

УДК 622.271:629.063.6

**Почужевський О.Д.**, канд. техн. наук  
(Державний ВНЗ «КНУ»)

**ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОДИЗЕЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ НА  
КОЛІСНОМУ ТРАКТОРІ К-701 ЯК ОДИН З НАПРЯМКІВ  
РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ЕКСПЛУАТУЮЧОГО ПІДПРИЄМСТВА**

**Почужевский О.Д.**, канд. техн. наук  
(Государственное ВУЗ «КНУ»)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОДИЗЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ НА  
КОЛЕСНОМ ТРАКТОРЕ К-701 КАК ОДИНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Pochuzhevsky O.D.**, Ph.D. (Tech.)  
(State HEI "KNU")

**USE OF GAS-AND-DIESEL POWER SYSTEM IN THE WHEELED  
TRACTORS K-701 AS ONE OF THE METHODS FOR SAVING  
RESOURCES BY EXPLOITING ENTERPRISES**

**Анотація.** У даній статті розглянуто результати натурних досліджень використання газобалонної установки на колісному тракторі загального призначення з підвищеною прохідністю К-701 під час виконання рекультивації земельних ділянок в агрегуванні з різними напівнавісними машинами.

В результаті аналізу експлуатаційних показників на суглинних ґрунтах з вологістю від 18 % до 28 % і твердістю від 0,6 МПа до 3,9 МПа було отримано економічний ефект від 66,7 % до 47,2 % тим самим підтвердивши доцільність використання газодизельної системи живлення на колісних тракторах. З негативних моментів слід зазначити незначне зростання трудомісткості та вартості технічного обслуговування.

На основі отриманих результатів, сформовані подальші напрямки досліджень щодо вдосконалення газобалонної системи живлення дизельних двигунів за рахунок використання мікропроцесорної системи для дозування подачі метану.

**Ключові слова:** трактор, газодизельна установка, газодизельне паливо, економія пального.

**Актуальність.** Сьогодні сплеск активності щодо використання альтернативних джерел енергії на транспорті – в кожній країні знаходиться на одному з перших місць. У першу чергу це пов'язано із систематичним щорічним здорожчанням світлих нафтопродуктів, а саме бензину та дизельного пального [1]. Особлива увага пов'язана саме з дизельним паливом, адже саме воно використовується: в сільськогосподарській та будівельній техніці, вантажних автомобілях і залізничному транспорті, морських і річних судах і т.ін.

Така увага навколо даного питання (в Україні та інших країнах світу) пов'язана з тим, що зростання вартості дизельного пального призводить до здорожчання всіх видів робіт, що виконує дана техніка та як наслідок кінцевої продукції.

У зв'язку з цим питання економії енергоресурсів затверджене в кожній країні на державному рівні.

В Україні це є розпорядженні Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145-р «Енергетична стратегія України на період до 2030 року».

Основні напрямки досліджень щодо зменшенню витрат пального, сконцентровані в напрямку вдосконалення конструкції двигунів та трансмісії машин, покращення експлуатаційних чинників, підвищення контролю за формування норм витрати паливно-мастильних матеріалів і т.ін. [2, 3, 4]. Однак більшість з них вимагають для досягнення достатнього економічного ефекту, вкладення великих матеріальних та трудових ресурсів і мають незначний. У зв'язку з цим, на сьогодні, одним з актуальних напрямків скорочення витрати дизельного пального є забезпечення роботи дизельних двигунів на суміші дизельного пального та газу (змішаному пальному). У якості останнього може бути використаний стиснений природній газ (метан) або зріджений нафтовий (пропан-бутанова суміш). Переваги використання газобалонного обладнання на дизельних машинах полягають у тому, що [1, 5]: економія дизельного пального може сягати 75-80%; завжди можна повернутися до 100%-го використання дизеля; знижується димність відпрацьованих газів від 2 до 4 разів; зменшуються викиди CO<sub>2</sub>; збільшується сумарний запас ходу транспортного засобу в 1,5-1,7 разів; покращується динаміка руху; зменшується тиск в блоках живлення паливом; підвищується ресурс двигуна; диверсифікація пального.

