

ПЕРСПЕКТИВИ КОНСТРУКТИВНОГО РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНИХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНИХ УСТАНОВОК В ІСТОРИЧНОМУ АСПЕКТІ ЇХ СТВОРЕННЯ

“... краще піддати довгому випробуванню одного разу відкриту істину, позбавляючи її заслуженої уваги, ніж допустити легковажного визнання всього, що створюється палкою уявою людини”

Ж.Б. Ламарк

У статті докладно розглянуто: еволюцію конструктивного розвитку транспортних газогенераторних установок, перспективи і методика їх ефективного застосування на Україні, особливо в аграрному секторі. Проведено аналіз сучасних технологій газифікації твердих палив, розглянуто компонування сучасних газогенераторних установок і виділено основні напрямки робіт для їх подальшого вдосконалення.

Постановка проблеми

Як відомо, перший автомобіль мав паровий двигун, але світ він завоював лише тоді, коли отримав двигун що працює на бензині. Періодичні спроби замінити бензин твердим, рідким синтетичним або натуральним паливом не похитнули його позицій.

У наш час у багатьох країнах, включаючи найбільш розвинені, які насамперед імпортують нафту, активізувалися роботи з розвитку технологій використання місцевих і поновлюваних джерел енергії, з яких біомаса у формі деревних або сільськогосподарських залишків, найбільш доступна. Серед них слід виділити створення й удосконалювання обладнання термохімічної конверсії рослинної біомаси для потреб транспортних засобів. Необхідність розвитку даного напрямку обумовлена підвищенням енергетичних потреб людства з одного боку й вичерпаністю запасів викопних палив з іншого, а також екологічними проблемами, обумовленими збільшенням світового автотракторного парку. Це особливо актуально для України з її величезними запасами таких альтернативних видів палив як біомаса рослин, торф, кам'яне й буре вугілля [1], і

залежністю економіки від імпорту нафтопродуктів. На жаль, у наш час практично не ведуться роботи щодо створення транспортних газогенераторів в Україні, хоча вдосконалення й всебічне вивчення цих технологій, на думку авторів, є вкрай актуальним.

Транспортний газогенератор і автомобіль майже ровесники. Однак історія газогенератора починається значно раніше. На початок створення транспортних газогенераторів традиції стаціонарної техніки були повністю перенесені на нову машину, надовго визначивши характер її розвитку. Способи охолодження й очищення газу, теорія процесу, методика теплового розрахунку, оптимальне співвідношення основних розмірів – все це, отримане в результаті досвіду майже вікової експлуатації, було використано при конструюванні нових машин.

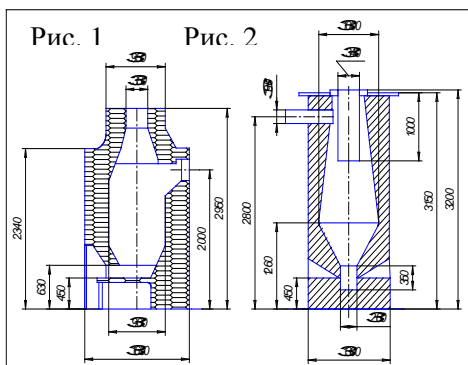
Така послідовність мала свої недоліки та переваги. Специфічні вимоги до транспортних газогенераторів: малі габарити, нестійкість процесу газифікації, змінний режим і необхідність більш ретельного очищення й охолодження газу незабаром змусили конструкторів вийти за рамки стаціонарної техніки. Ряд питань, пов'язаних з переведенням двигунів з рідкого палива на генераторний газ, вимагали додаткових рішень. Однак методологія розрахунку й конструювання автомобільних газогенераторних установок істотно не змінилася з середини минулого століття і вимагає всебічного аналізу й доробки для подальшого використання.

Метою нашої роботи було: підсумовуючи все вищезгадане дослідити історію конструктивного розвитку стаціонарних, силових і транспортних газогенераторних установок, для отримання основ для їх подальшого конструктивного розвитку.

Аналіз основних досліджень і публікацій

Становлення і конструктивний розвиток транспортних газогенераторів.

Ще в середні віка було виявлено, що при обмеженні доступу повітря під вугільний шар із твердого палива створюється газ, який може бути спалений за допомогою підведення вторинного повітря безпосередньо до його виходу з палива. Однак газодобування і, відповідно, газогенератори виникли лише тоді, коли використання газу було повністю відокремлене від його добування.



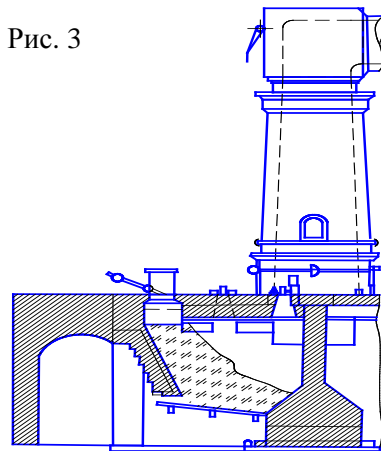
Творець першого газогенератора П. Лебон розробив перший газовий завод у мініатурі, за побудову якого в 1799 р. одержав патент, а вже у 1801 р. він отримав патент на газогенераторний двигун. Після загибелі Лебона у 1804 р. його роботи були продовжені в Англії В. Мурдохомі і в Бельгії С. Мінкедерсом.

Протягом перших 10 років XIX століття кількість англійських та французьких патентів на газогенераторні установки й двигуни була незначною. Жодна з винайдених установок цього роду не знайшла практичного застосування, хоча загалом вони були близькі до розробок майбутнього. Особливо слід відзначити цікаві роботи французів Фабер де Фор і Оберто (1837–1839), які запропонували користуватися колосниковими газами доменних печей для обігрівальних цілей. Саме ці роботи були близькі до ідеї самостійної газогенераторної установки.

