

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ В БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Дмитренко В.С., Гасва Л.І., Негри В.В., Федик І.М.,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

В Україні існує проблема зменшення витрати моторних палив в 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.

Вступ. 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 в пряму залежність від країни-постачальника енергоносіїв. А отже, в разі виникнення проблем з їх постачанням виникають складнощі в економіці країни, а в окремих випадках це 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.

Актуальність досліджень. Альтернативні види рідкого та газового палива (надалі – альтернативні види палива) – рідке та газове паливо, яке є альтернативою (заміною) відповідним традиційним видам палива і яке виробляється (видобувається) з нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини. Нетрадиційні джерела та види енергетичної сировини – сировина рослинного походження, відходи, тверді горючі речовини, інші природні і штучні джерела та види енергетичної сировини, у тому числі нафтові, газові, газоконденсатні і нафтогазоконденсатні вичерпані, непромислового значення та техногенні родовища, важкі сорти нафти, природні бітуми, газонасичені води, газогідрати 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 під час переробки твердих видів палива (вугілля, торфу, сланців);

- спирти та їх суміші, олії, 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 природніх 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 родовищ не промислового значення та вичерпаних родовищ, які не належать до традиційних видів палива.

Постановка задачі. Газовий конденсат являє собою продукт, який виділений із природного газу і являє собою суміш рідких вуглеводнів, які 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 при зниженому тиску і температурі в результаті зворотньої конденсації газовий конденсат по зовнішньому вигляду є безколірна або слабофарбована рідина густиною 700...800 кг/м³ з температурою початку кипіння 30...70°. Склад газового конденсату приблизно відповідає бензиновій або гасовій фракції нафти або їх суміші. Газовий конденсат є цінна сировина для виробництва моторних палив, а також для хімічної переробки. Добування газового конденсату здійснюють із зворотнім закачуванням в пласт газу, який очищений від бензинової фракції. Для отримання конденсату з газу використовують масляну абсорбцію або низькотемпературну сепарацію. Для доставки газового конденсату паливним транспортом його стабілізують ректифікацією або витримують при атмосферному тиску і підвищеній температурі для усунення легколетючих фракцій. Практикується також доставка нестабільного газового конденсату по трубопроводу під власним тиском на газобензинові заводи для забирання легколетючих 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 згорання 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 згорання. Тому були проведені лабораторні, стендові та експлуатаційні дослідження даного виду палива.

Результати досліджень. Об'єктом дослідження був газовий конденсат із свердловини, двигун внутрішнього згорання ВАЗ-21011 із робочим об'ємом циліндрів 1,445 л, ефективною потужністю $N_e = 55$ кВт, який експлуатувався в приміській зоні міста Івано-Франківська по третій категорії умов експлуатації на дорогах з гравійним, асфальтовим вибоїстим покриттям і 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 було виконано 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.

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 (кк)	216	≤ 215
Тиск насичених парів P_n , кПа	20,1	$\leq 79,9$

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

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА
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.

За фракційним складом газового конденсату можна визначити температуру довкілля, за якої можливий легкий, задовільний і неможливий пуск двигуна.

Температура довкілля, при якій відбувається легкий пуск двигуна визначається:

$$t_{nn} > (t_{10\%} / 1,25) - 59, \quad (1)$$

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

Те саме для задовільного пуску

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

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

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

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

$$t_{nn} \leq 0,657 \cdot 58 - 61,5 = -23,4^\circ.$$

За температурою 10% википання бензину можна визначити також температуру довкілля, за якої можливе утворення парових пробок у системі живлення двигуна і перебої в його роботі за рахунок парових пробок

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

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

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

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

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

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% википання конденсату можна визначити зміну робочого спрацювання деталей двигуна порівняно з нормальним:

$$\Delta_{зм} = 100 - 0,03(t_{90\%} - 160)^2, \quad (7)$$

$$\Delta_{зм} = 100 - 0,03(170 - 160)^2 = 97\%.$$

Отже, на основі наведених розрахунків можна сказати, що конденсат, як автомобільне паливо, задовольняє вимогам стандарту (ДСТУ4063-2001) за наведеними в таблиці 1 показниками. Він буде повністю випаровуватися і згоряти в двигуні, зміна динамічності двигуна є незначною, лако- і нагаороутворення на деталях двигуна і їх значного спрацювання не буде проходити.

