

УДК 662.76

Л.В. Лось

д.т.н.

В.В. Іванцов

аспірант

Житомирський національний агроекологічний університет

Рецензент – член редколегії «Вісник ЖНАЕУ» д.т.н. Грабар І.Г.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ГАЗОГЕНЕРАТОРІВ ДЛЯ ГАЗИФІКАЦІЇ ПОДРІБНЕНОЇ ТА БРИКЕТОВАНОЇ СОЛОМИ

Досліджено особливості конструкцій газогенераторів, що використовуються для газифікації соломи (подрібненої та брикетованої). Проаналізовано фактори, що впливають на зміну середньої потужності двигуна при використанні соломи для роботи газогенератора. Обґрунтовано вплив діаметра фурменого пояса газогенератора на шлакоутворення та потужність двигуна. Дано рекомендації з проектування транспортних та стаціонарних газогенераторів для газифікації соломи.

Постановка проблеми

Отримання енергії з біомаси сьогодні є одним з напрямків, що найбільш динамічно розвивається в багатьох країнах світу [15].

Останнім часом зростає роль рослинних відходів сільськогосподарського виробництва (солома, лушпиння соняшника та інші) що переходять в активну статтю паливно-енергетичного балансу регіону [1].

Газифікація є однією з перспективних технологій отримання енергії з біомаси [13].

Газифікацію рослинних відходів для одержання силового газу, за рядом властивих їм особливостей, варто розглядати як самостійну галузь газогенераторної техніки. Базу її – рослинні відходи - до недавнього часу надзвичайно слабо використовували в Україні як енергетичну сировину для роботи газогенераторної установки [2].

Солома є одним з головних джерел біомаси для отримання енергії в Україні. Щорічно в Україні виробляється близько 25 млн т соломи, з яких мінімум 20 % може бути використано як біопаливо [3, 16, 17].

Газогенератор, для якого паливом є дрова, не підходить для газифікацій соломи у будь-якому вигляді (подрібнена солома, брикети) через значну втрату потужності у двигуна, що підтверджують проведені досліді з газифікації соломи [4].

Для газифікації соломи необхідні газогенераторні установки зміненої конструкції, які мають використовувати солому (подрібнену, брикетовану) як паливо з високою ефективністю та давати якісний генераторний газ [5].

Аналіз останніх досліджень

Найбільш повне теоретичне висвітлення й практичний розвиток газифікація рослинних відходів отримала в Радянському Союзі у 40–50-х роках минулого століття, значно випередивши інші країни [2].

Піонером газифікації рослинних відходів у СРСР був професор Д.Л. Тагеев. Йому належить перша робота з газифікації соломи [2].

Дослідницькі роботи з газифікації рослинних відходів були проведені у Ленінградському політехнічному інституті Г.В. Мельниковим. Аналогічні роботи були розгорнуті також в Енергетичному інституті Академії наук СРСР, Інституті енергетики Академії наук УРСР і в Центральному науково-дослідному дизельному інституті [2].

Шляхи розвитку цієї галузі техніки та її впровадження в народне господарство в 50-х роках відображено в характерних конструкціях транспортних та стаціонарних газогенераторів того часу.

Сьогодні всі спеціалісти, що цікавляться технологією та конструкцією транспортних газогенераторів, стикаються з проблемою дефіциту технічної інформації. Особливо це стосується транспортних газогенераторів, які використовують для газифікації солому [14].