Перший промисловий газогенератор був побудований Бішофом у 1839 р. в Лаухгаммере [2]. На рис. 1 показано удосконалений газогенератор Бішофа, який був застосований у Мегдешпрунзі в 1844 р. і являв собою простий шахтний генератор. В газогенераторі, побудованому Ебельманом в Австрії в Аудикурті на заводі С.-Стефана в 1840 р. (рис. 2) вперше був застосований принцип зворотного згоряння. Цей принцип набув поширення на транспортних засобах через надзвичайно вдале розв'язання проблеми розкладання водяної пари і спалювання смолистих речовин, які утворюються при газифікації деревного палива. Однак поява першого газогенератора промислового типу і стрімке впровадження його в заводську практику було здійснено введенням регенеративної печі Ф. Сіменса в 1856 р. (рис. 3). Ф. Сіменс спромігся надати своїй ідеї настільки досконалого на той час практичного оформлення, що газогенератор, названий його ім'ям, користувався майже повсюдним поширенням до початку минулого сторіччя.

Слід відзначити і такі важливі конструктивні вдосконалення газогенератора, як похила реторта Гребе-Лермана (1877 р.), та газогенератори Незе (1878 р.) і Ольшевського (1880 р.) зі зворотним горінням, конструкція яких передбачала повне розкладання дистиляційних складових частин генераторного газу. Але оскільки для грубого опалення розкладання останніх не є безумовно необхідним і розкладання смол бажане лише для запобігання забруднення ліній газопідведення, на практиці вони застосовувалися нечасто. Вказані газогенератори отримали розповсюдження при використанні газу в силових цілях, після винайдення газомоторів Лангена і Отто (1867 р.) та впровадження у виробництво вдосконалених газогенераторів Твайда (1880 р.) і Сетзерленда (1883 р.). Бурхливий розвиток силових газогенераторних установок розпочався після нагородження газогенераторного двигуна

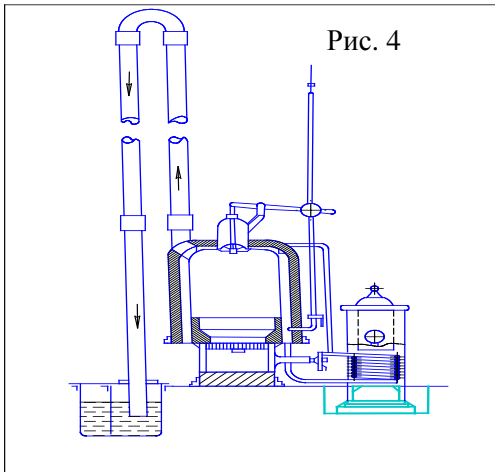
Рис. 3



німецької фірми “Отто Дейц” золотою медаллю Паризької всесвітньої виставки 1867 року.

Проблема вдосконалення газогенераторних установок особливо гостро постала після Всесвітньої виставки в Парижі в 1878 р., де перший чотиритактний газогенераторний двигун “Отто Дейц” мав величезний міжнародний успіх. Після виставки двигуни і газогенератори стали розвиватися паралельно – шляхом збільшення потужності. При цьому стрімко зростаючий випуск газогенераторних двигунів ініціював всебічне вдосконалення газогенераторних установок, вартість яких зі зростанням потужності поступово стала перевищувати вартість двигуна. Поширенню газогенераторних двигунів значною мірою перешкоджала необхідність придбання громіздкої газогенераторної установки. Тому потреба у зручних, простих і легких газогенераторах виникла вже з самого початку створення двигунів внутрішнього згоряння.

Отже, розвиток двигунів внутрішнього згоряння здійснювався паралельно розвитку стаціонарних газогенераторів. Вирішальними в даному напрямку були роботи Даусона (1883 р.), який вперше розробив



практичну концепцію з'єднання газогенератора і ДВЗ в одну установку (рис. 4). Істотне нововведення зробив Бенсьє у (1892 р.), приєднавши насос для всмоктування газу до мотора таким чином, що подача повітря відбувалася під додатковим тиском. Даний спосіб отримання газу виявився найбільш пристосованим для малих установок, оскільки при його застосуванні загальна конструкція установки спростилася, здешевіла, а процес став саморегулюючим.

З моменту створення перших силових газогенераторів їх розробка проводилась у напрямках можливості газифікації твердих і рідких палив. Розробка автомобільних газогенераторів для газифікації твердих палив з 1885 до 1900 рр. була практично припинена. Це сталося після опублікування Готлібом Даймлером у 1883 та в 1885 роках наступних патентів: № 28022 на найпростіший газогенератор рідкого палива під назвою “Трубка розжарювання для запалювання горючої суміші в моторі” і патенту №36423 на мотор для екіпажу, яким і було обладнано перший одномісний моторний візок. В останньому трубка розжарювання була удосконалена до пристрою, який отримав назву карбюратор і в удосконаленому вигляді використається й дотепер.

У 1892 році, після презентації О. Дизелем в Парижі свого двигуна, переважну більшість робіт було спрямовано на розробку технологій використання в двигуні високодисперсного твердого палива. Шляхом дуже ретельного подрібнення вдавалося перетворити паливо (вугілля) в досить тонкий пил, швидкість згоряння якого була дуже високою, а вартість отримання – прийнятною [4]. Невирішеною проблемою, яка виникла на шляху розвитку таких дизельних двигунів, виявилася проблема видалення золи, вміст якої навіть у найкращих сортах твердого палива в кілька разів перевищував вміст золи у будь-якому рідкому паливі. Присутність у золі кам'яних вугільних сполук заліза і кремнію, які сплавляються у тверді силікати, сприяє швидкому накопиченню в циліндрі двигуна шліфувального порошку, який не усувається продуванням або промиванням. Безперервне стирання стінок циліндра і поршня, проникнення зольних частинок у картер призводить до швидкого зношування найбільш відповідальних деталей двигуна і виводить його з ладу. Ця картина спостерігалася і при спалюванні колоїдального розчину вугілля і нафти, з тією лише відмінністю, що менший вміст твердого компонента в пальному пропорційно зменшує зношування. Поставлену проблему намагалися вирішити як шляхом виготовлення гільзи циліндру двигуна з надтвердих або спеціально оброблених матеріалів, так і пошуком відповідного складу пального. Було розпочато спроби подрібнювати деревину в порошок, придатний для використання в ДВЗ, але цей метод не мав перспектив через високу собівартість порошку. Даний напрямок було визнано безвихідним і застосування твердих палив в ДВЗ було можливим лише за умови проведення їх попередньої газифікації.

