

Міністерство освіти України  
Український транспортний університет

На правах рукопису

УДК 629.113: 662.76

**Філіпова Галина Андріївна**

**Підвищення техніко-експлуатаційних  
властивостей газобалонних автомобілів**

Спеціальність 05.22.02 "Автомобілі і трактори"

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ - 1997

36.73  
Робота виконана на кафедрі "Автомобілі" Українського  
транспортного університету

Наукові керівники: доктор технічних наук  
професор Сахно В.П.  
кандидат технічних наук  
доцент Основенко М.Ю.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук  
професор Долганов К.Є.  
кандидат технічних наук  
доцент Багрій В.Г.

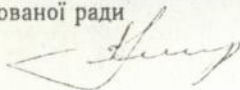
Ведуча організація: Київський міжнародний  
університет цивільної авіації,  
м. Київ

Захист відбудеться "26" червня 1997 р. о 10 годині  
на засіданні спеціалізованої ради Д 01.27.02  
при Українському транспортному університеті  
за адресою: 252010, м. Київ, вул. Суворова, 1.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці університету.

Автореферат розіслано "23" травня 1997 р.

Вчений секретар спеціалізованої ради  
професор



Дмітрієв М.М.

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00753631 (P)

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

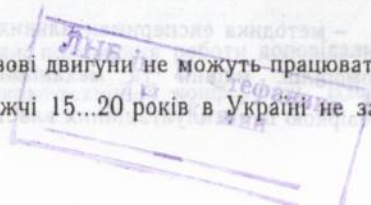
Актуальність проблеми. Гострий дефіцит в Україні власних рідких моторних палив примушує шукати їм альтернативу. Як встановлено в багатьох попередніх дослідженнях, повноцінним заміником рідких моторних палив можуть бути газоподібні – зріджений нафтовий та стиснений природний газ.

На автомобільному транспорті природний газ може скласти 25...35% витрат всього палива. З боку ресурсів газоподібного палива для автомобільного транспорту значних технічних перешкод не існує. Автомобільні заводи країн СНД виготовляють серійно газобалонні автомобілі, двигуни яких живляться зрідженим нафтовим або стисненим природним газом. Значну роботу щодо переобладнання в газобалонні спеціальних автомобілів, машин та механізмів, які в газобалонному варіанті заводи-виготовлювачі не випускають, проводять експлуатаційні підприємства.

Основним недоліком газобалонних автомобілів, які використовують в Україні, є те, що на них встановлені звичайні бензинові двигуни або дизелі, котрі лише пристосовані для роботи на газі і зберігають здатність працювати на традиційних видах палива. Таке становище обумовлено тим, що внаслідок недостатньо розвиненої мережі газонаповнювальних станцій на газобалонні автомобілі неможливо встановлювати суто газові двигуни, які не можуть працювати на традиційних видах палива. Тобто ця проблема не є лише технічною, а більше належить до організаційних.

Проведені раніше дослідження та досвід експлуатації свідчать, що при переведенні на газоподібне паливо двигунів серійних автомобілів потенційні енергетичні можливості газу як палива використовуються недостатньо. Внаслідок цього погіршуються тягово-швидкісні властивості автомобіля та зростає собівартість перевезень.

У зв'язку з тим, що спеціальні газові двигуни не можуть працювати на рідких моторних паливах, їх у найближчі 15...20 років в Україні не засто-



совуватимуть. Тому актуальними і перспективними є роботи, спрямовані на підвищення показників техніко-експлуатаційних властивостей газобалонних автомобілів, двигуни яких здатні працювати як на традиційних, так і на газоподібних паливах.

Одним із таких шляхів є оптимізація параметрів системи "двигун - трансмісія" газобалонних автомобілів, тобто пошук рішень, які дозволили б так узгодити вихідні параметри двигуна та передаточні числа трансмісії, щоб при роботі двигуна на газі показники тягових властивостей автомобіля, динаміки його розганяння та певною мірою технічна швидкість були не гірші, ніж при роботі двигуна на бензині.

Метою роботи є розробка методики порівняльного аналізу і розрахунку основних показників тягово-швидкісних властивостей газобалонних автомобілів та розробка практичних рекомендацій щодо їх поліпшення.

Методи досліджень передбачали математичне моделювання усталеного та неусталеного рухів автомобіля, багатоваріантні розрахунки на ПЕОМ показників тягово-швидкісних властивостей автомобілів із стандартною та модернізованою трансмісіями і експериментальне визначення цих показників для газобалонних автомобілів.

Наукову новизну результатів досліджень складають:

– методика аналізу взаємозв'язків між базовими конструктивними параметрами газобалонних автомобілів та їх тягово-швидкісними властивостями;

– комплекс показників тягово-швидкісних властивостей, їх математична модель та методика обґрунтування раціональних параметрів системи "двигун - трансмісія" газобалонного автомобіля;

– оптимальні співвідношення між передаточними числами трансмісії для газобалонних автомобілів загального та спеціального призначення;

– методика експериментальних випробувань газобалонних спеціальних автомобілів, машин та механізмів для комунального господарства з перевіркою їх експлуатаційних властивостей.

### Достовірність результатів підтверджується:

– коректним використанням методів теорії автомобіля для розробки розрахункових схем і складання рівнянь руху газобалонних автомобілів загального та спеціального призначення;

– адекватністю результатів математичного моделювання і визначення показників тягово-швидкісних властивостей чисельними методами експериментальним даним, які отримані з використанням сучасних методів вимірювань при випробуваннях газобалонних автомобілів загального та спеціального призначення.

