

УДК.621.432.3:662.766.31/38

Ємець Б.В.**Поліщук О.С.***(Житомирський національний агроекологічний університет)***Ємець Т.В.***(Міський ліцей Житомирського державного технологічного університету)***Янович В.П.***(Вінницький національний аграрний університет)*

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРОВАНОГО ГАЗОВОГО ПАЛИВА ДЛЯ ТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ.

Рассматриваются перспективы создания, определение показателей работы и основных размеров газогенераторных установок для тракторных двигателей. Определение показателей работы и основных размеров газогенераторных установок сделано по методике Токарева Г.Т. с учетом современных исследований в системе проектирования тракторных двигателей.

The paper considers the perspectives of designing gas-generating plants for tractor engines. The indices and basic parameters of gas-generating plants are determined on the basis of Tokarev techniques with respect to modern research in the sphere of designing tractor engines.

Вступ

В останні роки, шукаючи альтернативу дорогим та токсичним нафтопродуктам, інженери та науковці значно розширили поле свого пошуку. Використання в якості палива для двигунів автомобілів природного стиснутого або зрідженого нафтового газу стало традиційним. В літературі [5, 6] загальні експлуатаційні затрати для автомо-білів з такими установками визначено в межах 50...60грн/100км. Це значно менше ніж експлуатація автомобілів на бензині (90...100грн/100км), але можливе використання і більш дешевого палива для автотракторних двигунів. Це газифіковані в газогенераторних установках, які можуть бути встановлені безпосередньо на тракторах та автомобілях, місцеві види палива для багатьох регіонів України (в тому числі Полісся) - деревина, торф, солома, тощо [6,9,11]. Ці види палива вважають альтернативними нафто-продуктам, поряд з природним газом [3,4,7,9,10,14,15,інші] чи рапсом [2,4,7,9], як в ближньому, так і в дальньому зарубіжжі. І тому підтвердження - визначені загальні експлуатаційні затрати при роботі двигунів на біомасі - 20...30грн/100км [6].

Створення газогенераторних двигунів входить в пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки відповідно до завдань державних наукових і науково-технічних програм, визначених Міністерством освіти і науки України. Так, в Державній науково-технічній програмі за номером 5.5 „Ресурсозберігаючі та енергоефективні технології машинобудування” є напрям „Розробка технологій конвертації двигунів на альтернативні види палива”.

Постановка завдання

Серійний випуск та експлуатація газогенераторних автомобілів та тракторів був згорнутий в кінці 60-х років попереднього століття. Одну з основних причин цього заходу вказано в літературі [1]: „Принциповим недоліком використання твердих палив для автомобілів є значне зменшення потужності двигуна в порівнянні з роботою його на бензині.” В цілому потужність зменшувалася до 40% в залежності від конструктивних змін двигуна. При сучасному розвитку техніки є можливість позбутися цього недоліка - через встановлення турбонаддуву, або ж взагалі у випадку

використання систем впорскування палива. Дещо знівельованим виглядає недолік втрати потужності для дизельних двигунів, через те, що на суміші генераторного газу та повітря ці двигуни, із збереженням робочого процесу внутрішнього сумішоутворення, працювати не можуть. Робоча суміш має, крім генераторного газу і повітря містити, за попередніми дослідженнями, до 30% дизельного пального по об'єму до складу суміші. Теплотворна здатність цієї суміші буде значно вищою аніж газоповітряної ($570\text{ккал}/\text{м}^3$ [1]), яка служила паливом для серійних автомобілів 60-х років ХХ століття.

Основна мета, з якою проводиться дослідження з даної теми - розглянути перспективи створення газогенераторних установок для тракторних двигунів.

Основна частина

Робота за переведенням тракторних дизелів на живлення газом перебуває в початковій стадії, на рівні дослідних зразків і партій [13]. З 2000 року, відбулися в цьому напрямку розвитку тракторобудування деякі зрушення - це, наприклад, розроблений МГАУ ім. В.П. Горячкіна спільно з Володимирським тракторним заводом газодизельний трактор Т-25А (рис. 1 [14]).