Саме тоді розпочалися активні дослідження, спрямовані на створення штучного аналога бензину. Перші автомобілі на етанолі з'явилися ще у 20-х рр. минулого століття, але паливо "Аг рол" (90 % бензину + 10 % безводного спирту) вперше було створено в США лише в 1935 р. В 40-і роки в Німеччині теоретичні дослідження школи Фішера-Троппа дозволили створити окрему галузь промисловості, річна продукція якої вимірялася мільйонами тонн пального для танків і літаків. У 1936 р. уряд Бразилії видав постанову про введення добавки спирту до імпортного бензину. З тих пір Бразилія – визнаний лідер цього напрямку.

Іншим важливим моментом щодо історії конструктивного розвитку газогенераторів є видалення золи. Опускаючи перші спроби видалення

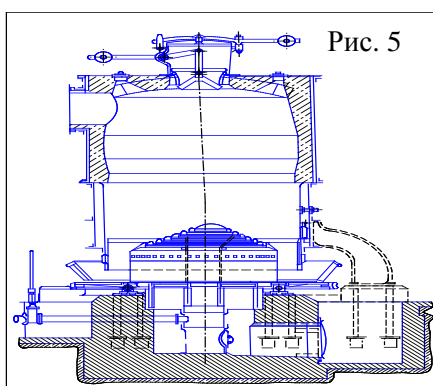


Рис. 5

золи у вигляді розплавлених шлаків, першим етапом розвитку газогенераторів у даному напрямку стало застосування решіток. Широке застосування отримали плоскі та слабо нахилені решітки. Сіменс вперше запропонував східчасті решітки з великим кутом нахилу. Розробки в даному напрямку продовжив Одельстьєн. Приблизно з 1880 р. в якості нової форми підведення дуття став використовуватися центральний піддувний ковпак. Це призвело до створення найстарших газогенераторів з обертовим піддувним ковпаком і зольною тарілкою. Вихідними пунктами для нових конструкцій послужили розробки Брука і Тейлора (1889 р.). Із численних розробок того періоду заслуговують на увагу наступні: шнеки для золовидалення Зікеля (1877 р.) і Геринга (1879 р.), причому останній пропонує шнек і для завантаження палива; рухливі зольні візки Сетзерленда (1883 р.); пересувні сходові решітки Гребе (1878 р.); обертовий піддон Гопкрафта (1889 р.); здвоєний обертовий піддон Кетхума (1893 р.) і своєрідна конструкція Кітсона (1893 р.). Конструкцію газогенератора Мюллера (1895 р.) можна вважати попередницею газогенератора з обертовими решітками, а конструкцію Р. Аккельмана (Швеція) – попередницею газогенераторів із плоскими решітками, робота яких була заснована на принципі газифікації торфу і деревини.

Важливим етапом у напрямку розвитку конструкції газогенератора був перехід на циліндричну шахту з конусним затвором шурувальної коробки, водяним піддоном і центральним примусовим підведенням дуття. Роль колосникових решіток у цьому випадку відіграють частинки частково оплавленої золи палива, які заповнюють нижню частину шахти. Представником даного типу газогенераторів являється газогенератор системи Моргана (рис. 5), основні особливості конструкції якого (водяний

затвор, циліндрична шахта, центральне підведення дуття, примусова подача повітря) збереглися у всіх наступних типах газогенераторів того часу.

Відсутність автоматизації газогенераторного процесу в газогенераторах системи Сіменса і Моргана сприяла створенню нових конструкцій, позбавлених даного недоліку. Конструкція обертової решітки, запропонована де-Лавалем у 1904 р. стала відправним пунктом для створення першої вдалі конструкції з

вирішенням питання механічного подрібнювання і видалення золи (шлаків).

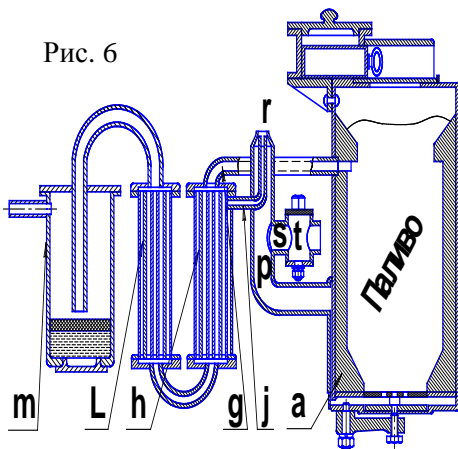


Рис. 6

У 1905 р. Керпелі розробив конструкцію газогенератора з обертовим водяним піддоном і ексцентрично розташованими полігональними колосниковими решітками (рис. 5). Керпелі перший запропонував зробити нижню частину шахти газогенератора у вигляді циліндричного охолоджуваного водою кесона. В конструкції його газогенератора передбачено: усунення зношування вогнетривкої кладки і утворення на ній жужільних настілей, можливість безкоштовного отримання пари для потреб газогенератора. Останнім важливим на той час моментом у розвитку газогенератора є охолодження шахтної стінки для попередження присадки шлаків. Використовувати охолоджувальні стінки намагалися уникати через їх високу вартість. Однак при газифікації багатьох видів багатогозольних палив охолодження стінок забезпечує не тільки вихід якіснішого за складом газу, але й краще вигорілої золи і підвищення к.к.д. газогенераторної установки. Перша конструкції була розроблена Кнаутом (1881 р.), продовжена Штапфом (1905 р.) і Турком (1906 р.), мала продовження в роботах Сепюлькра і П. Вюрта (Г. із плавленням золи), Бамага і Колера (віялові решітки), Шаввана, Рамбуша і Лаймана (1907 р.) (обертові решітки), Юза і Чемпмана (шурувальні пристрої), Бунті і Тренклера та ін.

