



• © С.В. Дунь, канд. техн. наук (ПАТ “АвтоКрАЗ”)

ДОСВІД СТВОРЕННЯ ГАЗОБАЛОННОГО АВТОМОБІЛЯ КрАЗ ТА ЙОГО ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Анотація. Розглянуто конструкцію та технічні характеристики газобалонного автомобіля КрАЗ у порівнянні з аналогами. Наведено результати експлуатаційних випробувань автомобіля КрАЗ-5401К2. Зроблено розрахунки та визначено структуру експлуатаційних витрат газобалонного автомобіля у порівнянні з дизельним. Обґрунтовано доцільність застосування газобалонних автомобілів КрАЗ у комунальній та інших галузях народного господарства.

Ключові слова: вантажний автомобіль, газовий двигун, газобалонне обладнання, техніко-економічні показники автомобіля.

Аннотация. Рассмотрено конструкцию и технические характеристики газобаллонного автомобиля КрАЗ в сравнении с аналогами. Приведены результаты эксплуатационных испытаний автомобиля КрАЗ-5401К2. Проведены расчеты и определена структура эксплуатационных затрат газового автомобиля в сравнении с дизельным автомобилем. Обоснована целесообразность использования газовых автомобилей КрАЗ в коммунальной и других отраслях народного хозяйства.

Ключевые слова: грузовой автомобиль, газовый двигатель, газобаллонное оборудование, технико-эксплуатационные показатели автомобиля.

Annotation. The design and specifications of the gas truck KrAZ compared to the analogues have been studied. The results of performance tests of KrAZ-5401K2 truck are shown in the present document. The appropriate calculations have been made and the structure of the gas truck operating costs compared to the trucks with the diesel engine has been determined. The expediency of the use of the gas truck KrAZ in municipal and other national economy sectors is grounded.

Keywords: truck, gas engine, gas equipment, technical and operational characteristics of the truck.

Вступ

Зменшення витрат палива, застосування альтернативних його видів, підвищення екологічного рівня транспортних засобів є актуальною проблемою сьогодення. Етапи введення в Україні та у інших країнах екологічних норм вимагають від виробників автомобілів пошуку шляхів забезпечення виконання цих вимог як через вдосконалення конструкції транспортних засобів, оптимізацію робочих процесів двигуна, так і завдяки

застосуванню альтернативних видів палива. Експлуатуючі організації віддають перевагу автомобілям з низьким рівнем експлуатаційних витрат.

Одним зі шляхів досягнення високого екологічного рівня та низьких експлуатаційних витрат є застосування на автомобілях двигунів, які працюють на стисненому природному газі (далі – СПГ) – метані.

Парк газобалонних автомобілів, що працюють на СПГ, і автомобільних газонаповнювальних



Таблиця 1

Порівняльна характеристика газових двигунів

Виробник	Модель	Номінальна потужність, kW/hp	Максимальний момент, N·m/хв ⁻¹	Робочий об'єм, л	Номінальна частота обертання, хв ⁻¹	Мінімальна питома витрата газу g/kW·h	Екологічний рівень
KAMAZ	820.52-260	191/260	1080/(1300-1500)	11,76	2200	218	E2
Cummins	ISL G-300	224/300	1166/860	8,9	2100	-	E5
	CGe280	209/280	1220/900	8,9	2000	-	E5
Daimler	M 906 LAG	205/279	1000/1400	6,8	2200	183	E5
Iveco	AD 260 S 27 Y/ PS CNG	200/272	1050/1400	7,79	2100	-	E5
Shaanxi	NF10NG260E40	191/260	980/(1200-1600)	9,7	2200	195	E4
	NF10NG300E40	220/300	1230/(1200-1600)	9,7	2200	195	E4
Shanghai diesel	SC9DT320Q3	239/320	1200/1400	8,82	2200	-	E3
WEICHAI POWER	WP10NG280E30	206/280	1100(1300-1500)	9,726	2200	195	E3
	WP10NG300E30	220/300	1200(1300-1500)	9,726	2200	195	E3

компресорних станцій (АГНКС) у світі протягом останніх 10 років зріс більше ніж удесятеро. Україна входить у першу десятку країн світу за кількістю газобалонних авто, які перебувають в експлуатації. В державі розвинена інфраструктура для обладнання автомобілів газовими установками, присутня широка мережа АГНКС.

