,09	0,13	0,14

З урахуванням питомої ваги і важливості кожного із критеріїв визначено узагальнюючий критерій оптимальності – цільову функцію *K*.

У загальному вигляді цільова функція визначається, так:

$$K(u_{k_1}, u_{k_2}, ...u_{k_n}) = \sum_{j=1}^{n_1} \gamma_j A_j G_j(u_{k_1}, u_{k_2}, ...u_{k_n}) + \sum_{l=1}^{n_2} \gamma_l A_l Q_l(u_{k_1}, u_{k_2}, ...u_{k_n}), \quad (4)$$

де j, l – порядкові номера окремих критеріїв тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності відповідно; n_1, n_2 – число прийнятих критеріїв; $\gamma = +1$, якщо мінімізується значення окремого критерію; $\gamma = -1$, якщо максимізується значення окремого критерію.

Розглянуто обмеження на окремі критерії. Ці обмеження визначаються найгіршими, але ще допустимими значеннями критерію. При цьому ввели штрафну функцію:

$$S(u_{k_1}, u_{k_2}, ...u_{k_n}) = \sum_{j=1}^{m_1} B_j \gamma_j [G_j(u_{k_1}, u_{k_2}, ...u_{k_n}) - \tilde{G}_j] + \sum_{l=1}^{m_2} B_l \gamma_l [Q_l(u_{k_1}, u_{k_2}, ...u_{k_n}) - \tilde{Q}_l], \quad (5)$$

де $\tilde{G}_j, \tilde{Q}_l$ – найгірші, але ще допустимі значення окремих критеріїв; B_j, B_l – вагові коефіцієнти штрафних функцій; m_1, m_2 – число введених обмежень на штрафні функції.

Обмеженнями на критерії були: G_1 – максимальна швидкість руху – не менше 20 м/с; $G_2 \cdot 10^{-1}$ – час розгону до швидкості 60 км/год – не більше 83 с; $G_3 \cdot 10^{-1}$ – час проходження 400 м – не більше 52 с; $G_4 \cdot 10^{-1}$ – час проходження 1000 м – не більше 135 с; Q_1 – контрольна витрата палива, кг/год – не більше 30 л/год. У табл. 3 наведені критерії штрафних функцій та їх коефіцієнти вагомості.

Таблиця 3. **Критерії штрафних функцій та коефіцієнти їх вагомості**

Критерій	G_1	G_2	G_3	G_4	Q_3
Коефіцієнт вагомості	0,25	0,18	0,17	0,15	0,25

За узагальнюючим критерієм оптимальності і значенням штрафної функції визначено нову цільову функцію:

$$H(u_{k_1}, u_{k_2}, ...u_{k_n}) = K(u_{k_1}, u_{k_2}, ...u_{k_n}) + S(u_{k_1}, u_{k_2}, ...u_{k_n}), \quad (6)$$

Значення нової цільової функції наведені у табл. 4. Подібним чином визначено значення цієї функції для випадку, коли автомобіль ГАЗ-САЗ-3507 працює на ЗНГ.

Таблиця 4. **Значення цільової функції з урахуванням штрафної функції**

Значення штрафної функції	Варіанти трансмісії автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 при роботі на СПГ		
	4-ступенева	5-ступенева	Стандартна
K	0,197	0,073	0,248
S	0,027	-0,011	0,031
H	0,224	0,062	0,279

Аналіз даних табл. 4 показав, що мінімальне значення цільової функції з урахуванням штрафної функції досягається показниками 5-ступеневої трансмісії ($u_{тр1}$ =38,41; $u_{тр2}$ =23,05; $u_{тр3}$ =13,92; $u_{тр4}$ =8,45; $u_{тр5}$ = 5,86) автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 під час роботи його двигуна на СПГ. Зпроектована чотириступенева трансмісія ($u_{тр1}$ =40,41; $u_{тр2}$ =19,07; $u_{тр3}$ =10,55; $u_{тр4}$ = 6,17) забезпечує менше значення цільової функції з урахуванням штрафної функції аніж стандартна для автомобіля ГАЗ-САЗ-3507.