Звідси видно також, що газовий конденсат має меншу температуру випаровування, що призводить до утворення парових пробок у паливопроводах системи живлення у літній період експлуатації, порушення процесу сумішоутворення з повітрям і згоряння палива. При цьому в карбюраторі змінюється рівень палива у поплавцевій камері карбюратора під тиском газу у циліндрі, і рівень палива збільшується. Цей недолік усувається так: у каністру з газовим конденсатом заливається вода – кип'яток ($t^\circ\text{C} = 100^\circ\text{C}$) з розрахунку на 30 л газового конденсату 5 л води. Під час змішування води з газовим конденсатом останній починає кипіти і при цьому виділяється газ. Коли газовий конденсат охолоне, то між водою і газовим конденсатом утворюється осад. Вода важча і опускається вниз. Треба акуратно відокремити газовий конденсат від води і тоді його можна застосовувати в системі живлення двигуна.

Інший спосіб підготовки газового конденсату в польових умовах полягає ось у чому: заповнюється газовий конденсат у бідон будь-якої ємності із вмонтованим у нього теном на 90%. Зверху відводиться трубка, яка проходить крізь охолоджувач. Ця система повинна бути герметичною. Під час кипіння утворюється газ, який поступає трубкою і охолоджується, при цьому утворюється бензин, який трубкою 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, роботу двигуна і помірні зноси деталей кривошипно-шатунного механізму.

Таким чином, оцінка забруднення деталей поршньової групи двигуна показала, що високотемпературні відкладення (нагари, лаки) на днищі і юбці поршня і в поршньових канавках мають сірий і світлокоричневий колір, що близько до технічного стану поршнів при роботі 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 випробовувань знос циліндрів склав 0,4 мкм/1000 км пробігу, а знос 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 ми визначили витрату палива при використанні суміші газового конденсату і бензину А-80 ТУ У 00149943.501-98 в різних пропорціях. Результати, отримані під час досліджень наводимо в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати досліджень суміші бензину і газового конденсату на стенді тягових властивостей К467М

№п/п	Назва параметрів	Величина		
1	Вміст газового конденсату в паливній суміші, %	0	50	100
2	Об'єм палива, що витрачений за час Тек, 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 СО в відхідних газах, %	1,5	1,4	1,2
6	Вміст СН в відхідних газах, $\times 100 \text{ млн}^{-1}$	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 СО у відхідних газах, %	1,7	1,8	1,6
10	Вміст СН в відхідних газах, $\times 100 \text{ млн}^{-1}$	15	15	16

Обробку отриманих результатів здійснюємо за нищенаведеними формулами, і результати обрахунків 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, що 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:

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

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, c^{-2}

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

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

Таблиця 3 – Результати обрахунків стендових випробувань

№п/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

В результаті проведення досліджень на стенді К467М з двигуном ЗИЛ-130 при його роботі на холостому ході і за допомогою газоаналізаторів 121 ФА-01(СО) і 123 ФА-01 (СН) було отримано значення витрати палива і вмісту СО і СН в відхідних газах, в залежності від вмісту в паливі газового конденсату, залежність яких показана на рисунках 1-3.

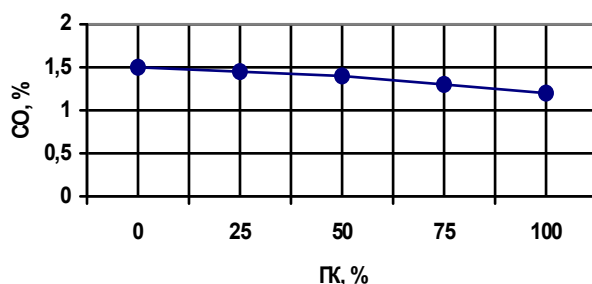


Рисунок 1 – Графік зміни показників CO у відпрацьованих газах двигуна залежно від вмісту в паливі ГК