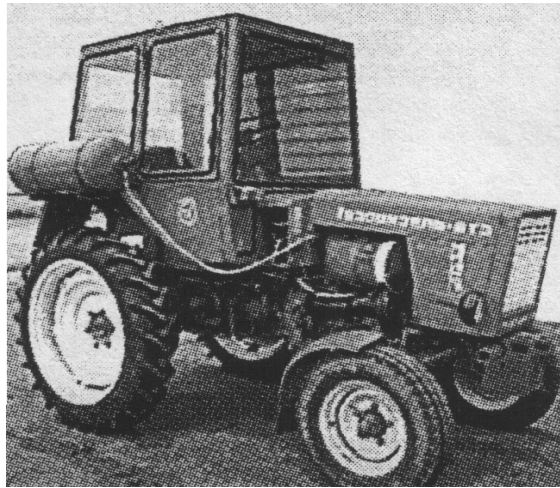


Рис. 1. - Газодизельний трактор Т-25А.

Система живлення трактора включає вузли, що випускаються серійно для подачі газу та додатково наступні пристрої: стандартний побутовий балон для пропан-бутанових сумішей місткістю 50 л, гнучкий гумовий шланг на металевій основі, який з'єднує балон і випаровувач газу, редуктор низького тиску, електромагнітний клапан з фільтром газоподібного палива, дозатор подачі газу, газоповітряний змішувач, блок регулювання подачі дизельного палива і газу, контрольні прилади(манометр тиску газу в першій ступені редуктора низького тиску та контрольна лампочка, що сигналізує про подачу газу) та тумблер включення режиму роботи двигуна. Перераховані вузли виготовляються в заводських умовах дрібносерійного виробництва.

Трактор успішно пройшов випробування в ЦМІС на транспортних роботах, в теплицях „підсобне господарство Нінуліне” Істринського району та на дослідному полі ФГНУ „Росінформагротех”. Газова установка змінює масу по осям на 1%. В середньому навантаження на праве заднє колесо збільшилось на 30 кг, на праве переднє - на 10 кг. автори зазначають, що трактор Т-25А з газовою установкою економить дизельне паливо на 50-60%, а також при його роботі у відпрацьованих газах зменшується найбільш токсичний компонент - оксид азоту до норм ГОСТ 17.2.2.05-97 для приміщень з обмеженим теплообміном. Використання одного такого трактора економить дизельне паливо до 3000...4000кг в рік [14].

Підсумовуючи вище розглянуте, можна відзначити, що в подальшому газове паливо може скласти альтернативу нафтопродуктам. Процес використання газогенераторного газу в якості пального для тракторів в деяких моментах подібний до природного газу, тому при проектуванні тракторів з газогенераторними установками є можливість порівнювати з газодизелем на базі трактора Т-25А. В літературі [13,14], за системою живлення, газові двигуни класифікують на: двопаливні, однопаливні та газорідинні. Двигуни з генераторними установками для бензинових автомобілів слід відносити до двопаливних, через те, що система живлення їх універсальна, вона включає дві системи живлення: газом та рідким паливом - бензином. Тракторні газогенераторні установки, без зміни конструкції та робочого процесу їх двигунів, в першу чергу необхідно відносити до газорідинних, через те, що їх системи живлення будуть працювати на суміші з частини рідкого палива (дизельного палива) і частини газоповітряної суміші.

Про робочий процес газорідинних двигунів достатньо висвітлено в літературі [1,2,4,7,8,10,12,13,14,15 тощо]. Він передбачає одночасне використання дизельного та газоподібного палива. Газ через змішувач подається до впускного трубопроводу. Професор Костецький В.Г. вважає, що газ можна подавати безпосередньо до повітроочисника двигуна. З впускного трубопроводу газ, в суміші з повітрям, потрапляє до циліндрів двигуна. Газ порівняно з дизельним паливом має вищу температуру самозаймання ($480-600^{\circ}\text{C}$), тому на дизелях за реальних для них ступенів стиску самозаймання газоподібних палив здійснити не можна. У зв'язку з цим робочу суміш у циліндрах газодизеля запалюють від дози дизельного палива. В кінці такту стиску до циліндра впорскується дизельне паливо, що виконує роль іскри запалювання. Вище ми зазначали, що його потрібно до 30% від об'єму суміші, хоча в деякій літературі [13] відмічається, що достатньо 20%. В подальшому двигун працює як дизель. В цьому способі є суттєві переваги: не потребує докорінної зміни конструкції, значно знижується токсичність відпрацьованих газів (менший вміст сажі, оксиду азоту тощо), і як зазначено в праці [13] - є змога одержати високі потужність та економічність.