Подальший розвиток конструкцій газогенераторів був спрямований на їх повну механізацію при одночасному підвищенні продуктивності, як шляхом збільшення розмірів, так і шляхом підвищення інтенсивності роботи, що є можливим лише при наявності якісного, добре сортованого і ретельно підготовленого палива.

Перший газогенераторний автомобіль був побудований Тейлором у 1900 р. у Франції (пат. №5666 виданий в Росії у 1901 р. за класом 24_е, 3₀₅ рис. 6). Це перший патент на автомобільний газогенератор, який сьогодні має виключно історичне значення, передбачивши особливу систему регулювання присадки водяної пари до повітря. Повітря і пара надходять знизу, з-під колосникових решіток в шахту.

Газогенератор працює за прямим процесом газифікації палива. Газ відбирається по трубі g і направляється через охолоджувачі h і l і скрубєр (очисник) m до автомобільного двигуна. Охолоджувач h генераторного газу одночасно служить пароутворювачем.

Внаслідок розрідження, створюваного автомобільним двигуном у шахті генератора, повітря надходить під колосникові решітки з атмосфери в трубу p через отвір s , регульований краном t , і підсмоктує пару з пароутворювача h через трубку j у суміші із вторинним повітрям, яке надходить через отвір r .

При повністю закритому крані t вироблена в пароутворювачі h пара вноситься в генератор повітрям, яке надходить зовні через отвір r .

При повністю відкритому крані t повітря надходить через трубку s у генератор, а вся пара виходить назовні через трубку j і отвір r .

Перший німецький патент на автомобільний газогенератор англійських винахідників Д. В. Паркер і Г. Д. К. Паркер (герм. пат. №154714, кл. 24а, 3₀₆, опубл. в 1904 р.) описує портативний газогенератор, який відрізняється використанням розташованих у нижній і верхній частині шахти клапанів 31, 33. При русі автомобіля труби 9 і 13, які подають у нижню частину шахти відповідно повітря і воду та газовідвідна труба 20, яка розташована збоку шахти, забезпечують нормальну роботу газогенератора. Шахта генератора має коробчасту форму. Паливо (деревне вугілля, кокс тощо) завантажується в бункер генератора через отвір 16, закритий кришкою 17. Штуцер для відведення газу розташований в бічній камері 22 пальника 2 (рис. 8 а, б). Ця конструкція послужила основою для проектування транспортних газогенераторів у царській Росії, а згодом і в СРСР.

В 1905 р. в Англії Торнікрофтом був побудований перший газогенераторний моторний човен.

З 1900 по 1914 рр., з моменту появи першого газогенераторного автомобіля, у всіх країнах було побудовано кілька десятків газогенераторних автомашин.

Початком розвитку і широкого застосування транспортних газогенераторів можна вважати 1914 р., коли економічні передумови, які викликали до життя цю нову галузь техніки, почали позначатися особливо гостро. Зростання світового автотракторного парку на початку минулого століття збільшило споживання рідкого палива. Надзвичайно нерівномірний розподіл нафти на земній поверхні незабаром поставив ряд країн перед необхідністю знайти їй замітник.

В особливо тяжких умовах опинилася Франція, енергетичні ресурси якої були гіршими, ніж у інших країнах Європи. Успішне застосування газогенераторів у металургії наштовхнуло французьких інженерів на думку використовувати подібні установки для забезпечення автомобільного транспорту дешевим і недефіцитним газоподібним паливом. Перехід з бензину на національне паливо у Франції міг здійснитися при наступних умовах: нове паливо повинно бути дешевшим за бензин і перехід на нього не вимагатиме значних конструктивних змін двигуна. Щодо першої умови, то дослідження показали, що ні бензол, ні інші вуглеводні не можуть бути отримані за такою низькою ціною і лише генераторний газ із деревини, вугілля й карбоніту може дати необхідний економічний ефект. Щодо другої умови, вона була викликана наявністю в країні великого автотракторного парку і вимагала мінімізувати будь-яке втручання в існуючі конструкції двигунів.

На початку 1-ї світової війни у Франції був організований перший пробіг вантажного автомобіля з газогенераторною установкою. Пробіг відбувся між Парижем і Руаном (126 км.), і не дав позитивних результатів. Цікаво відзначити, що по цьому ж маршруту в 1894 р. (за 20 років до пробігу вантажівки з газогенератором) відбулися перші перегони

автомобілів, більш відомих тоді під назвою “екіпажів без коней”. На тих перегонах автомобіль Пежо з бензиновим мотором Даймлера поступився місцем паровій колясці Серполе.