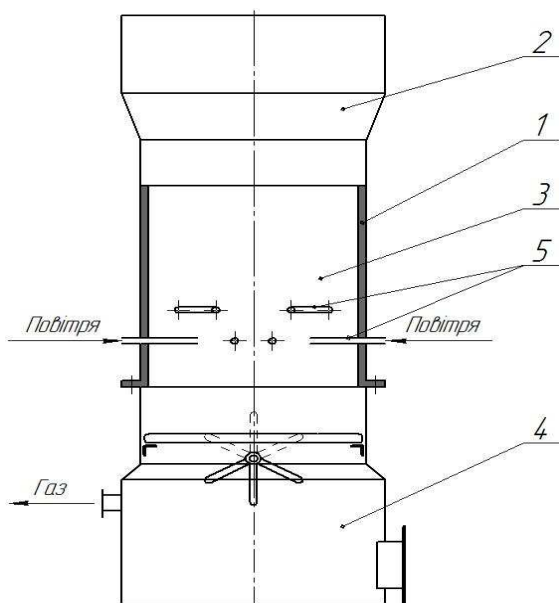
Розробка конструкції транспортного газогенератора пов'язана, насамперед, з вибором типу процесу газифікації палива даного виду (у нашому випадку – соломи) й отриманням із палива якісного силового газу для подальшого його використання в двигуні внутрішнього згорання [8].

Підставою для вибору типу процесу газифікації є дані аналізу палива [6].

Для газифікації палив з вмістом летючих компонентів в горючій масі більше 15–20 % застосовують зворотний процес газифікації. Його особливістю є розкладання смолистих продуктів сухої перегонки при проходженні через розпечене вугілля [6].

Вуглеводи, що входять до складу летючих речовин, за відсутності вільного кисню розкладаються під дією високої температури (крекінг-процес) на елементарні гази CO, H₂, O₂ та інші з виділенням при цьому вільного вуглецю. За даними досліджень, за температури 900 °C наприкінці першої хвилини розкладається 40 % вуглеводнів, а при температурі 1500 °C протягом 0,036 с всі вуглеводні можуть розкластися на вуглець і водень [6].

Вміст летючих компонентів в соломі складає в середньому 65–75 % залежно від її якості, яку можна визначити за кольором. У жовтій соломі летючих компонентів 65–70, а в сірій – 73–75 %. Встановлено також, що кількість летючих компонентів в соломі в засушливе літо менша, ніж у дощове, приблизно на 15–18 % [3, 7, 10]. Тому для газифікації соломи найбільш підходить зворотний процес газифікації, а газогенератор повинен бути спеціальної конструкції, оскільки солома належить до палив, схильних до шлакоутворення, таких як торф, буре вугілля та антрацит [4, 5].



**Рис. 1. Газогенератор для газифікації подрібненої соломи
Центрального науково-дослідного дизельного інституту**

Для забезпечення заданої потужності двигуна необхідно отримати певну теплотворність газу, що залежить від прийнятих параметрів – напруженості процесу газифікації, висоти шару тощо. Розміри газогенератора залежать від його продуктивності й обраних параметрів процесу газифікації [6].

Вихідними даними для вибору конструкції газогенератора та визначення його розмірів є:

1. вид палива, його склад, розмір шматків і вага насипного кубічного метра;
2. потужність двигуна, робочий об'єм циліндрів, кількість обертів вала двигуна за хвилину;
3. витрата палива за годину;
4. періодичність завантаження палива;
5. періодичність очищення зольника [6].

За практичними результатами зацікавленість викликають роботи з газифікації подрібненої соломи, проведені Центральним науково-дослідним дизельним інститутом. В результаті цих робіт був запропонований метод газифікації соломи-січки у вільно-насипному шарі й розроблена конструкція газогенератора для народного господарства. В авторському посвідченні № 77735 предмет винаходу сформульований так: “газогенератор оберненого процесу для газифікації соломи, що відрізняється тим, що з метою проведення газифікації в

шарі природного насипу без попереднього ущільнення або пресування соломи застосована велика кількість різних заглиблених у шар соломи периферійних фурм, що подають повітря та розташовані у середній частині газогенератора” [2].