**Стан розробки питання.** При цьому використання газодизеля – не нове. Вперше використання газодизельного процесу згоряння пального запатентував у 1898 р. Р. Дизель. Однак практичне використання цей спосіб знайшов тільки з 1938 р., головним чином на стаціонарних двигунах [6].

Вантажівки із газодизельними двигунами колись вироблялися в СРСР серійно. Так, з 1987р. Камський автозавод випускав моделі «53208», «53217», «53218» і «53219» з атмосферними двигунами КамАЗ-7409.10. Паралельно велися роботи з доведення турбодизеля КамАЗ-7403 для роботи на бінарному пальному. Алеgrimнули перебудова і розпад СРСР, і роботи в цьому напрямку були припинені.

Роботи з газодизеля проводилися в Україні ще з радянських часів. У Київському транспортному університеті під керівництвом професора К.Є. Долганова групою фахівців був створений перший український газодизельний двигун, призначений для повсякденної експлуатації. Проте розвинути цей безумовний успіх у ті роки не вдалося.

Проте вже в 2003 році фахівці Київського політехнічного інституту в ході робіт з оптимізації газодизеля зуміли внести в базову конструкцію системи газодизеля ряд нововведень, завдяки яким вдалося істотно поліпшити основні технічні параметри і відкрити перспективу до дійсно масового застосування газодизеля. Це забезпечило можливість переобладнання транспортних дизелів в умовах автотранспортних підприємств.

Газодизельна система живлення широко використовується для атмосферних двигунів Ярославського моторного заводу (ЯМЗ-236.238.240). Крім цього вона використовується на сучасних автомобілях КамАЗ, БелАЗ.

Крім того, в наукових установах України та Росії проводили тестування вітчизняних тракторів (Т-150, Т-701, МТЗ, ДТ-75 та ін.) з газодизельною установ-

кою і підтвердили доцільність її застосування [5].

Зважаючи на те, що даний напрямок скорочення витрати дизельного пального на сьогодні є досить актуальним та перспективним, доцільно більш детально проаналізувати та дослідити результати випробувань машин оснащених газодизельною системою живлення.

У зв'язку з цим об'єктом досліджень обрано універсальну та багатфункціональну машину у вигляді трактора К-701. Адже саме цей вид техніки досить широко використовується: у сільському (рекультивация земель), лісному та комунальному господарстві, будівництві, промисловості та ін. Важливим моментом є те, що дана машина завдяки своїм підвищеним прохідним властивостям широко застосовується для рекультивации земель.

**Викладення матеріалу та результати.** Доцільність використання газодизельної системи живлення (газобалонної установки) на колісному тракторі К-701 засновано на дослідженні результатів протоколу випробувань № 03-52-05 (1010011) ФГУ «Владимирская государственная зональная машиноиспытательная станция» [7].

У даному випадку К-701 розглядався як трактор загального призначення, що застосовується на виконанні різних сільськогосподарських робіт (рекультивацию земель) з навісними, напівнавісними і причіпними машинами і знаряддями, в агрегаті з якими можна виконувати оранку, культивацию, боронування, посів, лушення стерні, безвідвальну обробку ґрунту та транспортні роботи.

На серійному зразку трактора К-701 (рис. 1) на задній напів-рамі двигуна змонтовано газобалонне обладнання (ГБО), яке дозволяє двигуну працювати на двох видах пального: дизельному та газодизельному (змішаному пальному - 20-30 % дизпаливо, 70-80% газ метан).



Рисунок 1 - Зовнішній вигляд трактора К-701 з газобалонною установкою

При цьому було розглянуто роботу трактора з трьома видами навісного обладнання: перший це плуг чизельний (ПЧ-4), другий - борона дискова (БДСТ-7,2), третій - агрегат комбінований ґрунтообробний (АПК-6).