Цілий ряд перегонів газогенераторних автомобілів, організованих в Європі з 1922 р., сприяв розвитку нового виду транспорту. Франція і ряд інших країн заохочували виробництво газогенераторних автомобілів урядовими постановами, які сприяли переобладнанню бензинових машин на місцеве паливо. Уряд Японії для заохочення введення газогенераторних автомобілів обрав шлях матеріальної зацікавленості власників, видаючи їм по 300 єн при покупці такого автомобіля. В Італії був виданий урядовий закон про переобладнання автотранспорту до кінця 1937 р. на “національне пальне”. Крім того, автомобілі, переобладнані з рідкого палива на генераторний газ, були звільнені від державного податку на 5 років. Пізніше, в залежності від тоннажу, для власників газогенераторних автомобілів при купівлі автомашин були встановлені державні субсидії в розмірі до 9000 лір. Німеччина заохочувала переобладнання автотранспорту на “національне пальне” призначивши державну субсидію при придбанні газогенераторних автомобілів до 1000 марок, а на переобладнання старих бензинових машин під газогенератори виділялося 300 марок. Одночасно власникам надавалися податкові пільги і 1 т. безкоштовного палива. Для обслуговування автопарку з газогенераторними установками у Франції і в Німеччині були організовані деревно-вугільні і дров’яні склади та станції.

1924 рік став переломним в розвитку автомобільних газогенераторів. Саме тоді було видано ряд фундаментальних патентів, основні ідеї яких лягли в основу всіх конструкцій сучасних газогенераторів. У 1924 р. у Франції вперше був запропонований (герм. пат. №407054 виданий Французькою асоціацією сільськогосподарської і промислової продукції) спосіб газифікації палив з малим вмістом летючих (деревне вугілля, антрацит, кокс і т.д.) в автомобільних газогенераторах з оберненим процесом газифікації. Цей процес відрізняється тим, що присадка водяної пари, необхідної для якісної газифікації палива, виконується за рахунок додавання до основного палива певної кількості вологого деревного палива. Цей спосіб дотепер знаходить широке використання завдяки простоті і високій ефективності.

У цьому ж році відомим французьким винахідником Імбертом був побудований перший газогенератор з горизонтальним процесом газифікації (франц. пат. №571483). Він отримав подальший розвиток в конструкції газогенератора Макдональда (пат. США №1938296) і суттєво вплинув на подальший розвиток транспортних газогенераторів.

У 1924 р. Д. Смітом (герм. Пат №398936) був побудований перший газогенератор автоматичної дії з автоматизацією всіх операцій по обслуговуванню його роботи.

У 1924 р. військове міністерство Франції вперше випробувало газогенераторні автомобілі на маневрах. Роботи В. Фойта (1933 р.) і Е. Розера (1938 р.) присвячені вдосконаленню процесу газифікації в транспортних газогенераторах.

Наступний крок в галузі розвитку технології автотракторних газогенераторів горизонтального процесу газифікації був зроблений французьким винахідником Ж. Гоеном (франц. пат. №646272) в 1928 р. По його схемах дотепер проектують газогенератори для вантажних автомобілів і сільськогосподарської техніки у всіх країнах. Основна ідея, покладена в основу його робіт, полягає в створенні умов при яких процес газифікації біомаси буде протікати за схемою $C+O=CO$ (за рахунок високої швидкості повітряного піддуву), а не по класичних схемах $C+O_2=CO_2$ і $CO_2+C=2CO$.

На шляху масового застосування автомобільних газогенераторів постала проблема технічної складності: генераторний газ містив велику кількість домішок, в першу чергу смол. Отже, перед подачею у двигун його треба було фільтрувати. Але цю проблему досить швидко вирішили в Німеччині у 1940 р., коли німецькі війська окупували Францію. В складі німецьких тилових частин перебували вантажівки, які не мали потреби в бензині. Нововведення було дуже доречним: бензин в окупованих районах у вільний продаж не надходив, а вугілля, деревини і інших органічних відходів вистачало, оскільки стратегічними матеріалами вони не вважалися.

Подальший свій розвиток транспортні газогенератори одержали у Франції, Німеччині і Швеції. Ці країни не мали своїх запасів нафти і після другої світової війни відчували гостру недостачу палива. Саме тому дуже велике значення в повоєнні роки фахівці французької і шведської автомобільної промисловості приділяли використанню газового палива. Найбільш практичним виявилось застосування автомобілів, обладнаних газогенераторною установкою для газифікації органічної сировини, а не використання машин із запасом стислого або зрідженого газу на борті. Організація мережі газонаповнювальних станцій вимагала значних капіталовкладень, а виробництво високоміцних балонів для стисненого газу – застосування дефіцитних легованих сталей. Відсутність необхідної виробничої бази зробила ці причини вирішальними і сконцентрувала увагу навколо створення мобільних транспортних газогенераторів.

Тільки з 1946 р., після того, як дешеве пальне нафтового походження стало загальнодоступним, розвиток технології транспортних газогенераторів у розвинених капіталістичних країнах занепав.

Становлення і конструктивний розвиток вітчизняних газогенераторів. Газогенераторні установки, широко поширені в Європі, в царській Росії впроваджувалися дуже повільно через успішний розвиток ДВЗ на рідкому паливі. В Російській імперії до початку першої світової війни були встановлені газогенераторні двигуни загальною потужністю близько 95000 кВт. З них двигуни загальною потужністю до 87000 кВт. були імпортовані з Німеччини й Англії, а двигуни потужністю 8000 кВт. були побудовані на вітчизняних заводах (Харківський паровозобудівний завод, Коломенський машинобудівний завод, Люберецький завод і ін.). Виробництво газогенераторних установок припинилося в період з 1925 по 1926 рр. Дефіцит імпортного обладнання спонукував споживачів вибирати нафтові двигуни, менш вигідні в експлуатації, але власного виробництва [5]. Перші розробки вітчизняного автомобільного газогенератора слід віднести до 1915 р. Перший газогенератор був встановлений на “Руссо-балтс 24-40” і використовувався для живлення прожекторів. Ця модель не мала подальшого розвитку внаслідок евакуації з Риги Російсько-Балтійського вагонного заводу у вересні 1915 р. і наступної революції 1917 р.