Газогенераторний газ в балонах під тиском зберігати дуже важко через його багатокомпонентність, тому утворення його має бути в газогенераторній установці безпосередньо на тракторі чи автомобілі [1,5,6,8,11,12]. Щоб визначити основні параметри газогенераторних установок, необхідно визначити теплотворну здатність суміші, на якій буде працювати газодизель, для цього можна використати наступну формулу [1,13]:

$$Q = \frac{Q_H}{1 + \alpha \cdot L_o}, \text{ ккал/м}^3 \quad (1)$$

де Q_H - нижча теплотворна здатність палива, ккал/м^3 ;

α - коефіцієнт надлишку повітря;

L_o - теоретична необхідна кількість повітря для згоряння суміші, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

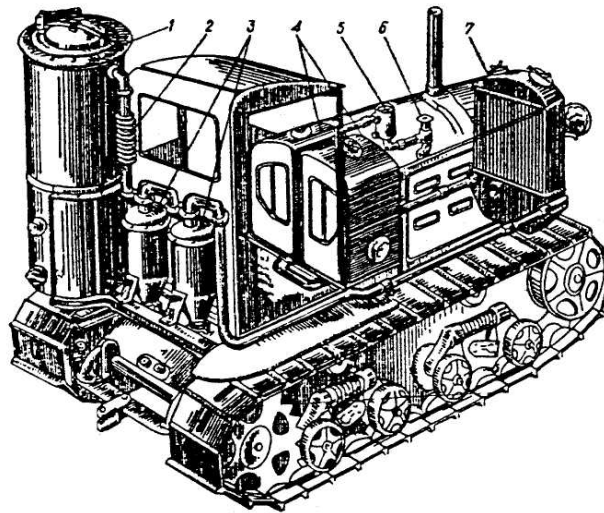
В літературі [13] рекомендують розраховувати за формулою (1) окремі складові суміші: газу, бензину чи дизельного палива. Коли визначиться теплотворна здатність окремих складових, то можна визначити відносну втрату теплотворної здатності суміші через заміну частини рідкого палива за наступною формулою:

$$E = \frac{Q^{P.П.} - Q^Г}{Q^{P.П.}} \cdot 100, \quad (2)$$

де $Q^{P.П.}$ і $Q^Г$ - відповідно теплотворні здатності рідкого палива та газу.

В доповнення до вище розглянутого приведемо важливий висновок: потужність двигуна, що переведено на газ, можливо в більшості своїй зберегти завдяки підбору кількості дизельного палива, що знаходиться в суміші з газоповітряною сумішшю [13].

Серійні трактори з газогенераторними установками були гусеничні (див. рис. 2 трактор ХТЗ-НАТИ Т2Г), по причині більш раціонального розміщення складових (позиції 1-7 рис. 2) установки на тракторі.



- 1 – газогенератор; 2 – компенсатор переміщення; 3 – фільтри грубого очищення газу;
4 – фільтри тонкого очищення газу; 5 – вологовідкремлювач; 6 – змішувач;
7 – радіаторний охолоджувач газу

Рис. 2. - Загальний вигляд газогенераторної установки трактора ХТЗ-НАТИ-Т2Г:

Один з основних показників роботи двигунів на дизель-газоповітряній суміші - це кількість суміші, необхідної для робочого процесу:

$$V_{см} = 0,03 \cdot V_h \cdot n \cdot \eta_V, \text{ м}^3 / \text{год} \quad (3)$$

Підставивши значення параметрів (з таблиці 1) для різних марок двигунів отримуємо кількість суміші, необхідної при робочому процесі: для Д-240 - $249,5 \text{ м}^3 / \text{год}$; А-41 - $273,8 \text{ м}^3 / \text{год}$; СМД-66 - $443,3 \text{ м}^3 / \text{год}$.

Таблиця 1

Дані для розрахунку показників роботи двигунів

Марка двигуна	Число циліндрів i	Робочий об'єм $V_h, \text{л}$	Число обертів кол. вала $n, \text{об/хв}$	Коефіцієнт наповнення циліндрів η_V	Коефіцієнт надлишку повітря α	Ступінь стиску ϵ
1	2	3	4	5	6	7
Д-240	4	4,75	2200	0,70	1,1	16
А-41	4	7,45	1750	0,70	1,1	16,5
СМД-66	6	9,15	1900	0,85	1,25	15

Як бачимо цей показник залежить, в першу чергу, від робочого об'єму двигунів. А для двигуна СМД-66, в системі живлення якого присутній турбонаддув, також від показників процесу наддуву. Але значення цих коефіцієнтів прийнято дещо нижче ніж

атмосферних дизельних двигунів, без використання газових установок, по причині вищої температури робочої суміші, а охолодити генераторний газ, в умовах мобільних транспортних засобів, не можна нижче $25-30^{\circ}\text{C}$ [5,6,8,11,12].