Газогенератор оберненого процесу (рис. 1) складається з металевого циліндричного корпусу 1. Верхня частина являє вирву 2 для завантаження подрібненої соломи, середня частина є камерою газифікації 3, а нижня – зольник 4 для збору осередкових залишків. В камері газифікації встановлено фурми 5 різної довжини з великою кількістю сопел, що забезпечують утворення в шарі подрібненої соломи, що газифікується, так званих повітряно-газових ґрат, що дає можливість досить повно розв'язати питання крекінгу смол при порівняно низькому тепловому режимі в цілому. Це показує, що боротьба зі смолами може вестися не тільки шляхом зміни конфігурації камери, що призводить до зміни площі її поперечного перерізу, але й методом насичення шару палива повітрям [2].

Середній склад газу, одержаний при газифікації соломи-січки в газогенераторі Центрального науково-дослідного дизельного інституту при її відносній вологості 5–6 %, був такий: $\text{CO}_2 = 13,3 \%$; $\text{O}_2 = 0,2 \%$; $\text{CO} = 15,4 \%$; $\text{H}_2 = 14,8 \%$; $\text{CH}_4 = 3,2 \%$; $\text{C}_n\text{H}_m = 0,1 \%$; $\text{N}_2 = 53,0 \%$. Теплотворність газу дорівнювала 1120 ккал/нм^3 [2].

Результати виробничої роботи газомоторних установок у сільському господарстві в 50-х роках минулого століття показали їх економічність. Питома витрата соломи складала, у середньому, $1,15\text{--}1,20 \text{ кг/е.к.с.-год}$. Питома витрата соломи на 1 т обмолоченого зерна була в межах $14\text{--}17 \text{ кг/т}$ (в середньому – 15 кг/т). Ця питома витрата стосовно загальної кількості видаваною молотаркою соломи становила усього $1\text{--}1,5 \%$. Варто вказати, що сільськогосподарський локомотив типу 4-ЛП-20 з соломотопкою мав питому витрату соломи $5\text{--}6 \text{ кг/е.к.с.-год.}$, а питома витрата соломи по відношенню до обмолоченого зерна складала $60\text{--}150 \text{ кг/т}$ [2].

На підставі ряду проведених випробувань видно, що коефіцієнт корисної дії локомотива коливався від $4,14$ до $2,72 \%$, у той час як газомоторна установка з газогенератором для газифікації соломи вже тоді мала ККД не нижче за $13\text{--}14 \%$ [2].

Наведені дані показують, що в 50-х роках минулого століття газомоторна установка з газогенератором для газифікації соломи була в $4\text{--}6$ разів економішша за сільськогосподарський локомотив. Це визначає можливості широкого використання газогенераторних установок на солоні та інших рослинних відходах для механізації й електрифікації сільського господарства в Україні, оскільки новітні технології сьогодення дають змогу значно підвищити ККД сучасних газогенераторів для газифікації різних видів біомаси, в тому числі й соломи [2, 10].

Об'єкт та методика досліджень

Об'єктом дослідження є процес газифікації подрібненої та брикетованої соломи. Предметом дослідження є транспортний газогенератор, в якому газифікується солома.

У процесі дослідження використовувалися експериментальні та теоретичні методи.

Результати досліджень

При роботі на паливах, що схильні до шлакування (солома, торф, буре вугілля та інші), зовсім по-іншому змінюється потужність двигуна, ніж при роботі на дровах.

Торф і солом'яні брикети були випробувані інженером С.В. Вальчаком у газогенераторі НАТІ-Г48 (2 варіант). Для кращого опускання шлаків камера газифікації була виконана без горловини й мала збільшений об'єм. Щоб установити вплив діаметра фурменого пояса на вміст смол в газі, шлакоутворення й потужність двигуна, у камеру монтувалися змінні обичайки, фурми яких індивідуально з'єднувалися з фурмами камери. Крім того, було передбачене додаткове підведення повітря через центральне сопло. Колосникові грати мали рухливі шурувальні ножі [4].