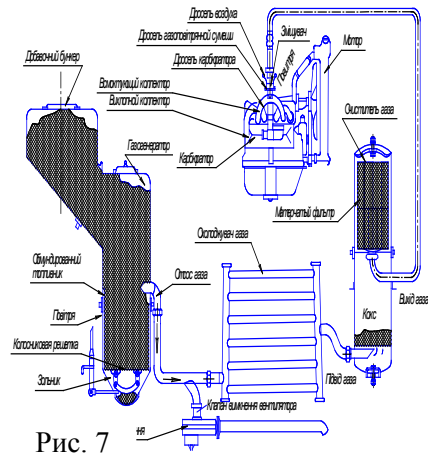


Рис. 7

Піонером вітчизняних розробок, присвячених автомобільним газогенераторам, став ленінградський професор В.С.Наумов, який побудував газогенераторну установку “В-1” (патент 1923 р.) із прямим процесом газифікації для деревного вугілля і випробував її на вантажному автомобілі “Фіат-15-тер”. В удосконаленому вигляді ця установка більш відома під маркою “В-5” (рис. 7). Надалі газогенератори, які використовують деревне вугілля, вивчалися В.П. Коропівом у Військовій академії механізації і моторизації (ВАММ) Червоної Армії (1927–1933 рр.), Н.А. Михайлівським у Центральному науково-дослідному інституті механізації і енергетики (ЦНДІМЕ) лісової промисловості (1935 р.), В.М. Володіном в Ленінградському індустріальному інституті (1935–1936 рр.). При НАТІ, ВіСХОМ і інших інститутах були організовані спеціальні відділи, які й надалі розвивали радянські газогенераторні установки.

В 1931 році був оголошений перший всесоюзний конкурс на тракторну газо-генераторну установку. Переможцем став газогенератор конструкції інженера Декаленкова, який в подальшому встановлювався на трактор “Комунар-50”.

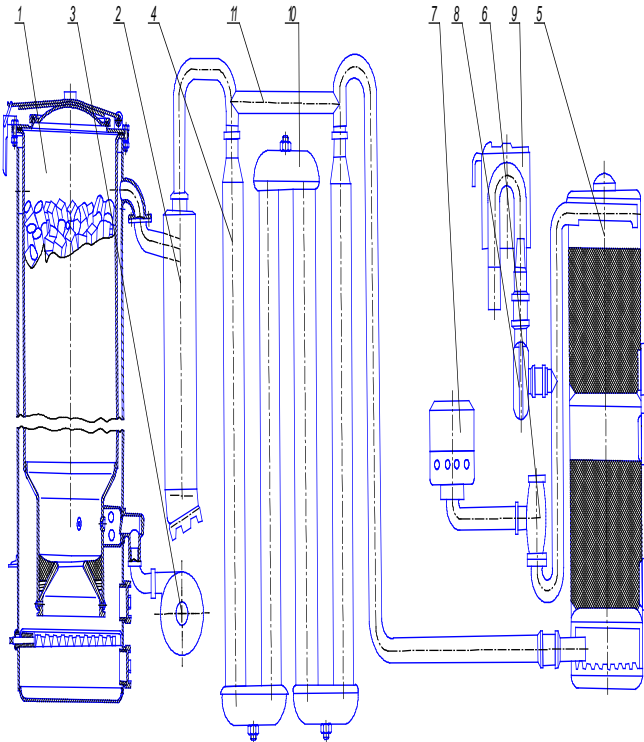


Рис. 8. Газогенераторна установка автомобіля Урал-ЗІС-352 с газогенератором оберненого процесу газифікації для деревних трісок.

1. Газогенератор; 2. Грубий інерційний очисник газу; 3. Повітродувка; 4. Охолоджувач газу;
5. Змішувач; 6. Вертикальний тонкий очисник;
7. Повітроочисник; 8. Вентилятор розпалювання;
9. Пусковий нагрівач. 10. Кришки;
11. Перепускна труба.

Активна розробка автомобільних газогенераторів в СРСР почалася з ініціативи уряду в 1935 р. На зміну найпростішим установкам, які працювали на деревному вугіллі, прийшли більш складні, які використовували в якості палива деревні цурки розміром 40×40×50 мм.

Застосування такого виду палива ставило більш жорсткі вимоги до конструкції газогенератора. Над деревинними газогенераторами працювали: трест “Лісосудомашбуд” і ЦНДІМЕ

(генератори “Піонер” С.І. Декаленкова 1933–1935 рр.); “Газогенератор буд” (А.А. Введенський, 1934–1935 рр.); НАТІ (І.С. Мезін, А.І. Пельтцер, С.Л. Косов, 1935–1936 рр.); завод ГАЗ (Н.Т. Юдушкін, 1936–1939 рр.); завод ЗІС (А.І. Скерджиїв, 1936–1939 рр.); Лісотехнічна академія ім. Кірова (проф. Е.В. Фролов, 1935 р.) та ін. Одночасно проводилися дослідження по використанню антрациту, торфу і солом’яних брикетів для отримання генераторного газу.

Більш суттєві труднощі викликало створення довговічної і ефективної камери згоряння. Були випробувані кераміка, кременистий чавун, жароміцна хромонікелева сталь. Остання давала найкращі результати, але

нікель був дефіцитний і імпортувався. Виконані ж з інших матеріалів камери згоряння виявлялися недовговічними і швидко прогоряли.

Газогенераторні установки були громіздкими. Їх маса коливалася в діапазоні від 400 до 600 кг. В результаті газогенераторна модифікація, скажімо вантажівка ЗІС-5, втрачала понад 0,5 т. вантажопідйомності.

Виникали труднощі з пошуком оптимальної компоновки системи на легковому автомобілі. Потрібна була особлива інженерна витонченість, на яку спромігся А.І. Пельтцер. Він сконструював дослідні газогенераторні модифікації ГАЗ-А і ГАЗ-М1. На моделі ГАЗ-А в 1935 р. була змонтована установка “НАТІ-автодор-3”, а на іншій – в 1938 р. різновид установки НАТІ-Г12.