Середня глибина обробки (см), закладення рослинних і поживних залишків (%), висота гребенів поверхні (см), а також продуктивність відповідно склали (га/г): 35,3 см, 10,0 %, 4,7 см, 3,15 га/год; 20,0 см, 83,1 %, 4,5 см, 6,89 га/год; 15,9 см, 90,0 %, 4,2 см, 7,47 га/год.

Умови експлуатації характеризувалися: ГБО монтувалося на трактор без зміни основних конструкційних параметрів трактора; налаштування ГБО відбувалося вручну; трудомісткість щозмінного газобалонного трактора складає 0,59 люд/год; роботи по монтажу і налаштуванню ГБО, а також експлуатація трактора з ГБО – проводилися з дотриманням всіх заходів безпеки.

Газобалонне обладнання трактора включає в себе: газові балони з арматурою (балони розділені на дві секції по 9 балонів у кожній), два газових фільтра, два електромагнітних клапана високого тиску, два редуктора високого тиску, двоступінчастий редуктор низького тиску, дозатор газу, змішувач, механізм установки запальної дози, заправний пристрій, шланги, трубки, електрообладнання, манометр, перемикач виду пального.

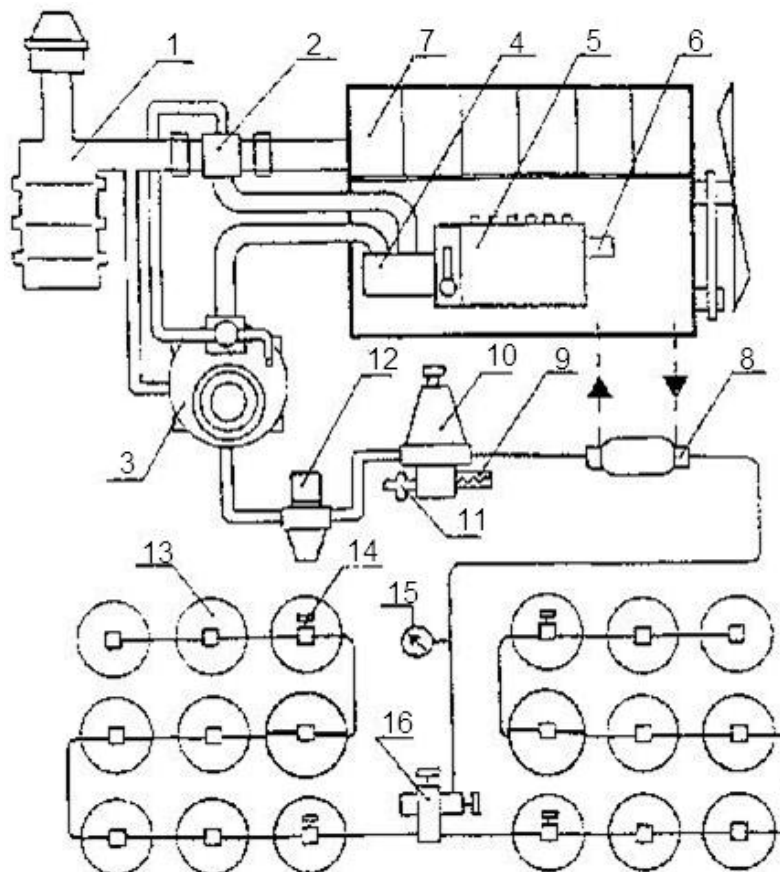
Слід зазначити, що ГБО не змінює габаритні розміри трактора К-701. Однак, у результаті переоснащення, було збільшено експлуатаційну масу трактора з 13500 до 14700 кг. Місткість одного газового балона становить 51 л, а усіх 18-ти - 918 л метану.