### Практичну цінність результатів досліджень складають:

– методика визначення передаточних чисел трансмісії газобалонних автомобілів, за допомогою якої показано, що одним із шляхів підвищення показників тягово-швидкісних властивостей газобалонних автомобілів до рівня базових автомобілів з двигунами, які працюють на бензині, є встановлення в їх трансмісіях додаткових коробок з прямою та знижувальною передачами; пряму передачу використовують при роботі двигуна на бензині, а знижувальну – при роботі на газі;

– нормативно-конструкторська документація на переобладнання у газобалонні спеціальних автомобілів, машин та механізмів для комунального господарства, яка дозволяє переобладнанням машинам при використанні газоподібного палива успішно виконувати всі технологічні операції, для яких вони призначені, і рухатися в транспортних потоках поряд з аналогічними машинами, двигуни яких працюють на традиційних видах палива.

Реалізація роботи Матеріали дисертаційної роботи впроваджені при переобладнанні у газобалонні таких спеціальних автомобілів, машин та механізмів комунального господарства: ОВМ-1, АВМ-1, ЗІФ-55В, АЦТТ-5, КС-2561Д, КС-3577-2, Т-150К, ЕО-4321Б, ЛЛ-980В, ОМЕ-52М, КО-002, ТВГ-15Н, КО-105.

Апробація роботи. Основні положення роботи доповідалися та обговорювалися на Міжнародній науково-технічній конференції "Вдоскона-

лення конструктивних та експлуатаційних параметрів автомобілів і машин" (Київ, 1995), 53 науковій конференції професорсько-викладацького складу і студентів Українського транспортного університету (Київ, 1997).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи та результати досліджень опубліковані у трьох друкованих працях.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох глав, висновків, списку літератури, який включає 95 найменувань, і містить 139 сторінок машинописного тексту, 24 рисунки та 17 таблиць.

## ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність теми, сформульована мета дисертаційної роботи, викладені її наукова новизна та практична цінність.

У першій главі "Стан питання та задачі дослідження" обгрунтована доцільність застосування газоподібного палива на автомобільному транспорті в Україні, показано розвиток досліджень газобалонних автомобілів та їх сучасний стан, викладено системний підхід до поліпшення техніко-експлуатаційних властивостей газобалонних автомобілів.

У другій главі "Теоретичні дослідження" проаналізовані тягово-швидкісні властивості газобалонних автомобілів та визначені бажані передаточні числа трансмісій газобалонних автомобілів.

Для визначення чисельних параметрів вихідних характеристик двигунів з метою аналізу тягово-швидкісних властивостей автомобілів від заводів-виготовлювачів одержані швидкісні зовнішні характеристики двигунів ЗМЗ-4027.10, ГАЗ-52-07, ЗМЗ-53-27, ЗІЛ-5086, ЗІЛ-5096, які є модифікаціями відповідно двигунів ЗМЗ-402.10, ГАЗ-52-07, ЗМЗ-53-11, ЗІЛ-508, ЗІЛ-509, пристосованими для роботи на газоподібному паливі.

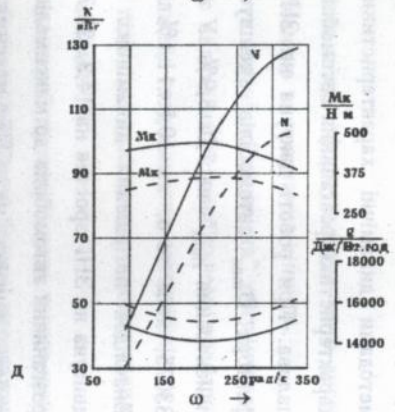
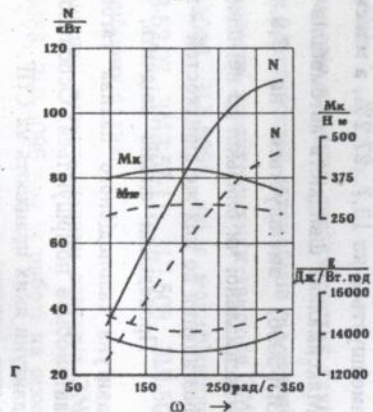
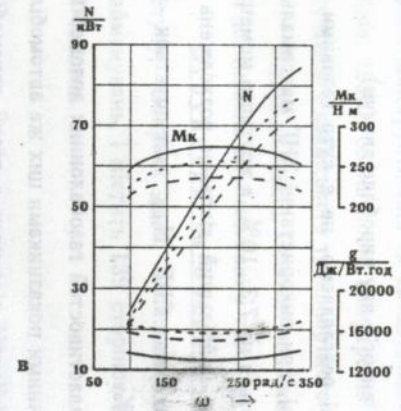
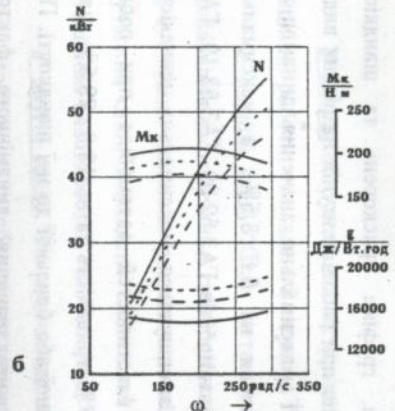
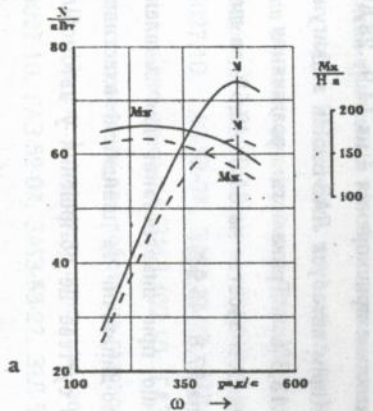
На рис.1 наведені швидкісні зовнішні характеристики двигунів ЗМЗ-4027.10, ГАЗ-52-07, ЗМЗ-53-27, ЗІЛ-5086, ЗІЛ-5096 при їх роботі на різних видах палива. Криві питомої витрати палива нанесені у одиниці виміру,

одержаній виходячи з теплоти згоряння палива – Дж/Вт-год (кількість теплоти, що витрачається на одиницю енергії, яку виробляє двигун).

