

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ В БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

В.С. Дмитренко, Л.І. Гасва, В.В. Дмитренко, Б.В. Григорчук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42351,
e-mail: public@nung.edu.ua

В Україні існує проблема зменшення витрати моторних палив у бензинових двигунах внутрішнього згорання. Вирішується ця проблема шляхом використання газового конденсату в якості альтернативного палива, що має високі фізико-хімічні і експлуатаційні показники і забезпечує збільшення моторесурсу двигуна в 1,5 рази.

Ключові слова: альтернативне паливо; газовий конденсат; двигун; відхідні гази.

В Украине существует проблема уменьшения затраты моторных топлив в бензиновых двигателях внутреннего сгорания. Решается эта проблема путем использования газового конденсата в качестве альтернативного топлива, которое имеет высокие физико-химические и эксплуатационные показатели и обеспечивает увеличение моторесурса двигателя в 1,5 разы.

Ключевые слова: альтернативное топливо; газовый конденсат; двигатель; отходные газы.

In Ukraine there is a problem of diminishing of expense of agile fuels in petrol combustion engines. This problem decides by the use of gas runback in quality an alternative fuel which has high physical and chemical and operating indexes and provides the increase in motor potential of the engine at 1,5 times.

Keywords: alternative fuel; gas runback; engine; exhaust-gass.

Багато країн світу, в тому числі і Україна, належать до країн, власний паливно-енергетичний ресурс яких значно менший, ніж цього вимагає їх внутрішня потреба. Тому такі країни потрапляють у пряму залежність від країни-постачальника енергоносіїв. А отже, в разі виникнення проблем з їх надходженням виникають труднощі в економіці країни, що в окремих випадках становить серйозну загрозу національній безпеці держави. Тому досить актуальною темою на сьогодні є пошук альтернативних палив, які б повністю замінили традиційний бензин і дизельне паливо чи уможливили їх здешевлення.

Альтернативні види рідкого та газового палива (надалі – альтернативні види палива) – рідке та газове паливо, яке є альтернативою (заміною) відповідним традиційним видам палива і виробляється (видобувається) з нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини. Наприклад, сировина рослинного походження, відходів, твердих горючих речовин, інших природних і штучних джерел та видів енергетичної сировини, у тому числі нафтових, газових, газоконденсатних і нафтогазоконденсатних вичерпаних, непромислового значення та техногенних родовищ, важких сортів нафти, природних бітумів, газонасиченої води, газогідратів тощо, виробництво (видобуток) і переробка яких потребує застосування новітніх технологій і які не використовуються для виробництва (видобутку) традиційних видів палива. До альтернативних видів рідкого палива належать :

- горючі рідини, одержані у ході переробки твердих видів палива (вугілля, торфу, сланців);
- спирти та їх суміші, оливи, інше рідке біологічне паливо, одержане з біологічної сировини (у тому числі з поновлюваних відходів

сільського та лісового господарства, інших біологічних відходів);

- горючі рідини, одержані з промислових відходів, у тому числі газових викидів, стічних вод, виливів та інших відходів промислового виробництва;

- паливо, одержане з нафти і газового конденсату, нафтових, газових, та газоконденсатних родовищ непромислового значення та вичерпаних родовищ, з важких сортів нафти та природних бітумів, якщо це паливо не належить до традиційного виду.

До альтернативних видів газового палива належать:

- газ (метан) вугільних родовищ, а також газ, одержаний у процесі підземної газифікації та підземного спалювання вугільних пластів;

- газ, одержаний під час переробки твердого палива (кам'яне та буре вугілля, горючі сланці, торф), природних бітумів, важкої нафти;

- газ, що міститься у водоносних пластах нафтогазових басейнів з аномально високим пластовим тиском, в інших підземних газонасичених водах, а також у газонасичених водоймищах і болотах;

- газ, одержаний з природних газових гідратів, та підгідратний газ;

- біогаз, генераторний газ, інше газове паливо, одержане з біологічної сировини, у тому числі з біологічних відходів;

- газ, одержаний з промислових відходів (газових викидів, стічних вод промислової каналізації, вентиляційних викидів, відходів вугільних збагачувальних фабрик тощо);

- стиснений та зріджений природний газ, зріджений нафтовий газ, супутний нафтовий газ, вільний газ метан, якщо вони одержані з газових, газоконденсатних та нафтових родо-

вищ не промислового значення та вичерпаних родовищ, які не належать до традиційних видів палива.