Індикаторні та ефективні показники роботи двигунів, що розглядались вище, було визначено за відомими методиками, отримані дані в таблиці 2 [1,8,13,15].

Якщо прийняти, що основне паливо, яке буде використовуватися в газогенераторній установці - деревина та її похідні, то за методикою Токарева Г.Г. вихід сухого газу з цього палива - $2,54\text{ м}^3/\text{кг}$ [12].

Продуктивність газогенераторної установки можна визначити з формули:

$$V_z = 0,03 \cdot K / (1 + \alpha \cdot L_o) \cdot V_h \cdot n \cdot \eta_V, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4)$$

де K - коефіцієнт приведення температури та тиску генераторного газу перед робочим процесом до нормальних умов: 0°C та 760 мм.рт.ст. , з методики Токарева Г.Г. $K = 0,92$ [12].

При необхідності несистемні одиниці - „к.с.“, „кг/см³” тощо, що використовувалися в методиці Токарева Г.Г. [12] можна перевести в одиниці системи СІ - „кВт”, „МПа” і т.д.

Таблиця 2

Показники роботи двигунів на суміші генераторного газу та частково дизельного палива

Марка двигуна	Середній індикаторний тиск	Індикаторний ККД	Індикаторна потужність	Індикаторна витрата палива	механічний ККД	Середній ефективний тиск	Ефективна потужність	Витрата палива	Питома витрата палива
	P_i , МПа	η_i	N_i , кВт	q_i , $\frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$	η_M	P_e , МПа	N_e , к.с.	G_T , $\text{кг}/\text{год}$	q_e , $\frac{\text{кг}}{\text{к.с.} \cdot \text{год}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Д-240	0,853	0,462	73,02	1,367	0,631	0,539	62,6	99,8	1,594
А-41	0,861	0,466	31,68	1,358	0,688	0,592	85,7	124,5	1,453
СМД-66	1,018	0,454	144,75	1,392	0,721	0,734	141,8	201,5	1,421

На основі показників робочого процесу двигунів, що досліджуються, можна розрахувати основні розміри газогенераторних установок для них.

Основу розрахунку газогенератора складає визначення розмірів камери газифікації, їх визначимо за методикою Токарева Г.Г. [12]. Діаметр камери газифікації визначають:

$$D_k = 1130 \cdot \sqrt{\frac{G_T}{q}}, \text{ мм} \quad (5)$$

де q - напруженість горіння, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$.

Для деревини в літературі [8,12] напруженість горіння q визначають в межах $500 \div 900\text{ кг}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$. Для вибраних нами двигунів визначимо діаметр камери газифікації D_k для граничних значень напруженості горіння, результати в таблиці 3. Діаметр горловини камери газифікації в газогенераторі визначимо як [12]:

$$d_z = \frac{D_k \cdot q}{1450}, \text{ мм} \quad (6)$$

Висоту активного шару палива в камері газифікації газогенератора розраховують [12]:

$$H_3 = \frac{127 \cdot V_k \cdot N_e}{D_k^2}, \text{ мм} \quad (7)$$

де V_k - питомий об'єм камери газифікації, л/к.с.

Цю величину приймають на основі експериментальних даних серійних газогенераторних установок, в нашому випадку знаходиться в межах 1,1–1,4 л/к.с.

Тип газогенератора буде вибрано - обернений. Основна причина цього - при такому типі газогенератора крекінгуються в більшості своїй смоли, які є в складі деревини. При цьому типі газогенератора діаметр бункера, що обігривається газом, береться на 40...60 мм менше ніж діаметр корпусу, який рівний діаметру камери попелу. Діаметр корпусу, висота бункера приймається з габаритних умов монтажу генератора на тракторі. При заданому діаметрі визначають запас ходу або тривалість роботи газогенератора в годинах без довантаження палива.