Внаслідок того, що двигуни, які розглядаємо, не є суто газовими, а лише пристосовані для роботи на газі, при використанні ЗНГ максимальні значення потужності ( $N_{\max}$ ) зменшуються на 7,3...10%, а крутного моменту ( $M_{\max}$ ) – на 6,6...15,4%. При цьому найбільший діапазон розходжень у двигуна ЗМЗ-4027.10. При переході на СПГ  $N_{\max}$  зменшується на 13,0...20,2%, а  $M_{\max}$  – на 13,9...23,3%.

Для оцінки тягово-швидкісних властивостей газобалонних автомобілів та порівняння їх показників з аналогічними показниками цих же автомобілів при роботі двигунів на бензині розраховані відомими з теорії автомобіля методами динамічні характеристики, графіки прискорень та швидкісні характеристики розганяння автомобілів при роботі двигунів на різних видах палива. При роботі двигуна на ЗНГ максимальне значення динамічного фактора  $D_{\max}$  автомобілів зменшується на 6,6...8,5%, а максимальне прискорення  $j_{\max}$  – на 7,0...8,9%. У автомобілів ГАЗ-52-09, ГАЗ-53-19, ГАЗ-33075, крім того, на 10,5...11,1% зменшується максимальна швидкість. Внаслідок погіршення динамічних властивостей автомобіля при роботі двигуна на ЗНГ зростає на 14,3...26,7% тривалість та на 13,8...29,5% шлях розганяння автомобілів до максимальної або близької до неї швидкості. При роботі двигуна на СПГ максимальне значення динамічного фактора зменшується на 13,7...27,2%, а максимальне прискорення – на 14,9...28,6%. Максимальна швидкість автомобілів (крім автобуса ЛАЗ-695НГ з двигуном ЗІЛ-5096) зменшується на 7,9...13,3%. Тривалість розганяння до максимальної чи близької до неї швидкості зростає на 34,0...42,6%, а шлях розганяння до цих же швидкостей – на 37,8...45,9%.

Проведений аналіз свідчить, що при використанні для живлення двигуна газоподібного палива тягово-динамічні та швидкісні властивості автомобілів погіршуються. Особливо суттєве це погіршення у автомобілів, двигуни яких працюють на СПГ.



а- 3МЗ-4027.10, б- ГАЗ-52-07,  
 в- 3МЗ-53-27, г- ЗІЛ-5086,  
 д- ЗІЛ-5096

———— бензин,  
 ..... ЗНГ,  
 - - - - - СПГ

Рисунок 1 - Швидкісні зовнішні характеристики двигунів

У зв'язку з тим, що використання спеціальних газових двигунів у найближчі роки малореальне, слід шукати шляхи підвищення тягово-швидкісних властивостей цих автомобілів за рахунок оптимізації параметрів системи "двигун - трансмісія".

Збільшити величину сили тяги на ведучих колесах газобалонного автомобіля можна, ввівши у трансмісію додаткову коробку з прямою та знижувальною передачами. При цьому у разі переведення двигуна на газ автоматично вмикається знижувальна передача в додатковій коробці.

Виходимо з того, що передаточне число знижувальної передачі додаткової коробки має бути таким, щоб за рахунок забезпеченого при її включенні підвищення сили тяги показники тягових властивостей та динаміки розганяння газобалонного автомобіля при роботі його двигуна на газоподібному паливі зберігалися на рівні значень, які досягаються при роботі двигуна на бензині, тобто щоб на кожній із передач основної коробки при кожній конкретній кутовій швидкості колінчастого вала двигуна величини динамічного фактора  $D_r$  і прискорень  $\left(\frac{dV}{dt}\right)_r$  цього автомобіля при роботі двигуна на газі були не нижчі, ніж величини динамічного фактора  $D_6$  і прискорень  $\left(\frac{dV}{dt}\right)_6$  при роботі двигуна на бензині:

$$D_r \geq D_6 \quad (1)$$

та

$$\left(\frac{dV}{dt}\right)_r \geq \left(\frac{dV}{dt}\right)_6 \quad (2)$$

Щоб одержати потрібне значення передаточного числа  $U_d$  знижувальної передачі додаткової коробки, із умов (1) та (2) достатньо розглянути тільки рівності, тобто

$$D_r = D_6 \quad (3)$$

та

$$\left(\frac{dV}{dt}\right)_r = \left(\frac{dV}{dt}\right)_6 \quad (4)$$

При виконанні умови (3) буде виконуватися умова (4). Тому потрібне передаточне число  $U_d$  знижувальної передачі додаткової коробки можна визначити з умови  $D_r = D_6$ .

Після підстановки у (3) виразів для  $D_r$  та  $D_6$  приходимо до кубічного рівняння відносно  $U_d$ , яке розв'язуємо методом Кардано.