Здобутий досвід у цій сфері свідчить про доцільність широкого застосування газобалонних, зокрема вантажних, автомобілів.

Основна частина

Не зважаючи на досить високу вартість СПГ в Україні, тема застосування автомобілів із газовим

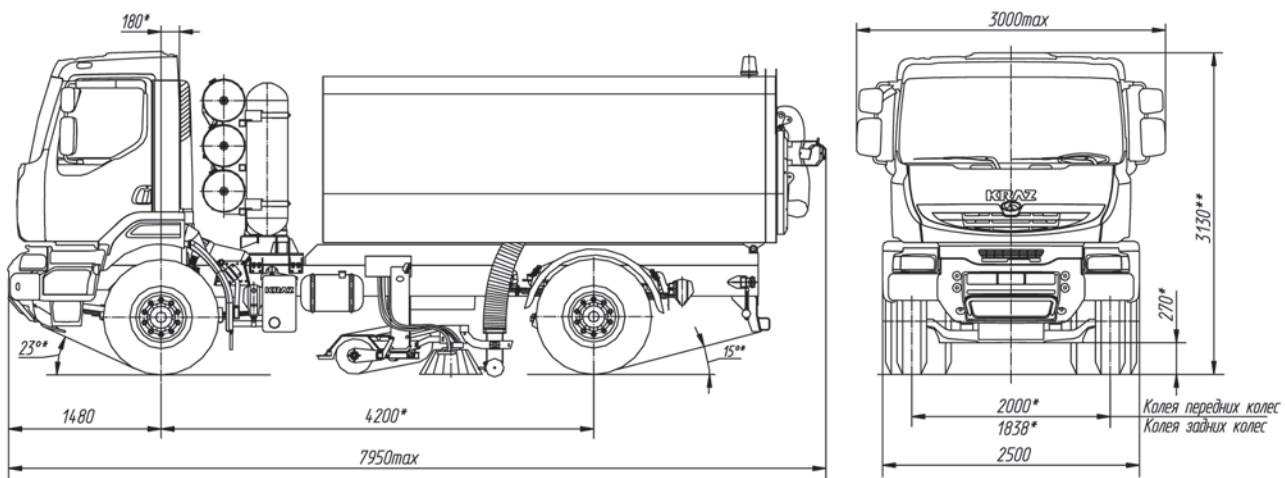


Рис. 1. Загальний вигляд та основні розміри комунального автомобіля КрАЗ-5401К2 з газовим двигуном



Порівняльна таблиця технічних характеристик газобалонного автомобіля КраЗ-5401К2 та його аналогів

Найменування показника	КраЗ-5401К2, з комунальним обладнанням	Аналоги		
		МАЗ-534003, бортовий (Білорусь)	КамАЗ-4308, комунальний МІНІРАС МК-2 (Росія)	Mercedes-Benz, комунальний Econic 1828 (Німеччина)
Колісна формула	4x2	4x2	4x2	4x2
Повна маса автомобіля, кг, в т.ч.: - на передню вісь, - на задній міст	20900	18000	11030	18000
	7900	7500	3500	7100
	13000	11500	7530	11500
Вантажопідйомність, кг	12300	8700	3030	5800
Маса спорядженого шасі, кг	8600	7450	7900	12100
Тип двигуна (екологічна норма)	ГР6НО (Е-5)	ГV6НО (Е-4)	ГР6НО (Е-5)	ГР6НО (Е-5)
Номінальна потужність двигуна, к.с./хв ¹	279/2200	285/2300	200/2700	279/2200
Максимальний крутний момент, Н·м/хв ¹	1000/1400	1200/1500	650/1250	1000/1400
Загальна місткість газових балонів, л	1155	805	360	-
Запас ходу на одній заправці, км	570	450	350	-
Максимальна швидкість, км/год	75	85	100	103
Монтажна довжина рами, мм	4800-6300	4570-5365	3790-5940	5300-6300
Позначення шин	315/80R22,5	315/80R22,5	245/70R19,5	315/70R22,5
Питома потужність автомобіля, к.с./т	13,24	11,32	10,32	15,5
Питома вантажність автомобіля, кг/кг	1,43	1,17	0,38	0,48

двигуном для організацій, які експлуатують вантажні автомобілі, є досить привабливою.