Періодичність довантаження бункера газогенератора визначається за формулою:

$$t_6 = 0,9 \cdot \frac{V_6 \cdot \gamma_T}{G_T}, \text{ год} \quad (8)$$

де 0,9 - коефіцієнт допустимого використання палива в бункері; V_6 - об'єм бункера в літрах; γ_T - насипна вага палива, яка становить для дров та торфу 0,3–0,35 кг/л [12].

Питомі об'єми грубих очисників змінюються, для напівстаціонарних умов (для тракторів [8]) в межах 3–4 л/к.с. [12]. Для вибраних двигунів та їх розрахованих ефективних потужностей N_e підраховано об'єми цих очисників, величини їх в таблиці 3.

Таблиця 3

Основні розміри складових газогенераторних установок двигунів

Марки двигунів	Границі основних параметрів	Газогенератор				Грубий очисник-охолоджувач			Радіаторний охолоджувач	
		Діаметр камери газифікації	Діаметр горловини	Висота активного шару	Періодичність довантаження	Питомі об'єми грубих очисників-охолоджувачів	Об'єм грубих очисників-охолоджувачів	Висота корпусу грубих очисників-охолоджувачів	Питомі поверхні охолодження радіаторного охолоджувача	Поверхня охолодження радіаторного охолоджувача
		D_k , мм	d_g , мм	H_3 , мм	t_6 , год	$\frac{\text{л}}{\text{к.с.}}$	л	мм	$\frac{\text{м}^2}{\text{к.с.}}$	м^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Д-240	max	504,8	233,6	3,60	2,2	4	250	7,5	0,08	5,01
	min	376,3	174,1	2,69	1,7	3	188	5,7	0,07	4,38
А-41	max	563,9	260,9	3,71	2,1	4	343	8,9	0,08	6,86
	min	420,3	194,4	2,76	1,6	3	257	6,7	0,07	6,00
СМД-66	max	717,3	331,8	3,81	1,9	4	567	11,3	0,08	11,34
	min	534,6	247,3	2,84	1,4	3	425	8,5	0,07	9,99

В праці [12] приведено і інші експериментальні дані, наприклад питомі площі охолодження, для радіаторних охолоджувачів. Тому тут велике поле для оптимізації визначення розмірів очисників.

Крім того при виготовленні дослідного лабораторного зразка тракторної газогенераторної установки (див. рис. 3) було встановлено, що об'єм зварювальних робіт найбільший з поміж усіх їх видів. Тому необхідно було знайти найбільш раціональний підхід до вирішення цього завдання. З величини визначеного об'єму грубого очисника газу можна, задавшись радіусом r , визначити висоту корпусу h за формулою:

$$h = \frac{V}{\pi \cdot r^2}. \quad (9)$$

Відповідно до завдання роботи визначимо довжину зварних швів l циліндричних корпусів газогенераторної установки:

$$l = 4 \cdot \pi \cdot r + h. \quad (10)$$

Необхідно було вирішити задачу оптимізації - довжина зварних швів повинна бути якнайменша. Для цього підставлено у формулу (10) визначений вираз для висоти циліндра h з формули (9) та отримано:

$$l(r) = 4 \cdot \pi \cdot r + \frac{V}{\pi \cdot r^2}, \quad 0 < r < \infty \quad (11)$$

З математичної точки зору дане завдання зводилось до визначення такого значення r , при якому функція $l(r)$ досягає свого найменшого значення. Для цього необхідно знайти похідну від даної функції:

$$l'(r) = 4 \cdot \pi - \frac{2 \cdot V}{\pi \cdot r^3} = \frac{2}{\pi \cdot r^3} \cdot (2 \cdot \pi^2 \cdot r^3 - V). \quad (12)$$

Далі необхідно дослідити знак похідної функції $l'(r)$. При $0 < r < r_1$, де $r_1 = \sqrt[3]{\frac{V}{2 \cdot \pi^2}}$, похідна від'ємна і функція $l(r)$ спадає, при $r_1 < r < \infty$ похідна додатна і функція $l(r)$ зростає. Отже, найменшого значення ця функція досягає в точці $r = r_1$, в якій її похідна перетворюється в нуль. Тому радіус і висота циліндра, найкращого з точки зору мінімальності функції $l(r)$, визначається за формулами:

$$r_1 = \sqrt[3]{\frac{V}{2 \cdot \pi^2}}, \quad (13)$$

$$h_1 = 2 \cdot \pi \cdot r_1. \quad (14)$$

При цьому:

$$l(r_1) = 3 \cdot \sqrt[3]{4 \cdot \pi \cdot V} \leq l(r). \quad (15)$$

На підтвердження теоретичних досліджень в Житомирському національному агро-екологічному університеті, в лабораторіях відповідного профілю, проводяться експерименти з встановлення газогенераторних установок на різні двигуни тракторів та автомобілів. З тракторних двигунів це Д-240, СМД-66. Для більш широких досліджень необхідні значні кошти, які в повному обсязі зараз лабораторіями не можуть бути отримані.