Газовий конденсат – це продукт, виділений із природного газу, є сумішшю рідких вуглеводнів, що містять більше 4 атомів вуглецю в молекулі [1, 2]. В природних умовах газовий конденсат являє собою розчин в газі більш важких вуглеводнів. Вміст газового конденсату в газах різних родовищ коливається від 12 до 700 см³ на 1 м³ газу. Виділений із природного газу за зниженого тиску і температури в результаті зворотної конденсації газовий конденсат за зовнішнім виглядом є безколірна або слабкофарбована рідина густиною 700-800 кг/м³ з температурою початку кипіння 30-70°C. Склад газового конденсату приблизно відповідає бензиновій або газовій фракції нафти або їх суміші. Газовий конденсат є цінною сировиною для виробництва моторних палив, а також для хімічної переробки. Видобування газового конденсату здійснюють шляхом зворотного закачування в пласт газу, очищеного від бензинової фракції. Для отримання конденсату із газу використовують масляну абсорбцію або низькотемпературну сепарацію. Для транспортування газового конденсату його стабілізують ректифікацією або витримують за атмосферного тиску і підвищеної температури для усунення легких фракцій. Практикується також постачання нестабільного газового конденсату трубопроводом під власним тиском на газобензинові заводи для забирання легких фракцій і кінцевої переробки.

В сучасних умовах газовий конденсат використовується для виробництва бензину на нафтопереробних заводах [3, 4, 5]. Але у ході експлуатації двигунів внутрішнього згоряння на стаціонарних установках і автомобілях у відриві від основної бази, цеху технологічного транспорту, та за відсутності бензину може виникнути необхідність у використанні газового конденсату, як палива для двигунів внутрішнього згоряння. Тому авторами були проведені лабораторні, стендові та експлуатаційні дослідження даного виду палива.

Об'єктом дослідження був газовий конденсат із свердловини, двигун внутрішнього згоряння ВАЗ-21011 із робочим об'ємом циліндрів 1,445 л, ефективною потужністю Ne=55 кВт, який експлуатувався в приміській зоні міста Івано-Франківська за третьою категорією умов експлуатації на дорогах з гравійним, асфальтовим вибоїстим покриттям у горбистій передгірській місцевості. Був використаний двигун після капітального ремонту, який був виконаний після пробігу автомобіля 280000 км з початку експлуатації, а об'єктом стендових досліджень був газовий конденсат і тяговий стенд К467М з двигуном ЗИЛ-130.

Циліндри розточено під ремонтний розмір і здійснено шліфування корінних і шатунних шийок колінчастого вала двигуна. Також був проведений капітальний ремонт автомобіля. Перед складанням виконаний мікрометраж основних деталей кривошипно-шатунного механізму двигуна: циліндрів, поршнів, поршневих

канавок і кілець, корінних і шатунних шийок колінчастого вала двигуна, а також деталей газорозподільного механізму: опорних шийок розподільного вала, стрижнів і втулок клапанів.

Перед запуском двигуна в дослідну експлуатацію було проведено технічне обслуговування через 1000 км і 3000 км із заміною оливи і фільтрів та наступним промиванням системи мащення двигуна. Подальші технічні обслуговування проводились через 10000 км із заміною оливи і фільтрів. Як мастило використовувалась олива всесезонна SAE 15W/40 API SL/CM. У ході експлуатації виконувалась оцінка експлуатаційних властивостей оливи лабораторним аналізом (методом «Оливної плями»). Оцінка технічного стану двигуна в процесі експлуатації проводилась компресометром.

Фізико-хімічні властивості газового конденсату досліджувались шляхом порівняння з властивостями стандартного бензину А-80. Після досягнення двигуном автомобіля граничного стану, що характеризувався підвищеною димністю, зниженням компресії до 0,7 МПа, підвищеною витратою палива до 10 л/100 км, автомобіль знімався, з експлуатації і проводилась його технічна експертиза. Оцінювання технічного стану проводилось за високо- низькотемпературними відкладеннями і зношуванням деталей кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів двигуна. Фізико-хімічні властивості газового конденсату наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні властивості газового конденсату і бензину А-80

Показник	Газовий конденсат	Бензин А-80
Мінеральні луги і кислоти	Відсутні	Відсутні
До перегонки взято, мл	100	
Відігнано, мл	96	
Залишок з втратами, не більше, %	4	4
Температура перегонки, °С:		
- початку кипіння	35	≥30
- 10%	58	≤75
- 50%	96	≤100
- 90%	170	≤190
- кінця кипіння	216	≤ 215
Тиск насичених парів P _н , кПа	20,1	≤ 79,9

За фракційним складом газового конденсату можна визначити температуру доквілля, за якої можливий легкий, задовільний пуск двигуна, або неможливість пуску.