Для зменшення розбухання брикетів, що призводить до утворення зводів, бункер газогенератора НАТІ-Г48-П не обігрівався, оскільки відбір газу проводився через спеціальний патрубок. Незважаючи на відносно низьку зольність солом'яних брикетів ($A_s = 9,2\%$) і малу вологість ($W = 8\%$), робота двигуна була нерівномірною. Температура плавлення шлаків дорівнювала $1180\text{ }^\circ\text{C}$ [4].

Зведені дані про зміну потужності двигуна при роботі на торфі та брикетах із соломи наведено в таблиці 1, де для порівняння зазначена потужність того ж двигуна при роботі на березових цурках вологістю 20–25 % [4].

Потужність двигуна на початку роботи була лише на 10 % менша за потужність при роботі на дровах. Це показує, що різниця між дровами та соломою, як твердим паливом, незначна та при використанні більш сучасних газогенераторів даний показник можна збільшити. У міру нагромадження шлаків зростає опір реакційного шару, однак потужність знижувалася при цьому незначно; через 6 годин роботи на торфі та брикетованій соломі потужність зменшилася на 4 %, а її ступінь мінливості не збільшувався навіть протягом 9 годин роботи [4].

Таблиця 1. Середня потужність двигуна при роботі на торфі та брикетованій соломі

Паливо	Зольність Ас, %	Абсолютна вологість W, %	Марка двигуна	Потужність на дровах, к. с.	Потужність за 1 годину роботи		Потужність за 6 годин роботи		Падіння потужності за 6 годин роботи, %	Ступінь мінливості потужності, %	
					к.с.	% від потужності на дровах	к.с.	% від потужності на дровах		за 1 годину роботи	за 6 годин роботи
Торф	12,0	15	ЗІС- 21	29,1	28,1	97	27,1	93	4	4,53	3,06
Солом'яні брикети	9,2	8	ХТЗ- Д2Г	45,1	40,6	90	38,8	86	4	4,23	3,74

Мінливість газогенераторного процесу при роботі на паливі, що схильне до шлакування, перебуває в прямому зв'язку зі шлакоутворенням у камері. Завдяки роботі, що була проведена в НАТІ, виявлений вплив діаметра фурменого пояса камери газогенератора на шлакоутворення (табл. 2) [4].

При збільшенні діаметра фурменого пояса в межах від 270 до 325 мм, тобто при зменшенні напруженості горіння, годинне шлакоутворення зростає. Спосіб підведення повітря також впливає на вихід шлаків. При комбінованому підведенні повітря через периферійні фурми й центральне сопло шлакоутворення трохи менше, порівняно з підведенням повітря тільки через периферійно розташовані фурми.

Випробування показали, що збільшення діаметра фурменого пояса підвищує потужність двигуна, але цей вииграш здобувається ціною великого вмісту смол в газі, що при камері без горловини легко може перевищити припустимі межі. Виходячи з цього, варто пам'ятати, що збільшення діаметра фурменого пояса вище певної величини недоцільно. Нерухливі колосникові ґрати, які обладнано шурувальними ножами, не забезпечують необхідний провал вугільного дріб'язку в зольник і задовільне опускання шлаків у камері. «Хитання ґрат» або, вірніше, хитання шурувальних ножів майже не впливає на величину опору газогенератора. Щодо цього багато кращі результати показали діаметрально хитні ґрати, що розташовані в центрі інших кільцевих нерухливих ґрат [4].

При незмінній якості палива продуктивність газогенератора та якість газу, що отримується, залежать від розмірів камери газифікації газогенератора: діаметра фурменого пояса D_k (рис. 2), висоти камери H_k (висота активної зони) та інших розмірів [8, 9].