Робочий тиск у газових балонах при повній заправці досягає величини 20 МПа, з'єднання балонів у секціях послідовне. Заправка здійснюється через заправний пристрій.

При роботі двигуна на газодизелі, рейка паливного насоса високого тиску забезпечує тільки запальний дозу дизельного пального в камері згорання, необхідну для забезпечення займання суміші. Хід рейки обмежується механізмом запальної дози.

Подача газу в циліндри здійснюється через впускний колектор двигуна. Процес подачі відбувається в наступному порядку: з балонів обох секцій стиснений газ трубопроводами високого тиску подається до електромагнітних клапанів, попередньо пройшовши очищення від твердих домішок у фільтрах, після відкриття електромагнітних клапанів газ подається до редукторів високого тиску (РВТ), де відбувається зниження тиску газу до 0,8-1,2 МПа (8,0-12,0 кг/см<sup>2</sup>), при зниженні тиску в РВТ відбувається падіння температури газу, тому для його підігріву до РВТ подається рідина від системи охолодження двигуна гумовими рукавами (шлангами), після цього газ від двох редукторів високого тиску через трійник надходить до двоступінчастого редуктора низького тиску (РНТ), де відбувається подальше зниження тиску газу до величини рівної 20 мм водяного стовпа, далі газ надходить до дозатора, потім до змішувача і по впускному колектору в циліндри двигуна.

На рис. 2 зображено схему системи живлення трактора К-701.



1 - очисник повітря; 2 - змішувач; 3 - РНТ; 4 - дозатор; 5 - паливний насос високого тиску; 6 - обмежувач запальний дози рідкого палива; 7 - дизельний двигун ЯМЗ-240Н; 8 - підігрівач газу; 9 - запобіжний клапан; 10 - РВТ; 11 - датчик тиску; 12 - електромагнітний клапан-фільтр, 13 - балон; 14 - витратний вентиль; 15 - манометр; 16 - хрестовина із заправним і витратним вентильми

Рисунок 2 - Схема системи живлення газодизеля трактора К-701

Однак для визначення загальних економічних витрат пального врахуємо під час використання ГБО витрати метану, а також прийемо середню вартість і щільність дизельного пального та метану - відповідно 18,0 грн/л і 0,85 кг/л, 10 грн/м<sup>3</sup> і 0,59 кг/м<sup>3</sup>.

Провівши аналіз отриманих даних (табл. 1) встановлено, що у складі з агрегатом ПЧ-4, БДСТ-7,2 та АПК-6 досягнуто:

– збільшення робочої швидкості руху К-701 з 7,59 до 7,73 км/год, з 9,2 до 9,84 км/год і з 9,9 до 10,1 км/год, що відповідно складає 1,8, 6,5 і 2,0 %;

– зростання технологічної продуктивності трактора з 2,68 до 2,72 га/год, з 5,84 до 6,21 га/год і з 6,59 до 6,7 га/год, відповідно складає 1,5, 6,0 і 1,6 %;

– зменшення споживання дизельного пального відповідно на 77,3, 70,3 і 79,2 %, при цьому під час використання газодизеля з'явилися витрати метану відповідно 4,7, 4,54 та 4,01 кг/га або ж 2,8, 2,7 та 2,4 м<sup>3</sup>/га;

– зменшення сумарних витрат на обробку одно га відповідно з 261,9 до 146,5, з 115,8 до 95,6 і з 80,9 до 57,3 що відповідає економії на пальному у розмірі 66,7, 47,2 та 50,0 %.