Температура доквілля, за якої відбувається легкий пуск двигуна, визначається так:

$$t_{н.н.} \geq (t_{10\%} / 1,25) - 59 ; \quad (1)$$

$$t_{н.н.} = (58/1,25) - 59 = -12,6^\circ\text{C}.$$

Те саме для задовільного пуску

$$t_{3,n} \geq 0,679t_{10\%} - 61,5; \quad (2)$$

$$t_{3,n} \geq 0,679 \cdot 58 - 61,5 = -22,1^\circ\text{C}.$$

Температура доквілля, нижче якої практично неможливий пуск холодного двигуна визначається:

$$t_{n,n} \leq 0,657t_{10\%} - 61,5; \quad (3)$$

$$t_{3,n} \geq 0,657 \cdot 58 - 61,5 = -23,4^\circ\text{C}.$$

За температурою 10%-го википання бензину можна визначити також температуру доквілля, за якої можливе утворення парових пробок у системі живлення двигуна і перебої в його роботі за їх наявності

$$t_{n,n} \geq 2(t_{10\%} - 46,5); \quad (4)$$

$$t_{n,n} \geq 2(58 - 46,5) = 23^\circ\text{C}.$$

Температура 50%-го википання конденсату пов'язана прямолінійною залежністю з температурою горючої суміші у впускному трубопроводі, за якої закінчується прогрівання двигуна:

$$t_{u/c} = (t_{50\%} - 50)/2; \quad (5)$$

$$t_{u/c} = (96 - 50)/2 = 23^\circ\text{C}.$$

Залежність зміни динамічності автомобіля порівняно з умовно нормативною (%) від температури википання 50% конденсату має вигляд:

$$\Delta D = 100 - 25(t_{50\%} - 90)^{0,75}; \quad (6)$$

$$\Delta D = 100 - 25(96 - 90)^{0,75} = 4,2\%.$$

За температурою 90%-го википання конденсату можна визначити зміну робочого спрацювання деталей двигуна порівняно з нормальним:

$$\Delta_{3м} = 100 - 0,603(t_{90\%} - 160)^2, \quad (7)$$

$$\Delta_{3м} = 100 - 0,603(170 - 160)^2 = 97\%.$$

Отже, на основі наведених розрахунків можна зробити висновок, що конденсат, як автомобільне паливо, задовольняє вимогам стандарту (ДСТУ 4063-2001) за наведеними в таблиці 1 показниками. Він буде повністю випаровуватися і згоряти в двигуні, тож лако- і нагароутворення на деталях двигуна не буде, що забезпечить двигун від спрацювання.

Зміна динамічності двигуна є незначною.

Однак, газовий конденсат має меншу температуру випаровування, що призводить до утворення парових пробок у паливопроводах системи живлення у літній період експлуатації і порушення процесу сумішоутворення з повітрям і згоряння палива. При цьому в карбюраторі змінюється рівень палива у поплавцевій камері під тиском газу. Цей недолік усувається так: у каністру з газовим конденсатом заливається кип'яток ($t = 100^\circ\text{C}$) з розрахунку на 30 л газового конденсату 5 л води. Під час змішування води з газовим конденсатом останній починає кипіти, при цьому виділяється газ. Коли газовий конденсат охолоне, то між водою і газовим

конденсатом утворюється осад. Вода важча і тому опускається вниз. Треба обережно відокремити газовий конденсат від води, і тоді його можна буде застосовувати в системі живлення двигуна.