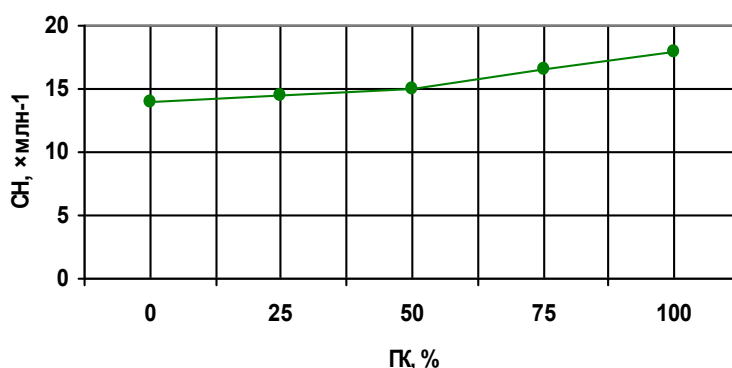


Рисунок 2 – Графік зміни показників СН у відпрацьованих газах двигуна залежно від вмісту в паливі ГК

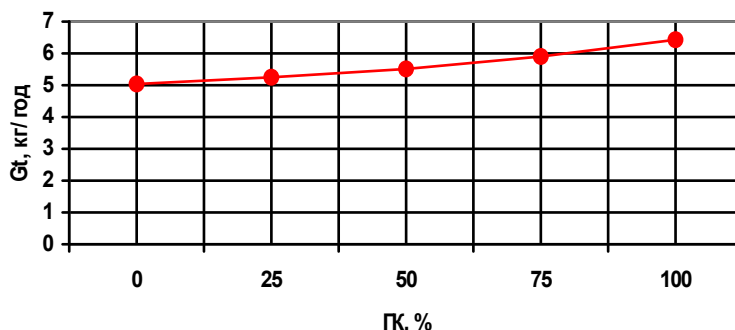


Рисунок 3 – Графік зміни годинної витрати палива G_T , на двигуні ЗИЛ-130 залежно від вмісту в паливі ГК

Висновок. На основі наведених вище розрахунків можна зробити висновок про те, що газовий конденсат, як автомобільне паливо, відповідає вимогам що наведені в таблиці 1. Під час експлуатації він буде повністю випаровуватися і згоряти в двигуні, динамічність двигуна майже не змінюється, лако- і нагаороутворення на деталях двигуна не буде. Також газовий конденсат має меншу температуру випаровування, що призводить до утворення парових пробок у паливопроводах при високих температурах навколишнього середовища, але цей недолік можна усунути.

Отже, як видно із графіків, при збільшенні процентного вмісту газового конденсату в паливі вміст оксидів вуглецю (CO) у відпрацьованих газах

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА зменшується, але незначно зростає в них кількість вуглеводнів (СН). Однак таке їх незначне зростання знаходиться в межах норми [6]. Також можна спостерігати незначне збільшення витрати палива зі збільшенням вмісту газового конденсату, але, враховуючи його низьку ціну, це збільшення є несуттєвим.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Великовський А. С. Газоконденсатные месторождения / А. С. Великовский, В. В. Юшкин. – М., 1959.
2. Руководство по добыче, транспорту и переработке природного газа. – М., 1965.
3. Гаева Л. І. Використання експлуатаційних матеріалів і економія паливно-енергетичних ресурсів [Текст] /Л. І. Гаева, М. В. Гордійчук. – Івано-Франківськ : Факел, 2001. – 274 с.
4. Дудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування. Технологія : Підручник / О. А. Дудченко. – К. : Вища шк., 2007. – 527 с.
5. Горючие, смазочные материалы [Текст] : энциклопедический толковый словарь-справочник [ред.-упоряд. М. Школьников]. – М. : Техинформ, 2007. – 545 с.
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., 2004. – 8 с.

Дмитренко В.С., Гаевая Л.И., Негри В.В., Федык И.М. ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА В БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

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 раза.

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

Dmytrenko V.S., Gayeva V.S., Negry V.V., Fedyk I.M. RESEARCH IN USING GAS RUNBACK IN PETROL INTERNAL COMBUSTION ENGINES

There is a problem of diminishing expenire of agile fuels in petrol combustion engines in Ukraine. This problem can be solved by using gas runback as alternative fuel which has high physical, chemical and operating indexes and provides increase in motor potential of the engine by 1,5 times.

Key words: alternative fuel; gas runback; engine; exhaust-gas.