Цікаво, що у вересні 1938 р. А.І. Пельтцер, А.Н. Понізовкін і Н.Д. Тітов пройшли на обладнаному газогенератором автомобілі ГАЗ-М1-Г відстань 5000 км без зупинок, показавши середню швидкість 60,96 км/год. Цей результат перевищував тодішній світовий рекорд швидкості на цій дистанції для газогенераторних автомобілів.

При переобладнанні з бензину на газ потужність двигуна внутрішнього згоряння знижується. Для компенсації втрати потужності доводиться збільшувати ступінь стискання. Так, на ГАЗ-М1-Г вона була збільшена з

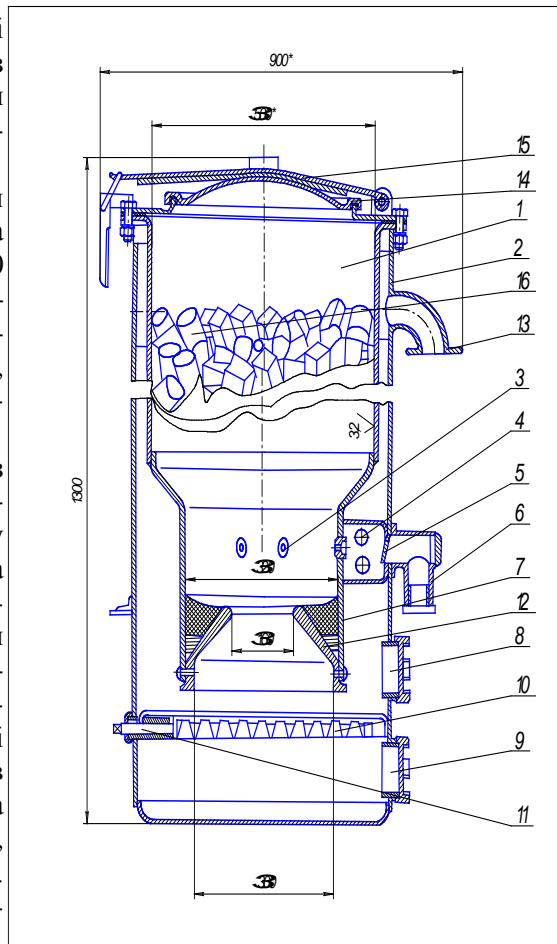


Рис. 9. Газогенератор автомобіля Урал-ЗІС-352 оберненого процесу газифікації для деревних трісок.

1. Бункер; 2. Корпус; 3. Фурми;
4. Повітророзподільна коробка;
5. Обернений клапан; 6. Патрубок;
7. Корпус; 8. Люк; 9. Люк.
10. Колосникова решітка; 11. Вісь решітки; 12. Горловина; 13. Патрубок;
14. Ресора; 15. Кришка люка; 16. Паливо (деревинні тріски).

4,6 до 6,4. Незважаючи на ці заходи, потужність двигуна досягала тільки 37 к. с., а максимальна швидкість автомобіля – 87 км/год. Витрати деревних цурок становили 32 кг на 100 км пробігу. Маса ГАЗ-М1-Г у спорядженому стані становила 1600 кг проти 1370 кг.

Газогенераторні установки різних конструкцій випробовувалися переважно на вантажівках: ГАЗ-АА, ЗІС-5, ЯГ-4. Через втрату потужності газогенераторна модифікація двигуна ЗІС-5 виявилася малоприсадною для такої важкої машини, як ЯГ-4. Тому вся увага була зосереджена на інших моделях.

Виробничою базою для випуску газогенераторних установок було обрано харківський завод “Світло шахтаря”. Наприкінці 1935 р. завод розпочав виготовлення 500 комплектів системи “Піонер-Д8” конструкції С.І. Декаленкова для вантажівок ЗІС-5. Випуск був припинений в 1936 р. Одночасно завод поставив на ГАЗ-АА дослідну партію з 76 газогенераторів В-5 конструкції А.А. Введенського.

Що стосується НАТІ, то послідовна робота над моделями НАТІ-10 для ЗІС-5 і НАТІ-11 для ГАЗ-АА (обидві – розвиток конструкції “НАТІ-автодор-2” І.С. Мезіна) дозволила колективу інституту накопичити значний практичний досвід і створити конструкції, придатні для серійного виробництва. Однією з них стала установка НАТІ-П4 1936 р, розроблена під керівництвом С.Л. Косова. Її виготовлення і встановлення на ГАЗ-АА розпочалося в 1936 р. на заводі “Світло шахтаря”.

Надалі ГАЗ, спираючись на досвід експлуатації газогенераторів В-5, НАТІ-11, а пізніше і НАТІ-Г14 на вантажівках ГАЗ-АА, створив власну модель, яка встановлювалася на серійні газогенераторні вантажівки ГАЗ-42. З 1939 по 1946 р. було випущено 33840 машин цієї моделі.

Газогенераторна установка автомобіля ГАЗ-42 мала масу 415 кг. Отже, вантажопідйомність автомобіля знизилася з 1500 до 1200 кг. Незважаючи на збільшену до 6,2 ступінь стискання та інші заходи, потужність двигуна не перевищувала 30 к. с., а найвища швидкість знизилася до 50 км/год. Щоб компенсувати різке погіршення тягових показників, передаточне число головної передачі на ГАЗ-42 довелося збільшити з 6,6 до 7,5. Процес розпалювання газогенератора займав 10–14 хв., витрата деревних цурок становила приблизно 53 кг/100 км. пробігу, а запас ходу – 60–70 км.