Для кожного автомобіля рівняння розв'язувалося при русі його на кожній із передач при кількох поточних значеннях кутової швидкості колінчастого вала двигуна  $\omega_i$  (поточні значення  $\omega_i$  обирали, знімаючи значення крутного моменту з кривих крутного моменту швидкісних зовнішніх характеристик двигунів). У результаті попереднього розрахунку для різних автомобілів було одержано в залежності від кількості передач і кількості поточних значень кутової швидкості колінчастого вала двигуна від 32 до 44 значень  $U_{дij}$  ( $i$  - номер поточного значення  $\omega$ ,  $j$  - номер передачі), які відрізняються одне від одного, адже зниження динамічного фактора при переведенні двигуна з бензину на газ, яке необхідно компенсувати за рахунок додаткової коробки, у кожній точці розрахунку інше. Для деяких автомобілів (ЗІЛ-431610, ЛАЗ-695НГ) різниця між максимальним та мінімальним значеннями  $U_d$  виявилася досить значною.

(1) Тому виникла необхідність знайти для кожного автомобіля таке значення  $U_d$ , яке знаходилося б між його  $U_{d,\min}$  та  $U_{d,\max}$  і найбільшою мірою забезпечувало виконання умов (1) та (2). Розрахунки показали, що це буде середнє зважене сукупності значень  $U_{дij}$  даного автомобіля за тривалістю його роботи на кожній з передач та за тривалістю роботи двигуна в різних швидкісних режимах.

Передаточні числа  $U_d$  знижувальної передачі додаткових коробок газобалонних автомобілів всіх типів та марок, які використовують у народно-му господарстві України, обчислені з урахуванням експлуатаційних режимів цих автомобілів, наведені в табл.1.

Таблиця 1 – Передаточні числа  $U_d$  знижувальної передачі додаткових  
коробок газобалонних автомобілів

|   |            |        |        |
|---|------------|--------|--------|
| Автомобілі, що працюють<br>на зрідженому нафтовому<br>газі  | ГАЗ-24-17  | 1,1037 |        |
|   | ГАЗ-52-07  | 1,0934 | 1,0926 |
|   | ГАЗ-52-09  | 1,0918 |        |
|   | ГАЗ-53-19  | 1,0791 | 1,0789 |
|   | ГАЗ-33075  | 1,0787 |        |
| Автомобілі, що працюють<br>на стисненому природному<br>газі | ГАЗ-52-27  | 1,1796 |        |
|   | ГАЗ-53-27  | 1,1449 | 1,1446 |
|   | ГАЗ-33076  | 1,1443 |        |
|   | ЗІЛ-431610 | 1,3430 |        |
|   | ЛАЗ-695НГ  | 1,3955 |        |

У третій главі "Вплив передаточних чисел додаткової коробки передач на показники тягово-швидкісних властивостей газобалонних автомобілів" проаналізовано цей вплив шляхом порівняння обчислених за різними методиками показників тягово-швидкісних властивостей газобалонних та базових (з двигунами, що працюють на бензині) модифікацій.

При переобладнанні автомобілів у газобалонні важливим моментом є порівняння обчислених показників тягово-швидкісних властивостей газобалонних та базових (з двигунами, що працюють на бензині) модифікацій. При цьому розрахунки для переобладнаного автомобіля проводять за тією ж методикою, що й для базового.

Досліджувати показники досить складної механічної системи "автомобіль" та аналізувати вплив на неї зовнішніх чинників (водія, дороги) найкраще на математичній моделі. Існує досить багато таких моделей. Зважаючи на порівняльний аналіз показників тягово-швидкісних властивостей переобладнаних та базових автомобілів, доцільно використати моделі різного ступеню складності.

Диференціальне рівняння, котре використовують у теорії автомобіля, справедливе для прямолінійного руху і тому може бути застосоване для моделювання руху автомобіля на ПЕОМ з метою визначення основних оціночних показників тягово-швидкісних властивостей:

$$\frac{dV}{dt} \cdot M_a \cdot \delta_{об} = P_{кол}(V) - P_{оп}(V, V^2) \pm G_a \cdot \sin \alpha, \quad (5)$$

де  $M_a$  – повна маса автомобіля (автопоїзда), 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;

$\alpha$  – кут поздовжнього нахилу полотна дороги;

$V$  – швидкість руху автомобіля, м/с;

$dV/dt$  – прискорення автомобіля, м/с<sup>2</sup>.

Інтегрування рівняння (5) можна провести, якщо вважати, що функція  $P_{кол}(V)$  задана або визначена, наприклад, коли розглядати роботу двигуна за швидкісною зовнішньою характеристикою.

За допомогою диференціального рівняння руху визначалися такі показники тягово-швидкісних властивостей автомобіля: швидкісна характеристика "розганяння-вибіг"; швидкісна характеристика на останній і передостанній передачах; швидкісна характеристика на дорозі зі змінним поздовжнім профілем; максимальна швидкість; сила тяги на гаку; прискорення при розганянні; максимальний підйом, який долає автомобіль; час розганяння на шляху 400 і 1000 м.

Визначення показників тягово-швидкісних властивостей автомобілів ГАЗ, ЗІЛ, "Волга" та автобусів ЛАЗ базових модифікацій (з бензиновими двигунами) та газобалонних виконано на ПЕОМ IBM PC AT 486 за допомогою спеціально розробленої програми, складеної мовою Pascal.