Таблиця 2. Вплив діаметра фурменого пояса й сорту палива на шлакоутворення та потужність двигуна

Паливо	Зольність Ас, %	Абсолютна вологість W, %	Діаметр фурменого пояса D, мм	Шлакоутворення, кг/год.		Марка двигуна	Кількість обертів вала за годину	Контрольна потужність N _e на дрвах	Середня потужність за годину роботи		Питома витрата палива, кг/к.с. · год
				периферійний підвід повітря	комбінований підвід повітря				к. с.	% від потужності на дрвах	
Підмосковне буре вугілля	13	32	325	1,33	1,29	ЗІС-21	2000	37,4	31,4	85	1,58
	13	32	300	0,85	0,74	ЗІС-21	2000	31,0	24,5	79	1,48
	13	32	300	0,88	0,80	ХТЗ-Д2Г	1200	43,5	38,0	87	1,15
	13	32	270	0,80	0,43	ЗІС-21	2000	29,4	23,0	78	1,50
Челябінське буре вугілля	16	20	325	2,74	2,40	ЗІС-21	2000	33,0	29,0	88	1,41
	15	22	270	1,80	–	ЗІС-21	2000	31,6	30,4	96	1,32
Торф	12	20	325	3,14	2,12	ЗІС-21	2000	30,2	28,4	94	1,72
Солом'яні брикети	9	8	270	1,13	–	ХТЗ-Д2Г	1200	45,1	41,0	91	0,97

Розглянемо особливості розрахунку камери газифікації газогенератора оберненого типу для газифікації соломи.

Площа та діаметр фурменого пояса є одними з головних чинників, що впливають на якість газогенераторного газу та шлакоутворення.

Площа перетину фурменого пояса камери газифікації визначається за формулою [6]:

$$F_k = \frac{Q^p_H G_T}{B} \text{ (м}^2\text{)}, \quad (1)$$

де B – теплова напруга камери газифікації, ккал/м² · год.; Q^p_H – теплотворна здатність 1 кг робочого палива, ккал/кг; G_T – годинна витрата палива, кг.

Для соломи пшениці $Q^p_H = 3374,4$ ккал/кг (в [11, 12] була помилка: слід читати ккал/кг, а не кал/кг в значеннях, визначених за формулою Менделєєва, та в самій формулі).

Діаметр фурменого пояса камери газифікації [6]:

$$D_k = 1,13 \sqrt{F_k}. \quad (2)$$

Діаметр фурменого пояса газогенератора для газифікації соломи з периферійним підведенням повітря може становити 270 мм, а з комбінованим (центральне та периферійне) – 270–350 мм. Комбіноване підведення повітря використовується для зниження теплових напруг та деякою мірою зменшує шлакоутворення.

Діаметр горловини [6]:

$$d_z = \frac{D_k}{\sqrt{m}} \text{ (м)}, \quad (3)$$

де $m = 4$ – для торфобрикетів та $m = 5$ – для деревних цурок.

При газифікації соломи діаметр горловини може бути збільшений або взагалі газогенератор може не мати її (як показали досліди інженера С.В. Вальчака), тому дана формула більш підходить для розрахунку газогенераторів, що працюють на торфі та дровах, але у деяких випадках може бути застосована і для розрахунку газогенератора, що використовує солому.

Відстань від фурменого пояса до горловини [6]:

$$h_z = (0,4 \div 0,44) D_k.$$

Кількість фурм по периферії камери обирають з урахуванням відстані між фурмами по окружності (кроку) l_ϕ , що беруть звичайно рівним 100–150 мм.

Кількість фурм [6]:

$$n = \frac{\pi D_k}{l_\phi}. \quad (5)$$

В повітряному поясі роблять від 5 до 24 фурм. За дослідями Н.Г. Юдушкіна, при газифікації брикетів торфу (які схожі за деякими властивостями до брикетів соломи) при введенні в повітряному поясі 20 фурм поліпшується усадка палива

та знижується опір шару торф'яного коксу. При цьому шар коксу не було необхідності шурувати протягом 5–6 год., в той час як при 10 фурмах необхідно шурувати через 20–30 хв. через збільшення опору проходу газу в шарі. Для газифікації соломи з комбінованим підведенням повітря можна використовувати від 16 до 24 фурм при діаметрі фурменого пояса 300–350 мм.