Шляхом розв'язку диференціального рівняння руху автомобіля, рівняння витрати палива та рівняння визначення максимальної швидкості, які, відповідно, записані формулами (7), (8) та (2), отримали значення тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 при роботі його двигуна на СПГ (табл. 5) та ЗНГ (табл. 6).

$$\frac{dV}{dt} \cdot M_a \cdot \delta_{об} = P_{кол}(V) - P_{оп}(V,V^2) \pm G_a \cdot \sin\alpha, \quad (7)$$

де M_a – повна маса автомобіля, кг; $\delta_{об}$ – коефіцієнт, який ураховує обертові маси автомобіля; $P_{кол}(V)$ – повна колова сила на ведучих колесах автомобіля, Н; $P_{оп}(V,V^2)$ – 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/с^2.

$$Q_{so} = 7{,}7\frac{a_Q u^2}{r_k^2 \rho} v_a + 27{,}8\frac{b_Q u}{r_k \rho} + 100\frac{c_Q}{\rho v_a}, \quad (8)$$

де a_Q, b_Q і c_Q – коефіцієнти, що визначають годинну витрату палива Q_o у функції частоти обертання колінчастого вала двигуна; v_a – поточна швидкість руху автомобіля; ρ – густина палива; $r_к$ – радіус кочення колеса.

Таблиця 5. **Основні показники тягово-швидкісних властивостей (ТШВ) та паливної економічності (ПЕ) при різних варіантах трансмісії автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 під час роботи на СПГ**

Показники ТШВ та ПЕ	Одиниця виміру	Величина показників ТШВ та ПЕ при різних варіантах трансмісії		
		4-ступе-нева	5-ступе-нева	стан-дартна
Максимальна швидкість у відповідності до вантажопідйомності	м/с	23,7	24,6	22,3
Час розгону до швидкості 16,67 м/с	с	72,1	62,4	79,4
Максимальна сила тяги на гаку	кН	25,3	26,1	23,7
Максимальний підйом, що долається, на першій передачі	град.	23,5	29	22
Витрата палива, при швидкості 16,67 м/с	м^3/100 км	20,1	19,0	20,9
Витрата палива, при максимальній швидкості	м^3/100 км	26,1	25,2	27,7

Аналіз даних табл. 5 показав, що значне поліпшення тягово-швидкісних якостей і паливної економічності (від 9% до 25%) автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 під час роботи його двигуна на СПГ є реалізація в його конструкції оптимальної 5-ступеневої трансмісії. І навіть модернізована 4-ступенева трансмісія поліпшить вищерозглянуті показники від 4% до 11%.

Таблиця 6. **Основні показники ТШВ та ПЕ за різних варіантів трансмісії автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 під час роботи на ЗНГ**

Показники ТШВ та ПЕ	Одиниця виміру	Величина показників ТШВ та ПЕ при різних варіантах трансмісії		
		4-ступе-нева	5-ступе-нева	стан-дартна
Максимальна швидкість у відповідності до вантажопідйомності	м/с	23,0	23,9	22,3
Час розгону до швидкості 16,67 м/с	с	75,8	64,1	79,4
Максимальна сила тяги на гаку	кН	24,8	25,9	23,7
Максимальний підйом, що долається, на першій передачі	град.	23	27	22
Витрата палива, при швидкості 16,67 м/с	$м^3$/100 км	20,2	19,2	20,9
Витрата палива, при максимальній швидкості	$м^3$/100 км	26,8	25,7	27,7

Аналіз даних табл. 6 показує, що поліпшення тягово-швидкісних якостей і паливної економічності (від 7 % до 21 %) автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 під час роботи його двигуна на ЗНГ є реалізація в його конструкції оптимальної 5-ступеневої трансмісії, у випадку використання модернізованої 4-ступеневої трансмісії поліпшення вищерозглянутих показників буде в межах від 3 % до 9 %.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Оцінка тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності автомобіля сільськогосподарського призначення ГАЗ-САЗ-3507 під час роботи його двигуна на різному пальному в експлуатаційних умовах показує, що одним із шляхів забезпечення прийнятних їх показників є оптимізація параметрів системи «двигун-трансмісія».