Таблиця 1 – Результати випробувань роботи трактора К-701 на дизельному та газодизельному пальному

Тип пального	Вид робіт	Склад агрегату	Робоча швидкість, км/год	Технологічна продуктивність за год., га	Витрати пального на одиницю виконуваної роботи		Витрати на пальне ДП+(метан), грн/га
					метан, нм <sup>3</sup> /га (кг/га)	дизельне пальне, кг/га	
Дизельне пальне (ДП)	Безвідвальна обробка ґрунту	К-701 (ДП)+ПЧ-4	7,59	2,68	-	17,12	261,9
	Дискування ґрунту	К-701 (ДП)+БДСТ-7,2	9,2	5,84	-	7,57	115,8
	Обробка ґрунту комбінованим агрегатом під посів	К-701 (ДП)+АПК-6	9,9	6,59	-	5,29	80,9
Газодизель (ГД)	Безвідвальна обробка ґрунту	К-701 (ДП)+ПЧ-4	7,73	2,72	4,7 (3,31)	3,88	59,4+(87,1)=146,5
	Дискування ґрунту	К-701(ДП)+БДСТ-7,2	9,84	6,21	4,54 (3,20)	2,25	34,4+(61,2)=95,6
	Обробка ґрунту комбінованим агрегатом під посів	К-701(ДП)+АПК-6	10,1	6,7	4,01 (2,82)	1,1	16,8+(40,5)=57,3

При цьому незважаючи на значні економічні результати, слід пам'ятати що загальна ефективність (економія) буде трохи меншою, адже сюди слід додати та врахувати:

- збільшення трудомісткості і вартості ТО машин (трудомісткість ТО-1 збільшується з 3,87 до 4,0 люд-год, ТО-2 з 10,5 до 13,49 люд-год, а ТО-3 з 23,9 до 28,88 люд-год.);

- необхідність проведення підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу;

- проведення оновлення обладнання підприємства з експлуатації даної техніки для проведення і якісного ТО і ремонту машин.

- витрати пов'язані поточними ремонтами газодизельної системи та ін.

Необхідно також враховувати, що ефективність буде досягнуто через певний проміжок часу (термін окупності), який в середньому, при річному напрацюванні 1400 мото-год складає від близько 2 років. Також не слід забувати, що окрім скорочення витрати дизельного пального, газодизельний процес дозволяє досягти поліпшення екологічного стану агроєкосистеми, підвищення родючості ґрунтів, їх окультуреність, зниження забрудненості атмосферного повітря і землі, приріст біологічного та екологічного потенціалу сільськогосподарських культур.

Під час аналізу результатів випробувань трактора К-701 з газодизельною си-

стемою живлення було встановлено, що він в агрегаті з ґрунтообробними машинами надійно і якісно виконує технологічний процес.

Застосування газодизельного процесу роботи двигуна трактора економічно доцільно – за рахунок зниження витрат дизельного пального та екологічного ефекту.

Подальші дослідження передбачають можливість встановлення мікропроцесорної системи управління на газодизельний трактор К-701.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Золотницький, В.А. Автомобильные газовые топливные системы / В.А. Золотницький. – М.: АСТ, 2007. – 128 с.
2. Мельниченко, В.І. Способи поліпшення екологічних, паливних та потужнісних показників трактора Т-150К в умовах рядової експлуатації / В.І. Мельниченко // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. – Дніпропетровськ. - 2005. – Вип. 60. - С.183-186
3. Кухаренко, П.М. Всережимний регулятор газодизеля / П.М. Кухаренко., О.С. Бабич, В.О. Улексін // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. – Дніпропетровськ. - 2002. – Вип. 31. - С.133-136.
4. Volvo Goes With Gas in Diesel Engines [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL : <http://www.truckinginfo.com/article/story/2010/05/volvo-goes-with-gas-in-diesel-engines.aspx>. - Назва з екрана.
5. Про переваги газодизельного трактора. Газодизель: те саме паливо, але дешевше [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL : <http://www.zerno-ua.com/?p=10832>. – Назва з екрана.
6. Газодизель: економія на економічному [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <http://autoexpert.com.ua/stati/tehnologii-i-remont/4032-gazodizel-yekonomiya-na-syekonomlennom.html>. – Назва з екрана.
7. Протокол испытаний № 03-52-05 (1010011) Газобаллонный трактор К-701 от 07 декабря 2005 / ФГУ «Владимирская государственная зональная машиностроительная станция». Москва, 2005. - 7 с.