ПАТ "АвтоКраЗ", єдиний національний виробник вантажних автомобілів із повним циклом виробництва від їх розробки до складання, традиційно у своєму модельному ряді має вантажівки з дизельними двигунами. Однак за оцінкою спеціалістів підприємства та за результатами маркетингового аналізу ринків України та інших країн зроблено висновки щодо необхідності створення автомобілів КраЗ із газовими двигунами. Ці автомобілі найбільш ефективно застосовувати в комунальному секторі.

Згідно з планом дослідно-конструкторських робіт ще минулого року в ПАТ "АвтоКраЗ" розроблено конструкторську документацію, виготовлено дослідний зразок автомобіля з газовим дви-

гуном, який пройшов цикл заводських та експлуатаційних випробувань. За базову модель визначено автомобіль КраЗ з компоновальною схемою "кабіна над двигуном", колісною формулою 4x2, призначений під монтаж комунального обладнання. Однією з умов успішного використання автомобіля в експлуатуючих організаціях є правильний вибір газового двигуна, який може забезпечити високу економічність під час експлуатації машини. Із цією метою було проведено аналіз за технічними показниками моделей газових двигунів різних виробників (табл. 1).

За результатами аналізу було визначено за доцільне в базовій моделі газобалонного автомобіля КраЗ застосувати двигун Daimler M 906 LAG. На основі затвердженого технічного завдання було створено комунальний газобалонний автомобіль



Таблиця 3

Результати експлуатаційних випробувань комунального автомобіля КрАЗ-5401К2 з газовим двигуном

№ п/п	Параметри	Експлуатаційні показники	
		КП "Київавтошляхміст"	"Авдіївське ДЕУ" ДП "Донецький облавтодор"
1	Період експлуатаційних випробувань	06.10.-13.10.2013 р.	27.10.-02.11.2013 р.
2	Загальний пробіг автомобіля в період експлуатаційних випробувань, км	972	1120
3	Середній добовий пробіг автомобіля при роботі на лінії, км	89,7	64,0
4	Середня експлуатаційна витрата СПГ при роботі на лінії, м ³ /100 км	48,3	42, 2
5	Витрата СПГ при перегоні автомобіля в спорядженому стані за маршрутами від Кременчука до експлуатуючих організацій та назад, м ³ /100 км	32,5	32,4
6	Витрата палива автономним двигуном комунального обладнання, л/год	9,5	9,7
7	Температура навколишнього середовища, погодні умови в період експлуатаційних випробувань	+6 °С ... +16 °С, сухо, сонячно, перемінна хмарність	+9 °С ... +12 °С, сухо, перемінна хмарність, тумани



Рис. 2. Автомобіль КрАЗ-5401К2 під час проведення експлуатаційних випробувань



Порівняльний аналіз експлуатаційних витрат для автомобіля КрАЗ-5401К2, обладнаного дизельним і газовим двигунами