Діаметр фурм [6]:

$$d_{\phi} = 18,85 \sqrt{\frac{V_b}{n \omega \varphi}} \quad (\text{мм}), \quad (6)$$

де ω – швидкість дуття (в газогенераторах оберненого процесу газифікації $\omega = 14\text{--}16$ м); n – кількість фурм; φ – коефіцієнт витікання повітря з фурм (для циліндричних фурм $\varphi = 0,63$, для фурм, що звужуються, $\varphi = 0,82$).

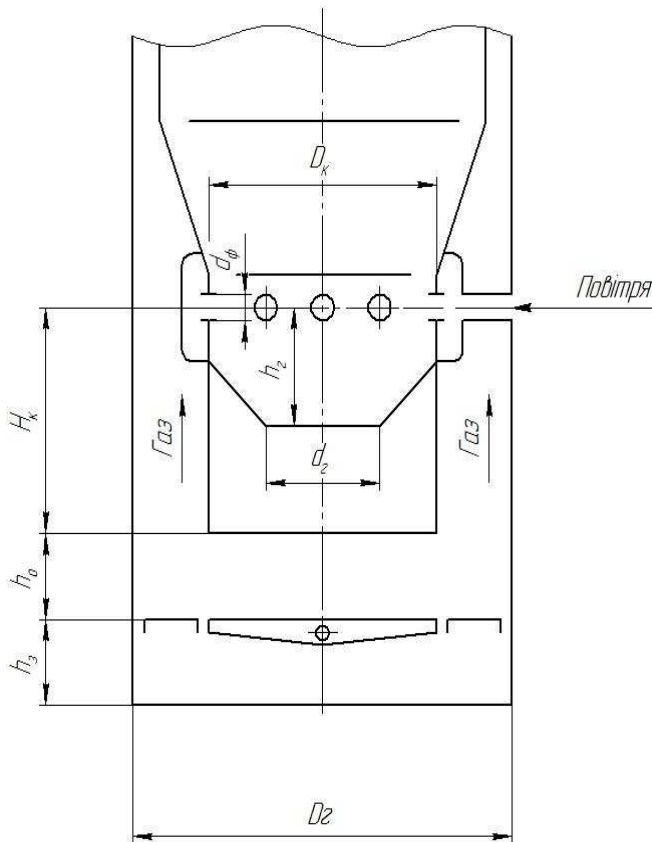


Рис. 2. Розрахункова схема камери газифікації газогенератора оберненого процесу газифікації

Об'єм зольника обирають з урахуванням кількості відходів, що утворюються в процесі газифікації, та насипної ваги відходів. Кількість δ відходів залежить від виду палива.

Насипна вага відходів g_{omx} складає 0,3–0,45 кг/л.

Об'єм зольника визначають за такою формулою [6]:

$$V_3 = \frac{G_T \delta \tau_3}{100 g_{omx}} \quad (\text{л}), \quad (7)$$

де δ – кількість відходів палива, що газифікується, % (за вагою); τ_3 – період роботи газогенератора без очищення зольника, год.; g_{omx} – насипна вага відходів, кг/л.

Висота зольника [6]:

$$h_3 = \frac{4V_3}{\pi D_c^2} \quad (\text{дм}), \quad (8)$$

де D_c – діаметр корпусу газогенератора, дм.

Одним з головних завдань при проектуванні транспортного газогенератора є зменшення мінливості процесу при газифікації соломи, і це вимагає спеціальних заходів відповідно до специфічних особливостей даного виду палива. Труднощі вирішення цього завдання полягають у зменшенні шлакоутворення та ефективному видаленні шлаків з камери у міру накопичення.

Для палив, що схильні до шлакоутворення, ефективного видалення шлаків під час роботи транспортного газогенератора ще не знайдено.