#### REFERENCES

1. Zolotnitsky, V.A. (2007), *Avtomobilnye gazovye toplivnye sistemy* [Automotive gas fuel systems], AST, Moscow, Russia.
2. Melnichenko, V.I. (2005), "Method polipshennya ekologichnih, palivnih that potuzhnistnih pokaznikov tractor T-150K in the minds of ryadovoi ekspluatatsii" *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 60, pp.183-186.
3. Kuharenko, P.M., Babich, O.S. and Uleksin, V.O. (2002), "Variable speed governors gas diesel" *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 31, pp .133-136.
4. Volvo Goes (2010), "With Gas in Diesel Engines", available at: <http://www.truckinginfo.com/article/story/2010/05/volvo-goes-with-gas-in-diesel-engines.aspx> , (Access 12.06.2015).
5. About the advantages of gas-diesel tractor (2013), "Gas diesel: the same fuel, but cheaper" available at: <http://www.zerno-ua.com/?p=10832>, (Access 12.06.2015).
6. Gas diesel: savings savings (2013), available at: <http://autoexpert.com.ua/stati/tehnologii-i-remont/4032-gazodizel-yekonomiya-na-syekonomlennom.html>, (Access 12.06.2015).
7. Test Report № 03-52-05 (2005), "Gas-cylinder tractor K-701", FSI "Vladimir State zonal engineering station." dated December 07, 2005, Moscow, Russia.

#### Про автора

**Почужевський Олег Дмитрович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри підйомно-транспортних машин, Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет» (Державний ВНЗ «КНУ»), Кривий Ріг, Україна, aax-forever@ya.ru.

#### About the author

**Pochuzhevskyy Oleg Oleg Dmitrievich**, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Associate Professor of the department hoisting and transportnyh machines, State Higher Educational Institution "Kryvyi Rih National University" (SHEI "KNU"), Krivoy Rog, Ukraine, aax-forever@ya.ru.

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены результаты натурных исследований использования газобаллонной установки на колесном тракторе общего назначения с повышенной проходимостью К-701 при выполнении рекультивации земель в агрегатировании с различными полунавесными машинами

В результате анализа эксплуатационных показателей на суглинистых почвах с влажностью от 18% до 28% и твердостью от 0,6 МПа до 3,9 МПа был получен экономический эффект от 66,7% до 47,2% тем самым подтвердив целесообразность использования газодизельной системы питания на колесных тракторах. Из негативных моментов следует отметить незначительный рост трудоемкости и стоимости технического обслуживания.

На основе полученных результатов, сформированы дальнейшие направления исследований по совершенствованию газобаллонной системы питания дизельных двигателей за счет использования микропроцессорной системы для дозирования подачи метана.

**Ключевые слова:** трактор, газодизельной установка, Газодизельное топливо, экономия горючего.

**Abstract.** This article describes results of the field research of the LPG container use in the wheeled tractor K-701 of general purpose with cross-country capacity when it was used for the land reclamation in aggregation with various semi-integral machines.

Analysis of the tractor operating on the loamy soils with moisture content between 18 % and 28 % and the soil hardness between 0,6 MPa and 3,9 MPa showed economic effect between 66,7 % and 47,2 % and, therefore, confirmed feasibility of the gas-and-diesel power system to be used in the wheeled tractors. Among the negative points, a slight increase of the complexity and cost of maintenance should be mentioned.

Basing on the findings, further research directions were formulated for improving the LPG power system in the diesel engines through the use of microprocessor-based systems for dosed methane supply.

**Keywords:** tractor, gas-and-diesel power system, gas-and-diesel fuel, fuel saving.

*Статья поступила в редакцию 14.09.2015*

*Рекомендовано к печати д-ром техн. наук М.С. Четвериком*