Поки ж газогенераторна установка в складі: газогенератор, грубий очисник-охолоджувач, радіаторний охолоджувач, трубопроводи, вентилятор, блок з дросельною заслінкою, гнучкі шланги, кріпильні елементи - розміщалися на тракторі ДТ-175С (див. рис. 3). Основне завдання попередніх досліджень - з'ясувати основні питання з можливості розміщення установки на сучасному гусеничному тракторі та перевірити потужність, яку буде розвивати двигун на суміші дизельного палива та генераторного газу з повітрям, порівняти її з теоретичною.



Рис. 3. - Встановлення газогенераторної установки на трактор ДТ-175С.

Для виконання цього завдання на тракторі ДТ-175С зроблені наступні конструктивні зміни (див. рис. 3):

- знято основний паливний бак трактора, це дало змогу вивільнити місце над лівою гусеницею, розміри якого: ширина - 0,6м, довжина - 1,4м;
- замість знятого бака трактор дообладнано меншим, місткістю 50л;
- знято кожух акумуляторної батареї (позаду кабіни трактора), для самої акумуляторної батареї можна знайти місце в задній частині кабіни трактора, в крайньому випадку акумуляторну батарею можна не переносити, але змінити форму її кожуха;
- знято інструментальний ящик із заднього кінця правого крила трактора, звільнено площадку розміром: ширина - 0,35м, довжина - 0.68м;
- в кабіну, з лівого боку, проведено привод дросельної заслінки регулювання кількості надходження генераторного газу;
- до електродвигуна вентилятора підведено живлення від джерел електричної енергії трактора;
- встановлено кріплення для трубопроводу підведення газу на повітроочиснику;
- закріплено основні частини газогенераторної установки на тракторі: газогенератор - позаду кабіни, на правому крилі; грубий очисник-охолоджувач - позаду кабіни, на лівому крилі; радіаторний охолоджувач, вентилятор - над лівою гусеницею, на місці знятого основного паливного баку.

Основні моменти з дослідження двигуна СМД-66:

- ✓ потужність двигуна, заміряна в режимі холостого ходу, менша теоретичної на 14%, що зв'язано в першу чергу з невстановленими режимами роботи турбокомпресора та регулятора паливного насоса високого тиску;
- ✓ необхідні ґрунтовні дослідження роботи регулятора паливного насоса високого тиску для забезпечення часткового впорскування дизельного палива в циліндри двигуна;
- ✓ необхідні ґрунтовні дослідження режимів роботи турбокомпресора з нагнітання газоповітряної суміші, в складі якої генераторний газ з температурою не менше 25–35°С.

Висновки

1. Приклад одного з перших на просторі ближнього зарубіжжя газодизельного трактора на базі Т-25А показує значні перспективи цього типу силових машин.

2. Широко висвітлений в літературі робочий процес газодизельних двигунів є основою для їх проектування.

3. Є переваги в експлуатації газогенераторного виду газодизелів - немає необхідності в пошуку газонаповнювальних станцій, яких в сільській місцевості практично немає, а установка генерації газу монтується безпосередньо на машині.

4. Екологічні та економічні показники газогенераторних тракторів не поступаються показникам трактора Т-25А з установкою природного газу.

5. Перспективи встановлення газогенераторних установок на трактори є, в першу чергу, в гусеничних тракторів та енергонасичених колісних тракторів загального призначення.

6. В даному дослідженні розширено методику Токарева Г.Т. за рахунок розрахунку ряду додаткових показників дійсного робочого процесу автотракторних двигунів.

7. На основі показників робочого процесу дизелів з газогенераторними установками розраховують основні розміри складових цих установок.

8. Теоретично визначені розміри пристроїв газогенераторних установок показано у вигляді значень в деяких границях. Це дає можливість до універсалізації та уніфікації пристроїв газогенераторних установок - максимальні розміри пристроїв для одного двигуна - можуть сприйматися як мінімальні для іншого.