Під час руху автомобіля постійно змінюється навантажувальний і швидкісний режими двигуна. Ці зміни в більшості випадків є раптовими й, отже, обумовлюють різку зміну витрати газу, порушуючи тим самим сталий режим газогенераторного процесу. Щоб уникнути або послабити «провали потужності» двигуна, що відбуваються через погіршення теплотворності газу при раптових змінах режимів його роботи, газогенератор повинен мати певну гнучкість, тобто властивість швидко пристосовуватися до раптової зміни витрати газу. Використання газгольдера може допомогти у вирішенні даної проблеми [4].

При зворотному процесі газифікації шлак, що накопичується перед фурмами в зоні найвищих температур, змішується з паливом і зменшує цим його реакційну поверхню. Через це інтенсивність окисних реакцій слабшає і відбувається розосередження зони найвищих температур, що неминуче знижує температуру в шарі палива перед фурмами та паралізує газогенераторний процес. З часом шлак переміщується в камері за напрямком потоку газу й поступово заповнює камеру. Якщо таке переміщення шлаків від фурм утруднено, то газогенераторний процес швидко погіршується. Відбувається зниження калорійності газу й потужності двигуна, а також зростання температури газу, що виходить із реакційного шару. У міру нагромадження шлаків у камері збільшується мінливість газогенераторного процесу.

Зниження потужності при накопиченні шлаку залежить від сорту палива, його вологості, вмісту золи й температури її плавлення. З іншого боку, накопичення шлаку пов'язане з конструкцією камери газифікації та з витратою газу, що відсмоктується.

Коли газифікується паливо, що схильне до шлакоутворення, яке містить високий відсоток летючих компонентів (наприклад, солома), раптова зміна витрати генераторного газу призводить до іншого співвідношення між швельгазом (тобто газом сухої перегонки палива) і повітряним газом (що виникає у фурм і в реакційному шарі). Це порушує сталий температурний режим у камері газифікації й сильно змінює хімічний склад генераторного газу.

Характер явищ, що відбуваються в газогенераторі, залежить від того, зменшують або збільшують витрату газу, а їхня значущість визначається ступенем підігріву палива, що перебуває в бункері, і відносною величиною раптової зміни витрати газу.

Якщо двигуну після тривалої роботи за максимальної потужності дати малі оберти холостого ходу, то витрата генераторного газу знизиться в 8–10 разів. Однак процес сухої перегонки палива, що перебуває в бункері, через теплову інерцію буде тривати ще деякий час із тією ж інтенсивністю й з тими ж утвореннями висококалорійного швельгазу й водяної пари. Тому відносний вміст повітряного газу скоротиться, знизивши тим самим вміст азоту в генераторному газі й зменшивши відносну витрату первинного повітря.

Одним з головних питань при проектуванні транспортного газогенератора є стабілізація газогенераторного процесу. Перспективними рішеннями його стабілізації можна вважати спосіб рідкого шлаковидалення й метод пилоподібної газифікації, за яких шлакоутворенню незручно блокувати газогенераторний процес. Ці методи щодо транспортних газогенераторів достатньо ще не вивчені. Впровадження газогенераторів, що працюють на пилоподібному паливі, утруднюється необхідністю мати малі габарити, а освоєнню рідкого шлаковидалення перешкоджає різко змінний режим відбору газу й, отже, широкий діапазон температур у камері газифікації. Найбільш перспективною щодо реалізації для транспортного газогенератора слід вважати розробку механізму рідкого видалення шлаку.

Конструкція газогенератора сучасного зразка для газифікації соломи вимагає:

- компактності;
- зменшення кількості шлаку, що утворюється, завдяки ретельному підбору діаметра фурменого пояса, кількості фурм та інших параметрів;
- стабілізації процесу газифікації завдяки використанню механізму рідкого видалення шлаку;
- автоматичного завантаження палива.

Висновки

1. Рослинні відходи, а особливо солома, є найбільш перспективним паливом для сільського господарства України.

2. Для ефективного використання соломи як палива необхідно створити газогенератор нового сучасного зразка, конструкція якого буде відповідати особливостям даного виду твердого палива.