№ п/п	Показники	Експлуатаційні витрати автомобіля КрАЗ-5401К2	
		з дизельним двигуном ЯМЗ-536-30	з газовим двигуном Daimler M 906 LAG
1	Вид палива, одиниця вимірювання	Дизельне пальне, літр	СПГ, м ³
2	Вартість палива (станом на період експлуатаційних випробувань), грн	9,94	6,6
3	Потужність двигуна, к.с.	312	279
4	Експлуатаційна витрата палива, л/100км (м ³ /100 км)	32	36,95
5	Собівартість 100 км пробігу, грн	318,08	243,87
6	Середньорічний пробіг, км	100000	100000
7	Річна витрата палива, л/рік (м ³ /рік)	32000	36949
8	Річні витрати на паливо, грн/рік	318080	243863
9	Періодичність заміни моторного мастила, км	30000	50000
10	Ціна 1 літра мастила, грн	35	39
11	Річна витрата мастила з урахуванням заміни та доливу, л/рік	128	80
12	Річні витрати на мастило, грн/рік	4480	3120
13	Атестація газобалонного обладнання, грн /рік	----	1080
14	Витрати на обслуговування, грн/рік	490	735
15	Витрати на запасні частини, грн/рік	1012	1408
16	Загальні річні витрати, грн/рік	324062	250206

КрАЗ-5401К2 колісної формули 4x2, призначений для обслуговування доріг (рис. 1). На автомобілі застосовано кабіну Renault Kerax Day, дводіпазонну 9-ступінчасту коробку передач 9JS119TA.

Основні технічні характеристики газобалонного автомобіля КрАЗ-5401К2 у порівнянні з технічними характеристиками автомобілів-аналогів наведено в табл. 2.

До опису технічних характеристик автомобіля КрАЗ-5401К2 необхідно додати таке. Зовнішній

мінімальний габаритний радіус повороту автомобіля складає 8,5 м.

Система живлення газовим паливом автомобіля КрАЗ-5401К2 складається з металевих газових балонів "Vitkovice Milmet S.A." (Польща), заправного пристрою, комплексу з'єднувальних фітінгів "Emer" (Італія) та газової арматури Swagelok (США).

У зимових умовах при температурах від -5 °С до -20 °С двигун запускається за допомогою

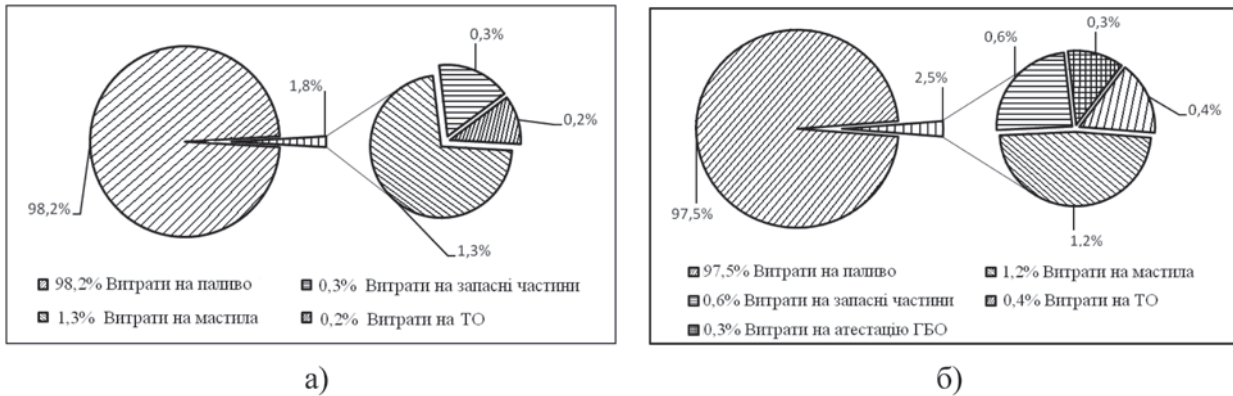


Рис. 3. Структура експлуатаційних витрат автомобіля КрАЗ-5401К2 з двигуном: а) дизельним ЯМЗ-536-30; б) газовим Daimler M 906 LAG

електричного нагрівального пристрою впускного колектора двигуна. Запуск двигуна за допомогою газового підігрівача проводиться при температурі повітря від -20°C і нижче.

Система випуску відпрацьованих газів обладнана каталітичним нейтралізатором.

Середній ресурс автомобіля до капітального ремонту в разі дотримання усіх правил експлуатації, складає 400 тис. км. Періодичність технічного обслуговування складає: ТО-1 – 10 тис. км, ТО-2 – 40 тис. км.