За результатами розрахунків зроблено висновок, що показники тягових властивостей газобалонних автомобілів при включенні прямої передачі в додатковій коробці передач зменшуються майже пропорційно зменшенню потужності двигуна. Разом з тим, при включенні знижувальної передачі в додатковій коробці передач вони залишаються майже незмінними у порівнянні з показниками тягових властивостей автомобілів з бензиновими двигунами. Показники швидкісних властивостей газобалонних автомобілів при русі на знижувальній передачі у додатковій коробці змінюються у більш широких межах, ніж тягових. Привертає увагу те, що критерій динамічності  $d = T - S/V_k$  ( $T, S, V_k$  - час, шлях та кінцева швидкість розганяння) або залишається практично незмінним (ГАЗ-53-19М, ГАЗ-33075М, ГАЗ-33076М), або зменшення його становить до 16,3% (ЛАЗ-695НГМ з двигуном ЗІЛ-5096).

Середня швидкість на дорозі зі змінним поздовжнім профілем зазнає зменшення на 6,0...28,8% (відповідно автомобілі ГАЗ-52-07М та ЛАЗ-695НГМ з двигуном ЗІЛ-5096). У той же час при включенні прямої передачі в додатковій коробці передач це зменшення складає від 0 (ГАЗ-24-17, ГАЗ-52-07) до 14,2% (ЗІЛ-431610), тобто на такій дорозі знижувальна передача не завжди призводить до покращання швидкісних властивостей автомобілів.

Визначення середньої швидкості руху автомобіля ще за одною методикою, яка передбачає, що сумарний опір дороги руху автомобіля заданий імовірнісним законом розподілу, дало можливість зробити висновки про вплив знижувальної передачі на швидкісні властивості газобалонних автомобілів на дорогах з різними типами покриттів.

Розрахунки показали, що газобалонні автомобілі при русі на прямій передачі додаткової коробки передач значною мірою поступаються автомобілям з бензиновими двигунами на будь-яких дорогах. Зменшення середньої швидкості руху складає до 28% на дорогах з твердим покриттям у задовільному стані. При включенні знижувальної передачі в додатковій коробці передач газобалонні автомобілі майже не поступаються автомобілям з бензиновими двигунами. Зменшення середньої швидкості руху не перевищує 7%

(автомобілі ГАЗ) на дорогах з твердим покриттям. Погіршення дорожніх умов призводить до суттєвого зменшення середніх швидкостей руху газобалонних автомобілів як при включенні прямої передачі в додатковій коробці передач, так і знижувальної передачі. Зокрема, для автомобілів ЗІЛ це зменшення складає відповідно 41,4% і 21%, для автобусів ЛАЗ – 49,4% і 28,3%, для автомобілів ГАЗ – 18% і 11%, для легкових автомобілів ГАЗ – 12,4% і 4,6%. Пояснюється це тим, що рух у важких дорожніх умовах здійснюється переважно на нижчих передачах у коробці передач, на яких ефект від знижувальної передачі у додатковій коробці передач незначний.

Для більш повного аналізу впливу знижувальної передачі на показники тягово-швидкісних властивостей газобалонних автомобілів окремо розглянули рух автомобіля у період розганання, використавши математичну модель системи "водій - автомобіль - дорога", розроблену професором Ю.Ф.Гутаревичем. Ця модель описує різні фази руху автомобіля (розганання, усталений рух, сповільнення) з урахуванням того, що автомобіль функціонує як підсистема більш складної системи "водій - автомобіль - дорога - середовище" (ВАДС), і включає ряд диференціальних та алгебраїчних рівнянь. Розв'язання їх на кожній елементарній ділянці циклу дозволяє визначити параметри, які характеризують режим роботи двигуна, і за ними – параметри руху автомобіля.

Математична модель реалізована в алгоритмі та програмі розрахунків показників тягово-швидкісних властивостей автомобілів на IBM PC AT 486.

Результати розрахунків показників тягово-швидкісних властивостей (часу та шляху розганання, критерія динамічності розганання  $d$  а також безрозмірного критерія динамічності  $D_p$ , який являє собою відношення критерія динамічності реального автомобіля до критерія динамічності ідеального автомобіля) вантажних автомобілів ГАЗ і ЗІЛ та легкових автомобілів ГАЗ базових і газобалонних модифікацій використані для порівняння тягово-швидкісних властивостей автомобілів у період розганання. При цьому кінцева швидкість обмежувалася величиною 16,63 м/с (60 км/год).

Співставлення результатів розрахунків показує, що переобладнання автомобілів ГАЗ, ЗІЛ і "Волга" у газобалонні без зміни передаточних чисел трансмісії призводить до збільшення часу та шляху розганяння автомобілів. Разом з тим при включенні знижувальної передачі в додатковій коробці передач шлях та час розганяння всіх автомобілів залишається майже незмінним.

Критерій динамічності  $d$  враховує потенційні переваги, які дістає автомобіль у результаті більш інтенсивного процесу розганяння, а саме: при реалізації динамічнішого процесу розганяння автомобіль отримує можливість раніше почати рух з заданою сталою швидкістю. За цим критерієм переобладнані в газобалонні автомобілі (з внесеними у трансмісію змінами) майже не поступаються автомобілям з бензиновими двигунами.

За безрозмірним критерієм динамічності  $D_p$  переобладнані в газобалонні автомобілі з модернізованою трансмісією мають значні переваги не тільки перед існуючими газобалонними автомобілями, а навіть і перед автомобілями з бензиновими двигунами, тобто у переобладнаних автомобілів краще використовується потужність двигуна в заданих умовах руху.