9. Для продовження більш ґрунтовних експериментів необхідне значне фінансування.

10. Можливе інше розміщення частин газогенераторної установки на тракторі, наприклад, радіатора - для кращого обдування потоком зустрічного повітря.

11. Для встановлення частин газогенераторної установки на трактор ДТ-175С немає потреби у серйозних конструктивних змінах самого трактора.

12. Жодна з встановлених частин газогенераторної установки не виступає за габаритні розміри трактора, на відміну від трактора Т-25А з установкою природного газу - в ній газовий балон розміщений поза розмірами трактора.

13. Частини газогенераторної установки не перешкоджають переміщенню частин та нормальній роботі гідроначійної системи трактора ДТ-175С. Вони також суттєво не зменшують оглядовість через заднє скло кабіни цього трактора.

14. Заміна основного паливного бака трактора на менший не впливає на умови визначеного робочого процесу на суміші частини дизельного палива та газоповітряної складової.

15. Експериментальні дослідження необхідно продовжувати, і в першу чергу, потрібно дослідити режими роботи турбокомпресора та регулятора паливного насоса ви-сокого тиску.

Література

1. Автомобильные и тракторные двигатели (теория, системы питания, конструкция и расчет): Учеб. для вузов по спец.: «Автомобили и тракторы» / Ленин И.М., Попык К.Г., Малайкин О.М., Райков И.Я., Самоль Г.И., Сидорин К.И.; Под ред. И.М. Ленина. - М.: Высшая школа, 1969. - 656с.
2. Белов В.О., Гуднев В.С., Слепцов О.И. Биотопливо из рапса // Сельск. механиз. - 2004. - №5. - С. - 32.
3. Bernard B. Alternative kinds of energy // Afrique exp. - 1984. - №4. - P. 41 - 44.
4. Божко О.А. Традиционному топливу есть альтернатива // Новости теплоснабжения. - 2003. №10. - С. 28-30.
5. Ємець Б.В. Визначення загальної енергоємності використання автомобілів з газогенераторною установкою в екологічних агротехнологіях // Вісн. ДАУ. - 2005. - №1. - С. 208-219.
6. Лось Л.В., Цивенкова Н.М. Проблема енергоносіїв та її вирішення в сільському господарстві України біоенергетичними газогенераторами // Вісн. ДАУ. - 2004. - №2. - С. 3-21.
7. Окоча А.І., Вірювка М.І. Альтернативні палива для дизельних двигунів сільськогосподарської техніки (стан і проблеми) // Констр., вир-во та експл. с-г. машин. - 2003. Вип. 33. - С. 216-221.
8. Павловский Н.П., Орлов С.Ф. Автомобильно-тракторные газогенераторные установки. - М.: Гостехиздат, 1939. - 384с.
9. Развитие биоэнергетической технологии в Украине / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная, С.В. Тишаев, С.Г. Кобзарь // Экотехнол. и ресурсосбер. - 2002. - №3. - С. 3-11.
10. Сидоренко Р.В. Покращення паливної економічності і зменшення токсичності автомобілів з двигунами, переведеними з бензину на газ: Автореф. дис... к-та техн. наук: 05.22.20 / Нац. трансп. ун-т. - К., 2004. - 19с.
11. Створення сучасного газогенераторного двигуна внутрішнього згорання для північних районів України - важливий фактор підтримки сільськогосподарського товаровиробника / М.І. Шмалюк, В.А. Вознюков, Б.В. Ємець, Л.В. Лось // Вісн. Інженер. акад. України. - 2001. - №2. - С. 75-77.
12. Токарев Г.Г. Газогенераторные автомобили. - М.: Изд. Мин. ком. хоз. РСФСР, 1948. - 160с.
13. Трактори та автомобілі. Ч.1. автотракторні двигуни: Навч. посіб. / Сандомирський М.Г., Бойко М.Ф., Лебедев А.Т., Варваров Л.М., Антупенко А.М., Макаренко М.Г., Мироненко Г.П., Денисенко А.Г.; За ред. проф. А.Т. Лебедева. - К.: Вища школа, 2000. - 357с.
14. Чумаков В.С., Мустафаев М.А. Т-25А на газодизельном топливе. // Сельск. механиз. - 2004. - №6. - С. 6 - 8.