На виготовленому дослідному зразку автомобіля застосовано комунальне вакуумно-підмітальне обладнання Katmerciler (Турція). Бункер для перевезення сміття місткістю 8 м^3 . Розвантаження бункера механічне, самоскидне, з гідравлічним приводом. Установка має автономний двигун потужністю 85 кВт, дві дискові підмітальні щітки з правої та лівої сторони автомобіля, центральну циліндричну щітку, систему поливу доріг.

Необхідно зазначити, що за потреби замовника автомобіль КрАЗ-5401К2 може бути виготовлено з комунальним обладнанням і газовим двигуном інших виробників, каркасно-панельною кабіною виробництва ПАТ “АвтоКрАЗ” або ліцензійною кабіною MAN-F2000, з коробками передач Zahnradfabrik, EATON або Allison Transmission.

Подібне шасі або шасі 6x4 також призначене для монтажу на них фургонів, цистерн, обладнання для перевезення сміття, обслуговування й ремонту доріг, гідропідійомників, кранів та іншого обладнання комунального, будівельного та іншого призначення.

Комунальний газобалонний автомобіль КрАЗ-5401К2 проходив експлуатаційні випробування в КП “Київавтошляхміст” в період з 06.10.13 р. по

13.10.13 р. та в “Авдіївському ДЕУ” ДП “Донецький облавтодор” в період з 27.10.13 р. по 02.11.13 р. Автомобіль був задіяний в роботах по прибиранню прибордюрної частини доріг, мостів, дорожніх розв’язок в світлий та темний періоди доби (рис. 2). Керування автомобілем здійснювалося водієм-випробувачем Випробувального центру ПАТ “АвтоКрАЗ”.

Під час експлуатаційних випробувань пробіг автомобіля здійснювався:

- дорогами загального призначення з асфальтобетонним покриттям в хорошому стані – 80 % пробігу (під’їзні дороги до мостів і дорожні розв’язки, що характеризуються наявністю підйомів, спусків нахилом до 7 % та радіусами поворотів приблизно 20 м);

- дорогами загального користування з асфальтобетонним покриттям в незадовільному стані – 15 % пробігу (під’їзні шляхи до місць розвантажень);

- ґрунтовими розбитими дорогами – до 5 % пробігу (місця розвантажень на полігоні відходів).

Середня швидкість руху автомобіля на дорогах загального призначення з асфальтобетонним покриттям (вільний рух) склала 52 км/год (середні оберти двигуна 1500 хв^{-1}), в режимі прибирання доріг – 3 км/год (650 хв^{-1}).

Результати експлуатаційних випробувань комунального автомобіля КрАЗ-5401К2 з газовим двигуном наведено в табл. 3.

Найбільш цікавою інформацією в табл. 3 є витрата газового палива під час руху автомобіля КрАЗ-5401К2 в режимах перегону та прибирання вулиць. Для порівняння базова лінійна норма H_g витрати палива (СПГ) вантажними бортовими автомобілями, тягачами та самоскидами ЗіЛ та КамАЗ, які експлуатуються в Україні і Росії, складає від 23,5 до $37,5\text{ м}^3/100\text{ км}$ [2], [3]. Величина витрати газового палива автомобілем КрАЗ-5401К2, у порівнянні з витратою палива газобалонних



автомобілів КамАЗ та ЗіЛ, є дещо вища через його більшу вантажність.

Комунальний автомобіль КрАЗ-5401К2 призначений для виконання робіт в режимі підмітання вулиць і доріг. Для такого режиму характерні невелика середня швидкість та, у зв'язку з цим, підвищена витрата палива. Для порівняння базова лінійна норма H_{sc} витрати палива комунальних бензинових автомобілів на шасі ГАЗ і ЗіЛ, які експлуатуються в Україні, складає від 27 до 39 л/100 км в режимі пробігу та від 70 до 83,6 л/100 км в режимі підмітання доріг [3]. Порівнюючи витрату газового палива автомобіля КрАЗ-5401К2 в режимі підмітання доріг в період експлуатаційних випробувань (табл. 3) з витратою палива бензинових комунальних автомобілів можна зробити висновки, що експлуатація газового автомобіля КрАЗ-5401К2 економічніша ніж бензинових автомобілів, які експлуатуються комунальними підприємствами України.