У четвертій главі "Переобладнання спеціальних автомобілів у газобалонні та дослідження їх тягово-швидкісних властивостей" розглянуто переобладнання спеціальних автомобілів у газобалонні та описано експериментальне визначення показників їх тягово-швидкісних властивостей.

Розроблена нормативно-конструкторська документація, переобладнані у газобалонні та введені в експлуатацію такі спеціальні автомобілі, машини та механізми для комунального господарства: оперативно-водопровідна машина ОВМ-1 на базі автомобіля УАЗ-452 (виготовлено два варіанти газобалонної оперативно-водопровідної машини – ОВМ-1Г1 та ОВМ-1Г2); аварійно-водопровідна машина АВМ-1М на шасі автомобіля ГАЗ-52-01; автомобіль-цистерна АЦПТ-5 на шасі ЗІЛ-431410; автомобільний кран КС-2561Д на шасі автомобіля ЗІЛ-431410; трактор Т-150К та дорожня машина на його базі; екскаватор ЕО-4321Б; автомобільний кран КС-3577-2 на шасі автомобіля МАЗ-5337; машина оперативна для електромереж ОМЕ-52М на

шасі автомобіля ГАЗ-53-12; мулососна машина ІЛ-980В на шасі ЗІЛ-431412; машина поливально-мийна КО-002 на шасі ЗІЛ-431412; автовишка телескопічна ТВГ-15Н на базі автомобіля ГАЗ-53-12 або ГАЗ-52-04; розкидач універсальний КО-105 на шасі автомобіля ЗІЛ-431410; машина вакуумна КО-503В на шасі ГАЗ-3307 або ГАЗ-53-12; сміттевоз КО-424 на шасі ЗІЛ-431412.

Карбюраторні двигуни всіх переобладнаних машин пристосовані для роботи на газі та зберігають можливість повноцінно працювати на бензині, а газодизелі здатні працювати як за дизельним, так і за газодизельним циклом.

Для переобладнаних машин експериментально (для деяких також теоретично) визначали координати центрів мас та показники стійкості з умов перекидання та заносу. При цьому висувалася вимога, щоб машина зберігала стійкість у всіх можливих умовах експлуатації. Якщо ця вимога не задовольнялася, обирали інший варіант розташування балонів на машині. У тих випадках, коли попередній аналіз компоновальної схеми переобладнаної машини давав підстави для висновку про незначну зміну положення центра мас, його координати не визначали.

Обов'язковим для кожної машини був також розрахунок на міцність елементів кріплення балонів в екстремальних умовах (удар машини, що рухається із швидкістю 60 км/год, об нерухому перешкоду, наїзд на нерухому загальмовану газобалонну машину ззаду та збоку).

Всі переобладнані в газобалонні машини пройшли попередні та приймальні випробування і рекомендовані як головні зразки для переобладнання в газобалонні наступних однотипних машин.

Інформація про кожну з машин надрукована у науково-технічних журналах України та колишнього СРСР. Про них оперативно повідомляли інформаційні листки, що видає та розповсюджує серед підлеглих підприємств Держжитлокомунгосп України.

Всі машини введені в експлуатацію і успішно використовуються до цього часу.

Досвід багаторічної експлуатації переобладнаних у газобалонні спеціальних автомобілів, машин та механізмів для комунального господарства дозволяє зробити висновок, що ці машини при використанні газоподібного палива здатні успішно виконувати всі призначені для них технологічні операції і рухатися в транспортних потоках поряд з аналогічними машинами, двигуни яких працюють на традиційних видах палива.

З усіх спеціальних машин, переобладнаних у газобалонні, для експериментальних досліджень по визначенню показників тягово-швидкісних властивостей вибрані оперативно-водопровідні машини ОВМ-1Г1 та ОВМ-1Г2, аварійно-водопровідна машина АВМ-1МГ та автомобіль-цистерна АЦПТГ-5 для перевезення води. Вибір цих автомобілів обумовлений тим, що їх базові моделі досить широко розповсюджені в експлуатації і висновки, одержані при експериментальних дослідженнях, можна поширити на всі модифікації автомобілів сімейств УАЗ, ГАЗ та ЗІЛ. Крім того, у трансмісії автомобіля УАЗ-452 є додаткова коробка, а на автомобілі сімейств ГАЗ та ЗІЛ з колісною формулою 4x2 досить легко встановити додаткові коробки від автомобілів ГАЗ-66 та ЗІЛ-131.

У процесі підготовки до експериментальних досліджень на газобалонну аварійно-водопровідну машину АВМ-1МГ встановлена додаткова коробка з передаточними числами 1,0 та 1,982 від автомобіля ГАЗ-66-11-010, а на газобалонний автомобіль-цистерну АЦПТГ-5 – додаткова коробка з передаточними числами 1,0 та 2,08 від автомобіля ЗІЛ-131Н.

Хоча передаточні числа встановлених додаткових коробок відрізняються від визначених аналітично, використання коробок, які випускають серійно, дозволило уникнути труднощів, пов'язаних з виготовленням пар шестерень, котрі забезпечували б потрібне передаточне число, і дало змогу в принципі вирішити питання про можливість використання серійних додаткових коробок та перевірити експериментально ефективність покращання тягово-швидкісних властивостей газобалонних автомобілів при використанні додаткових коробок у трансмісії.