Інший спосіб підготовки газового конденсату в польових умовах полягає ось у чому: у бідон будь-якої ємності із вмонтованим тенем заповнюється газовий конденсат на 90% об'єму. Зверху відводиться трубка, яка проходить крізь охолоджувач. Ця система повинна бути герметичною. Під час кипіння утворюється газ, який надходить трубою і охолоджується, при цьому утворюється бензин, який трубою зливається в каністру, а важкі фракції залишаються в бідоні. Бензин використовується в системі живлення двигуна під час його роботи в реальних умовах експлуатації.

Характерним при використанні газового конденсату в двигуні є необхідність установлення пізнього запалення, що забезпечує бездетонаційні згорання палива і роботу двигуна, помірно зношування деталей кривошипношатунного механізму.

Таким чином, оцінка забруднення деталей поршневої групи двигуна свідчить, що високотемпературні відкладення (нагари, лаки) на днищі і юбці поршня то в поршневих канавках мають сірий і світлокоричневий колір, що нагадує технічний стан поршнів під час роботи на стандартному бензині А-80.

Низькотемпературні відкладення на деталях двигуна – оливний піддон, сітка оливозабірника, пружини газорозподільного механізму і кришка головки блока циліндрів є незначні і близькі до таких при роботі на стандартному бензині А-80.

За час експлуатаційних випробувань зношування циліндрів склало 0,4 мкм/1000 км пробігу, а зношування колінчастого вала – 0,2 мкм/1000 км, що забезпечило пробіг автомобіля 240000 км, що в 1,5 рази більше пробігу на бензині.

При проведенні досліджень на стенді тягових властивостей в лабораторії ІФНТУНГ авторами визначено витрату палива при використанні суміші газового конденсату і бензину А-80 ТУ У 00149943.501-98 в різних пропорціях. Результати отримані при дослідженнях наведено в таблиці 2.

Обробку отриманих результатів здійснюємо за наведеними нижче формулами і результати підрахунків (обчислення) заносимо в таблицю 3.

Годинна витрата палива G_T , визначається за формулою:

$$G_T = A \cdot \frac{\Delta G_T}{T_{ек}}, \quad (8)$$

де: A – коефіцієнт, рівний 3,6 якщо $T_{ек}$ виражено в секундах;

ΔG_T – маса палива, що витрачена за час $T_{ек}$, г.

Ефективна потужність двигуна N_e , визначається за формулою:

Таблиця 2 – Результати досліджень суміші бензину і газового конденсату на стенді тягових властивостей K467M

№ з/п	Назва параметрів	Величина		
1	Вміст газового конденсату в паливній суміші, %	0	50	100
2	Об'єм палива, що витрачений за час $T_{ек}$, мл	1000	1000	1000
3	Маса палива що витрачена, г	745	745	745
Без навантаження				
4	Час за який витрачено паливо, сек	532	487	417
5	Вміст CO у відхідних газах, %	1,5	1,4	1,2
6	Вміст CH у відхідних газах, $\times 100$ млн ⁻¹	14	15	18
Під навантаженням				
7	Покази ваги навантаження, кг	5	5	3
8	Час, за який витрачено паливо, сек	301	267	252
9	Вміст CO у відхідних газах, %	1,7	1,8	1,6
10	Вміст CH у відхідних газах, $\times 100$ млн ⁻¹	15	15	16

Таблиця 3 – Результати стендових випробувань

№ з/п	Назва параметрів	Величина		
1	Вміст газового конденсату в паливній суміші, %	0	50	100
Без навантаження				
2	Годинна витрата палива G_T , кг/год	5,04	5,51	6,43
Під навантаженням				
3	Годинна витрата палива G_T , кг/год	8,91	10,04	10,64
4	Ефективна потужність двигуна N_e , кВт	7,35	7,35	4,41
5	Питома витрата палива, г/(кВт·год)	1212,24	1365,99	2412,70

$$N_e = C_2 \cdot P_T \cdot n_T, \quad (9)$$

де: C_2 – постійна величина, що дорівнює $C_2 = 0,735 \cdot 10^{-3}$;

P_T – покази ваги навантаження, кг;

n_T – число обертів електродвигуна навантаження, с⁻².

Величину питомої витрати палива, г/(кВт·год), визначаємо за формулою:

$$g_e = \frac{10^3 \cdot G_T}{N_e}. \quad (10)$$

У результаті проведення досліджень на стенді K467M з двигуном ЗИЛ-130 під час його роботи на холостому ході і за допомогою газоаналізаторів 121 ФА-01(CO) і 123 ФА-01 (CH) було отримано значення витрати палива і вмісту CO і CH у відхідних газах в залежності від вмісту в паливі газового конденсату, залежність яких зображена на рисунках 1-3.