Математично встановлено, що для взятих даних значне поліпшення тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності (від 9 % до 25 %) автомобіля сільськогосподарського призначення ГАЗ-САЗ-3507, під час роботи його двигуна на стиснутому природному газу (СПГ), є реалізація в конструкції оптимальної 5-ступеневої трансмісії, використання модернізованої 4-ступеневої трансмісії поліпшить вищерозглянуті показники від 4 % до 11 %. Якщо двигун цього ж автомобіля буде працювати на зрідженому нафтовому газу (ЗНГ), то реалізація в конструкції оптимальної 5-ступеневої трансмісії поліпшить вищезгадані властивості від 7 % до 21 %, а використання модернізованої 4-ступеневої трансмісії поліпшить такі властивості від 3 % до 9 %. Похибка у визначенні показників тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності для автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 не перевищує 5 %.

У подальшому доцільно виконати, на основі техніко-економічної оцінки прийнятих рішень, багатофакторні експериментальні дослідження модернізованих трансмісій для переобладнаних автомобілів сільськогосподарського призначення.

Література

1. Дьяков И. Ф. Комплексная оптимизация передаточных чисел трансмиссии / И. Ф. Дьяков, В. А. Кузнецов // Автомобильная промышленность. – 2002. – № 7. – С. 15–16.

2. Ємець Б. В. Визначення загальної енергоємності використання автомобілів з газогенераторною установкою в кологічних агротехнологіях / Б. В. Ємець // Вісн. ДАУ. – 2005. – № 1. – С. 208–219.

3. Ємець Б. В. Моделювання та покращення паливної економічності автомобілів сільськогосподарського призначення / Б. В. Ємець // Вісник ЖНАЕУ. – 2016. – № 2. – С. 268–273.

4. Ємець Б. В. Визначення максимальної швидкості руху автомобілів сільськогосподарського призначення на

генераторному газу / Б. В. Ємець // Вісник ЖНАЕУ. – 2017. – № 1. – С 221–230.

5. Лось Л. В. Перспективи створення, визначення показників роботи та основних розмірів газогенераторних установок для тракторних двигунів / Л. В. Лось, Б. В. Ємець, М. І. Шмалюк // Вісн. ДАУ. – 2006. – № 1. – С. 109–121.

6. Мельник М. В. Обгрунтування продуктивного використання газового палива для бензинових двигунів автомобілів / М. В. Мельник, Б. В. Ємець, О. С. Поліщук // Вісник ЖНАЕУ. – 2010. – № 2. – С. 139–145.

7. Ємець Б. В. Поліпшення тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності вантажних автомобілів сільськогосподарського призначення шляхом оптимізації параметрів системи «двигун-трансмісія» / Б. В. Ємець, С. О. Вишневський, В. В. Рисіч // Зб. доп. учасн. Четвертої наук.-техн. конф. студентів, магістрів і аспірантів ЖНАЕУ (4 груд. 2014 р.). – Житомир : ЖНАЕУ, 2014. – С. 11–19.

8. Пилипчук М. М. Оптимизация ряда передаточных чисел трансмиссии грузового автомобиля средней грузоподъемности при переоборудовании его на дизель : автореф. дис. … канд. техн. наук : спец. 05.22.02 / М. М. Пилипчук. – К., 1997. – 24 с.

9. Автомобілі: тягово-швидкісні властивості та паливна економічність : навч. посібник / В. П. Сахно, Г. Б. Безбородова, М. М. Маяк, С. М. Шарай. – К. : Арістей, 2003. – 200 с.

10. Сахно В. П. Математична постановка задачі оптимізації передаточних чисел трансмісії автомобіля / В. П. Сахно, О. В. Павленко, М. М. Горбаха //Автошляховик України. – 2004. – № 7. – С. 135–138.