Тягові властивості газобалонних оперативно-водопровідних машин ОВМ-1Г1 та ОВМ-1Г2 визначали на стенді моделі 4823В з гальмовим пристроєм. У процесі стендових випробувань машини ОВМ-1Г2 встановлено, що при переході на СПГ потужність двигуна зменшується з 47 кВт до 38,5 кВт (приблизно на 18%), а частота обертання колінчастого вала  $\omega_N$  при максимальній потужності - з  $364 \text{ с}^{-1}$  до  $344 \text{ с}^{-1}$  (приблизно на 5,5%). З тягової діаграми руху машини ОВМ-1Г2 видно, що при переведенні двигуна з бензину на газ сила тяги на ведучих колесах зменшується приблизно на 11,9%, а максимальна швидкість - на 11,3% і становить близько 17,3 м/с (62,3 км/год). Аналогічні результати отримані і для машини ОВМ-1Г1.

Для оцінки швидкісних властивостей машин проведені їх дорожні випробування згідно з ГОСТ 22576-90. Випробування проводили в умовах м. Києва та поза містом на дорозі Київ - Дніпропетровськ.

Величину пройденого шляху, тривалість розганяння на кожній з передач та тривалість руху на маршруті визначали, виходячи з відомого принципу використання "п'ятого" колеса. За результатами випробувань встановлено, що при русі в міських умовах технічна швидкість машин змінюється мало. Різниця пояснюється лише деякою зміною інтенсивності руху на маршруті при різних заїздах. Лише при русі автомобіля-цистерни АЦПТГ-5 з повним навантаженням (5 т) і включеною знижувальною передачею в додатковій коробці величина технічної швидкості дещо зменшується. Тому можна вважати, що на міському маршруті технічна швидкість не залежить від виду палива та включеної передачі у додатковій коробці. Подібне явище пояснюється тим, що в міських умовах величина технічної швидкості значною мірою обумовлена дорожньо-експлуатаційними умовами (станом дорожнього полотна, інтенсивністю руху транспорту, засобами регулювання дорожнього руху та іншими факторами).

Результати вимірювань у позаміських умовах показали, що при переведенні двигуна на газ динамічні властивості машин суттєво погіршуються. Уникнути цього погіршення вдається, якщо в трансмісію автомобіля ввести

додаткову коробку і одночасно з переведенням двигуна на газ включати знижувальну передачу в цій коробці.

Результатами експериментальних досліджень доведена адекватність прийнятих математичних моделей і встановлено, що диференціальне рівняння руху і математичну модель неусталеного руху доцільно використовувати при визначенні показників тягово-швидкісних властивостей автомобілів на міських маршрутах (похибки розрахунків для одних і тих же передаточних чисел додаткових коробок передач не перевищують відповідно 14,67 і 10,32%), а при визначенні середньої швидкості руху у позаміських умовах доцільно використовувати модель, для якої опір дороги задається ймовірнісним законом розподілу (похибка у розрахунках не перевищує 12,56%).

## ВИСНОВКИ

У процесі виконання роботи одержані такі результати:

1. Обґрунтована доцільність застосування газоподібного палива на автомобільному транспорті в Україні. Показано, що за своїми технічними характеристиками стиснений природний та зріджений нафтовий гази є високоякісними самостійними видами моторних палив.

2. Встановлено, що в ближчому майбутньому двигуни газобалонних автомобілів будуть двопаливними, тобто здатними працювати як на рідкому моторному, так і на газоподібному паливах. Для автомобілів більш перспективним є використання стисненого природного газу, запаси якого достатні для автомобільного транспорту на тривалий період.

3. Зменшення показників зовнішньої роботи двигунів при переведенні їх на газоподібне паливо обумовлює погіршення тягово-швидкісних властивостей газобалонних автомобілів. Особливо суттєве це погіршення у автомобілів, двигуни яких працюють на СПГ. У зв'язку з тим, що використання спеціальних газових двигунів у найближчі 15...20 років малореальне, слід шукати шляхи підвищення тягово-швидкісних властивостей цих автомобілів за рахунок оптимізації параметрів системи "двигун - трансмісія".

4. Розроблена методика аналізу взаємозв'язків між базовими конструктивними параметрами газобалонних автомобілів та їх тягово-швидкісними властивостями, за допомогою якої обґрунтовані раціональні параметри системи "двигун - трансмісія" газобалонного автомобіля. Визначені бажані передаточні числа трансмісій газобалонних автомобілів. Встановлено, що одним із шляхів підвищення показників тягово-швидкісних властивостей газобалонних автомобілів до рівня базових автомобілів із двигунами, які працюють на бензині, є встановлення в їх трансмісіях додаткових коробок з прямою та знижувальною передачами. Пряму передачу використовують при роботі двигуна на бензині, а знижувальну - при його роботі на газі.

5. Розроблена методика порівняльного аналізу і розрахунку основних показників тягово-швидкісних властивостей газобалонних автомобілів та практичні рекомендації щодо їх поліпшення:

- результатами розрахунків за допомогою різних математичних моделей доведено, що переобладнання автомобілів ГАЗ, ЗІЛ і "Волга" у газобалонні без зміни передаточних чисел трансмісії призводить до збільшення часу та шляху їх розганяння. При включенні знижувальної передачі в додатковій коробці передач шлях та час розганяння всіх автомобілів залишається майже незмінним. За критерієм динамічності переобладнані в газобалонні автомобілі з модифікованою трансмісією майже не поступаються автомобілям з бензиновими двигунами;

- встановлено, що за середньою швидкістю руху газобалонні автомобілі на будь-яких дорогах значною мірою поступаються автомобілям з бензиновими двигунами. Зменшення середньої швидкості руху складає до 28% на дорогах з твердим покриттям у задовільному стані. При включенні знижувальної передачі в додатковій коробці передач газобалонні автомобілі майже не поступаються автомобілям з бензиновими двигунами. Зменшення середньої швидкості руху не перевищує 7% (автомобілі ГАЗ) на дорогах з твердим покриттям;