Отже, як видно із графіків, зі збільшенням відсоткового вмісту газового конденсату у паливі вміст оксидів вуглецю (CO) у відпрацьованих газах зменшується, але незначно зростає в них кількість вуглеводнів (CH). Однак таке їх незначне зростання знаходиться в межах норми [6]. Також можна спостерігати незначне збільшення витрати палива зі збільшенням вмісту газового конденсату, проте враховуючи його низьку ціну, це збільшення є несуттєвим.

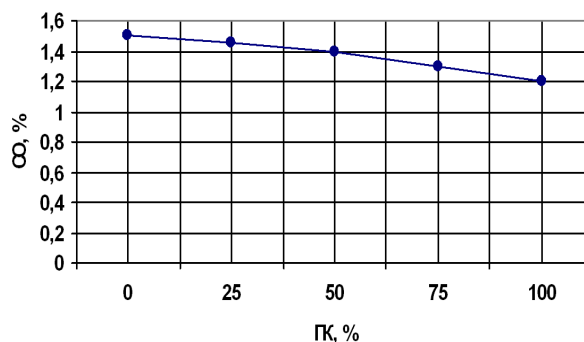


Рисунок 1 – Графік зміни показників CO у відпрацьованих газах двигуна залежно від вмісту в паливі ГК

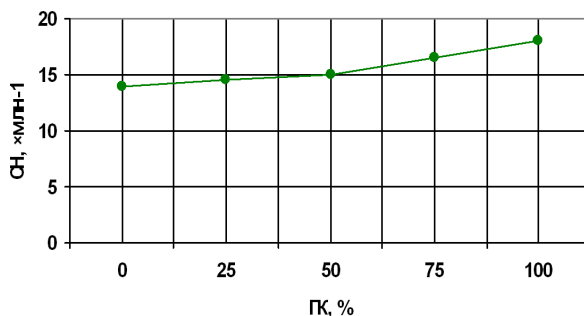


Рисунок 2 – Графік зміни показників CH у відпрацьованих газах двигуна залежно від вмісту в паливі ГК

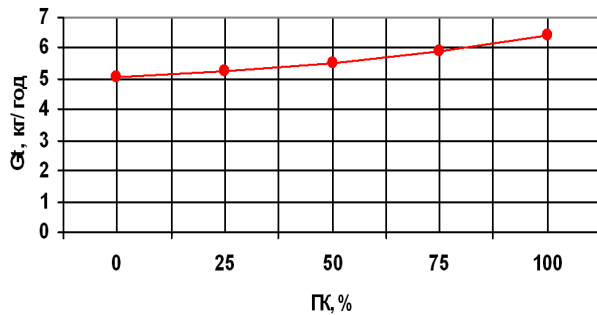


Рисунок 3 – Графік зміни годинної витрати палива G_T на двигуні ЗІЛ-130 залежно від вмісту в паливі ГК

Література

1 Великовский А.С. Газоконденсатные месторождения / А.С. Великовский, В.В. Юшкин. – М.: ГОСИНТИ, 1959. – III с.

2 Руководство по добыче, транспорту и переработке природного газа: под редакцией Ю.П. Коротаяева и Г.В. Пономарева. – М.: Недра, 1965. – 676 с.

3 Гаєва Л.І. Використання експлуатаційних матеріалів і економія паливно-енергетичних ресурсів [Текст] / Л.І. Гаєва, М.В. Гордійчук. – Івано-Франківськ: Факел, 2001. – 274 с. – ISBN 966-7327-56-6.

4 Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування. Технологія: підручник / О.А. Лудченко. – К.: Вища шк., 2007. – 527 с. – ISBN 978-966-642-351-4.

5 Горючие, смазочные материалы [Текст]: Энциклопедический толковый словарь-справочник; ред.-упоряд. М. Школьников. – М.: Техинформ, 2007. – 545 с. – ISBN 966-7327-55-5.

6 ДСТУ 4277-2004. Норми і методи вимірювань вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі. – К.: Держстандарт України 2004. – 8 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
27.09.10*

*Рекомендована до друку професором
Середюк М.Д.*