11. Ємець Б. В. Покращення показників техніко-експлуатаційних властивостей транспортних засобів з газогенераторними установками : дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.22.02 / Б. В. Ємець. – К., 2008. – 189 с.

THE SYSTEM “ENGINE-TRANSMISSION” PARAMETERS OPTIMIZATION IN RECONSTRUCTED AGRICULTURAL MASHINERY

B. Yemets
e-mail: bogdan1199@ukr.net
Zhytomyr National Agroecological University,
Stary Boulevard, 7, Zhytomyr, 10002, Ukraine

The analysis of observed methods and methodologies, as well as numerous research works on improving of selection methods of range of the automobile transmission numbers shows that different authors use different criterions-indexes of automobiles technical-operational characteristics, but there are no common set of criterions. This research work recommends the criterions of the system “engine-transmission” parameters optimization in reconstructed agricultural machinery.

It is estimated, that for the taken information realization of the optimal 5-level transmission in construction of agricultural machinery GAS-SAZ-3507, while its engine work with CNG, improves considerably its hauling-speed properties and fuel economy (from 9% to 2%), and the use of redesigned 4-stage transmission will improve the abovementioned indexes from 4% to 11%. If the engine works with the liquefied oil gas OGTL, realization in construction of 5-stage transmission will improve the abovementioned indexes from 7% to 21%, and the use of redesigned 4-stage transmission will improve the abovementioned indexes from 3% to 9%. The measuring uncertainty in hauling-speed indexes determination and fuel economy for the automobile GAS-SAZ-3507 does not exceed 5%.

It will be resonable in the future to perform multiple-factor experimental reserches of the redesined transmissions for reconstructed agricultural machinery, based on technical-economical estimation of taken decisions.

Keywords: *automobile agricultural machinery, parameters, system, engine, transmission, optimization.*

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ "ДВИГАТЕЛЬ-ТРАНСМИССИЯ" ПЕРЕОБОРУДОВАННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Б. В. Емец
e-mail: bogdan1199@ukr.net
Житомирский национальный
агроэкологический университет
Старый бульвар, 7, г. Житомир, 10002, Украина

Анализ рассмотренных методов и методик, а также многочисленных исследовательских работ по совершенствованию методов подбора ряда передаточных чисел трансмиссии автомобиля показывает, что разные авторы

используют различные критерии – показатели технико-эксплуатационных свойств автомобилей, но единого общепринятого набора показателей нет. В данном исследовании предложены критерии оптимизации параметров системы "двигатель-трансмиссия" переоборудованных автомобилей сельскохозяйственного назначения.

Установлено, что для взятых данных значительное улучшение тягово-скоростных свойств и топливной экономичности (от 9 % до 25 %) автомобиля сельскохозяйственного назначения ГАЗ-САЗ-3507, во время работы его двигателя на сжатом природном газе (СПГ), является реализация в конструкции оптимальной 5-ступенчатой трансмиссии, использование модернизированной 4-ступенчатой трансмиссии улучшит вышерассмотренные показатели от 4 % до 11 %. Если двигатель этого же автомобиля будет работать на сжиженном нефтяном газе (СНГ), то реализация в конструкции оптимальной 5-ступенчатой трансмиссии улучшит вышеупомянутые свойства от 7 % до 21 %, а использование модернизированной 4-ступенчатой трансмиссии улучшит такие свойства от 3 % до 9 %. Погрешность в определении показателей тягово-скоростных свойств и топливной экономичности для автомобиля ГАЗ-САЗ-3507 не превышает 5 %.

В дальнейшем целесообразно выполнить, на основе технико-экономической оценки принятых решений, многофакторные экспериментальные исследования модернизированных трансмиссий для переоборудованных автомобилей сельскохозяйственные назначения.

Ключевые слова: *автомобиль сельскохозяйственного назначения, параметры, система, двигатель, трансмиссия, оптимизация.*