- погіршення дорожніх умов призводить до суттєвого зменшення середніх швидкостей руху газобалонних автомобілів як при включенні прямої передачі в додатковій коробці передач, так і знижувальної передачі. Зокрема, для автомобілів ЗІЛ це зменшення складає відповідно 41,4% і

21%, для автобусів ЛАЗ – 49,4% і 28,3%, для автомобілів ГАЗ – 18% і 11%, для легкових автомобілів ГАЗ – 12,4% і 4,6%. Пояснюється це тим, що рух у важких дорожніх умовах здійснюється переважно на нижчих передачах у коробці передач, на яких ефект від знижувальної передачі у додатковій коробці передач незначний.

6. Розроблена методика експериментальних випробувань газобалонних спеціальних автомобілів, машин та механізмів для комунального господарства з перевіркою їх експлуатаційних властивостей. Наведеними результатами експериментів доведена доцільність модернізації трансмісії газобалонних автомобілів шляхом використання для них додаткових коробок від серійних автомобілів підвищеної прохідності того ж сімейства, що і газобалонні. Але в цих коробках слід змінити передаточні числа згідно з наведеними у дисертації рекомендаціями.

7. Співставленням результатів експериментальних досліджень і розрахунків за різними математичними моделями доведено, що диференціальне рівняння руху і математичну модель неусталеного руху доцільно використовувати при визначенні показників тягово-швидкісних властивостей автомобілів на міських міршrutaх (похибки розрахунків для одних і тих же передаточних чисел додаткових коробок передач не перевищують відповідно 14,67 і 10,32%). При визначенні середньої швидкості руху у позаміських умовах доцільно використовувати модель, для якої опір дороги задається ймовірнісним законом розподілу (похибка у розрахунках не перевищує 12,56% при значному скороченні машинного часу у порівнянні з іншими моделями).

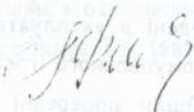
8. Розроблена нормативно-конструкторська документація, переобладнані в газобалонні та введені в експлуатацію 15 типів спеціальних автомобілів та машин для комунального господарства. Всі переобладнані в газобалонні машини пройшли попередні та приймальні випробування і рекомендовані як головні зразки для переобладнання в газобалонні наступних однотипних машин. Досвід багаторічної експлуатації переобладнаних у газобалонні спеціальних автомобілів, машин та механізмів дозволив зробити висновок, що ці машини при використанні газоподібного палива здатні успішно виконувати всі технологічні операції, для яких вони призначені, і

рухатися в транспортних потоках поряд з аналогічними машинами, двигуни яких працюють на традиційних видах палива.

З метою інтенсифікації науково-дослідних та експериментально-конструкторських робіт в Україні доцільно створити спеціальне конструкторське бюро та науковий центр з розробки нових об'єктів із двигунами, які працюють на газоподібному паливі.

Основні положення дисертації опубліковані в таких роботах:

1. Сахно В.П., Філіпова Г.А. Розвиток конструкцій газобалонних автомобілів та їх сучасний стан // Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів / Транспортна академія України. Праці західного наукового центру.- Львів - Трускавець, 1997.- Том IV.- С. 149-151.
2. Філіпова Г.А. До питання переобладнання спеціальних машин у газобалонні // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів / УТУ.- Київ, 1997.- Вип.3.- С.21-23.
3. Філіпова Г.А. Експериментальні дослідження тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності газобалонних автомобілів // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів / УТУ.- Київ, 1997.- Вип.3.- С.29-31.



## Аннотация

Филиппова Г.А. Повышение технико-эксплуатационных свойств газобаллонных автомобилей. - Рукопись. - Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.02 - автомобили и тракторы. Украинский транспортный университет, Киев, 1997.

В работе выявлены и исследованы особенности определения показателей тягово-скоростных свойств газобаллонных автомобилей, разработан комплекс показателей, их математическая модель и методика обоснования рациональных параметров системы "двигатель-трансмиссия", установлены оптимальные соотношения между передаточными числами трансмиссии для газобаллонных автомобилей общего и специального назначения.

Ключевые слова: автомобиль, показатели, тягово-скоростные свойства, газобаллонный, передаточные числа, математическая модель, установившееся, неустановившееся движение.

## Abstract

Filippova G.A. Improvement of technical - operational properties of gas cylinder automobiles. - Manuscript. - Thesis for the academic degree of candidate of science on speciality 05.22.02 - automobiles and tractors. Ukrainian Transport University, Kiyv, 1997.

This study revealed and investigated peculiarities of determination of traction - speed properties indicators for gas cylinder automobiles.

A set of indicators, their mathematical model and methodology of justification of rational parameters of engine - transmission system were developed. The optimal relation between transmission gear ratio for gas cylinder automobiles for general and special use was determined.

Key words: automobile, indicators, traction - speed properties, gas cylinder, gear ratio, mathematical model, steady, unsteady movement.

436617

АВ 37.897

Підп. до друку 1905,97. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Папір друк. № 1. Спосіб друку офсетний. Умовн. друк. арк. 1.0.  
Умовн. фарбо-відб. 1.0. Обл.-вид. арк. 1.0.  
Тираж 100кр. Зам. № 7-1628.

---

Фірма «ВІПОЛ»  
252151, Київ, вул. Волинська, 60.