3. При проектуванні нового газогенератора для соломи необхідно особливу увагу звернути на стабілізацію середньої потужності двигуна та процесу газифікації.

4. Діаметр фурменого пояса та кількість фурм є одними з головних параметрів для транспортного газогенератора, що використовує солому (брикетовану або подрібнену) як паливо, тому при проектуванні на це необхідно звернути особливу увагу.

5. Необхідно спроектувати автоматичний механізм рідкого видалення шлаку під час роботи транспортного газогенератора.

Перспективи подальших досліджень: розробка і виготовлення сучасних високоефективних газогенераторних установок з високим ККД для газифікації соломи.

Література

1. *Самилін О.О.* Перспективи використання біомаси як палива / *О.О. Самилін, Н.М. Цивенкова, А.А. Голубенко* // Вісник ДАУ. – 2007. – № 1. – С. 171–177.
2. *Колеров Л.К.* Газомоторные установки / *Л.К. Колеров*. – М. : Машгиз, 1951. – 240 с.
3. *Гелетуха Г.Г.* Обзор технологий сжигания соломы с целью выработки тепла и электроэнергии / *Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная* // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1998. – № 6. – С. 3–12.
4. *Мезин И.С.* Транспортные газогенераторы / *И.С. Мезин*. – М. : Сельхозгиз, 1948. – 311 с.
5. *Іванцов В.В.* Обґрунтування енергодостатності зернового поля з використанням соломи як палива та газогенераторного приводу зернозбирального комбайна / *В.В. Іванцов, Л.В. Лось, О.К. Рогаль* // Вісник ЖНАЕУ. – 2009. – № 2. – С. 271–278.
6. *Юдушкин Н.Г.* Газогенераторные тракторы / *Н.Г. Юдушкин*. – М. : Машгиз, 1955. – 244 с.
7. *Мельничук М.* Зелена енергія в Україні / *М.Мельничук, В.Дубровін* // Агросектор. – 2007. – № 2. – С. 12–13.
8. *Токарев Г.Г.* Газогенераторные автомобили / *Г.Г. Токарев*. – М. : Изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1948. – 160 с.
9. *Токарев Г.Г.* Газогенераторные автомобили / *Г.Г. Токарев*. – М. : Машгиз, 1955. – 207 с.

10. *Лось Л.В.* Проблема енергоносіїв та її вирішення в сільському господарстві України біоенергетичними газогенераторами / *Л.В. Лось, Н.М. Цивенкова* // Вісник ДАУ. – 2004. – № 2. – С. 3–21.
11. *Лось Л.В.* Перспективи енергетичного використання соломи для сільського господарства / *Л.В. Лось, В.В. Іванцов, Р.Ц. Новіцький* // Вісник ДАУ. – 2008. – № 1. – С. 199–204.
12. *Лось Л.В.* Технологічні особливості газифікації біомаси в транспортних газогенераторах / *Л.В. Лось, В.В. Іванцов, Р.Ц. Новіцький* // Вісник ДАУ. – 2008. – № 2. – С. 129–140.
13. *Гелетуха Г.Г.* Обзор технологий газификации биомассы / *Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная* // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1998. – № 2. – С. 21–29.
14. *Самылин А.А.* Автомобильный газогенератор – технология будущего / *А.А. Самылин* // ЛЕСПРОМИНФОРМ. – 2005. – № 8. – С. 80–84.
15. Развитие биоэнергетической технологии в Украине / *Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная, С.В. Тишаев* и др. // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2002. – № 3. – С. 3–11.
16. Використання місцевих видів палива для виробництва енергії в Україні / *Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная, Ю.Б. Матвеев* та ін. // Пром. теплотехніка. – 2006. – № 2. – С. 85–93.
17. *Жовнир М.* Альтернативное теплоснабжение за счет использования соломы / *М.Жовнир, Е.Олейный, С.Чаплыгин* // Коммунальное хозяйство. – 2007. – № 8. – С. 24–27.