Цікавим є порівняння експлуатаційних витрат автомобіля КрАЗ-5401К2 у його виконанні з газовим або дизельним двигунами. Проведені розрахунки показують, що загальні річні витрати на експлуатацію автомобіля КрАЗ-5401К2 з газовим двигуном значно менші ніж цього автомобіля з дизельним двигуном. У структурі річних експлуатаційних витрат (табл. 4, рис. 3) основну частку складають витрати на паливо, що, враховуючи меншу вартість СПГ, й зумовлює економічність експлуатації газового автомобіля.

Зазвичай газобалонні автомобілі приблизно на 30-40 % дорожчі ніж авто з дизельним двигуном. Це зумовлено більш високою вартістю газових двигунів та необхідністю застосування газобалонного обладнання. З метою обґрунтування доцільності застосування газобалонного автомобіля КрАЗ-5401К2 з двигуном Daimler OM 906 LAG проведено розрахунки техніко-економічних показників:

- коефіцієнт збільшення ціни автомобіля при застосуванні газового двигуна і газобалонного обладнання (відносно вартості дизельного автомобіля) — 1,35;

- коефіцієнт річних витрат на експлуатацію автомобіля (відносно вартості газобалонного автомобіля) — 0,079;



- коефіцієнт річного економічного ефекту від застосування газового двигуна (відносно вартості газобалонного автомобіля) — 0,090;

- період окупності в експлуатації витрат на установку газового двигуна — 2,6 роки.

Висновки

Вперше в Україні створено вантажний автомобіль КрАЗ-5401К2 з двигуном, що працює на СПГ, екологічного рівня Е-5 з прийнятними техніко-економічними показниками.

Не зважаючи на те, що ціна газобалонного автомобіля КрАЗ-5401К2 на 30-40 % вища ніж такого ж автомобіля в дизельному виконанні через більшу вартість газового двигуна та застосування газобалонного обладнання, в експлуатації досягається економічний ефект завдяки нижчій ціні СПГ.

Вартість газобалонного автомобіля КрАЗ-5401К2 може бути зменшена за рахунок застосування газових двигунів інших виробників та зменшення накладних витрат при серійному виробництві.

Поточні експлуатаційні витрати газобалонного автомобіля КрАЗ-5401К2, пов'язані з обслуговуванням та атестацією газового обладнання, становлять приблизно 5-7 % від загального обсягу експлуатаційних витрат, що суттєво не впливає на період їх окупності в експлуатації. Період окупності витрат на установку газового двигуна Daimler OM 906 LAG і газобалонного обладнання на комунальному автомобілі становить 2,6 роки.

Найбільш доцільне застосування газобалонного автомобіля КрАЗ-5401К2 в комунальному секторі, що обумовлюється розвинутою інфраструктурою мережі АГНКС в населених пунктах, низьким рівнем експлуатаційних витрат та високим екологічним рівнем автомобіля, що на сьогодні випереджає нормативні вимоги, які діють у нашій країні.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Новый МАЗ – под газ** [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.autocentre.ua/tr/tracks/news/novyy-maz-pod-gaz-13724.html>.

2. **Мусоровоз с задней разгрузкой MINIPAC МК-2** (газобаллонное шасси КАМАЗ-4308, 4x2) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kamaz.ru/ru/vehicle/restyling/special/mk2/>.

3. **Econic**. Mercedes-Benz. Каталог грузовых автомобилей. Спецвыпуск “За рулем”, журнал. – Москва, 2008. – № 2 (15). – С. 151.

4. **Наказ** Міністерства транспорту України від 10.02.98 р. № 43 “Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті”.

5. **Распоряжение** Минтранса РФ от 14 марта 2008 г. № АМ-23-р. “О введении в действие методических рекомендаций “Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте”.