На ЗІСі під керівництвом А.І. Скерджієва і А.І. Пельтцера був сконструйований газогенератор ЗІС-13 на шасі ЗІС-11. На відміну від ГАЗ-42, у якого камера згорання виготовлялась з дешевої низьковуглецевої алітованої сталі, у ЗІС-13 її виготовляли із хромонікелевої жаростійкої сталі. Газогенератор ЗІС-13 вироблявся із середини 1936 р. до середини 1938 р. Ступінь стискання двигуна ЗІС-13 була підвищена до 7,0. Для запалювання використовувалося магнето. Потужність його не перевищувала 48 к. с., а найбільша швидкість – 45 км/год. Вантажопідйомність автомобіля становила лише 2,5 т при власній масі до

3,8 т. Витрата деревних цурок досягала 80–85 кг/100 км., а запас ходу – 90 км. Розпалювання газогенератора тривало 7 ... 9 хв.

В цілому, за два роки з воріт заводу вийшло близько 900 вантажівок ЗІС-13. На зміну їм наприкінці 1938 р. прийшли машини ЗІС-21. Їх газогенераторна установка була більш простою та надійною, а її маса становила 440 кг. І хоча вантажопідйомність газогенераторної модифікації залишилася незмінною (2500 кг.), її споряджена маса зменшилася до 3700 кг. Двигун розвивав потужність 45 к. с., а автомобіль – швидкість 45 км/год.

Ця модель виявилася найбільш вдалою серед газогенераторних автомобілів і в модернізованому варіанті (Урал ЗІС-21 А) випускалася Уральським автомобільним заводом з 1946 до 1952 рр.

Крім вантажних машин у передвоєнний період були випробувані газогенераторні модифікації міського автобусу (НІГТ-П) і навіть напівгусеничного всюдихода ГАЗ-60. Тягові можливості останнього в газогенераторній модифікації стали незначними – усього 37 к.с., крім того газогенератор демаскував машину через дим, що для армії було неприйнятно.

Були також розроблені газогенераторні моделі автомобілів, для яких паливом слугувало кам'яне вугілля. Вони отримали незначне поширення, головним чином у тих районах, де це паливо було побічним продуктом основного виробництва. Для випуску таких моделей НАТІ розробив установки Г21 і Г23, якими оснащувалися відповідно автомобілі ГАЗ-43 і ЗІС-31. Ці установки були простішими за конструкцією і легшими за аналоги на дров'яних цурках. Маса НАТІ-Г21 становила 250 кг, а НАТІ-Г23–310 кг. Вони витрачали приблизно в півтора рази менше палива за масою, а їх розпалювання відбувалося швидше (за 3–4 хв.). Однак очищення таких газогенераторів, а також очисника-охолоджувача, доводилося робити через кожні 250 км. пробігу, в той час як у деревинних газогенераторів – через кожні 1000 км.

Під час війни газогенераторні трактори і автомобілі стали основним видом механізованого транспорту в тилу, особливо в сільському господарстві і на лісозаготівлях. Тільки в 1940 р. в ліспромгоспах працювало більше 4000 газогенераторних автомобілів і тракторів.

Перший у світі трельовальний трактор КТ-12, розроблений в 1949 р., теж працював на дровах. Втім, використовувалися не тільки дрова, але практично будь-яка органічна речовина. Ще у 1956 році на лісозаготівлях використали більше 20 тисяч таких тягачів.

Автомобіль “Урал-ЗІС-352” був останньою в радянському і світовому автомобілебудуванні серійною моделлю з газогенераторним силовим агрегатом (рис. 8 і рис. 9). Але дослідні роботи тривали. Вже на базі “Урал-ЗІС-355М” розроблялися і були виготовлені дослідні зразки останніх серійних “газ-генів” у світі – “Урал-ЗІС-354” і “Урал-ЗІС-356”.

Всього в СРСР у 40-х і 50-х роках використовувалося більше 200 тис. різних стаціонарних і пересувних машин, обладнаних газогенераторами [5], що дозволило заощадити мільйони тонн нафти, оскільки газогенераторні установки виробляли щорічно більше 35 млрд. м³. енергетичних і технологічних газів.

Результати досліджень

Використання транспортних газогенераторних установок досягло піку під час Другої світової війни, коли їх загальна кількість світі перевищила 1 млн. Вони знайшли широке застосування на автомобілях, тракторах, мотоциклах, річкових судах, залізничних тягових машинах (мотрисах).

З діаграми 1 видно, що інтерес до використання технологій термохімічної конверсії рослинної біомаси залежить від вартості нафтопродуктів. Проведене нами дослідження показує, що число патентів на транспортні газогенераторні установки було найбільшим у 2004 і 1979 роках, після спаду активності в 1950-х і 1960-х. Важливо відзначити розходження між ранніми піками високої зацікавленості в даній області і існуючою ситуацією за останні 3 десятиліття. Раніше збільшення наукового інтересу було пов'язано зі збільшенням кількості газогенераторних установок в практичному використанні. Сучасні інтенсивні наукові пошуки не характеризуються великою практичною і комерційною активністю. Це пов'язано, насамперед, з характеристикою систем енергетики і економіки промислово-розвинених країн і тих, що розвиваються.

У промислово-розвинених країнах твердопаливні газогенератори застосовуються головним чином для ДВЗ транспортних засобів у галузях промисловості з надлишком залишкової біомаси (переважно в сільському господарстві). Електрика, вироблена центральними електростанціями, забезпечує потреби енергоємних секторів промисловості. Безсумнівним лідером у розвитку цих технологій є Швеція, яка офіційно ухвалила рішення щодо проведення підготовки до переведення сільськогосподарських і деяких інших транспортних засобів на деревне паливо [6]. Несприятливу економічну атмосферу для розвитку технологій газифікації (зумовлену недостатньо високою різницею вартості деревних відходів з однієї сторони і нафтовими паливами і електрикою з іншої, щоб компенсувати додаткові витрати, пов'язані з обслуговуванням газогенераторних установок) уряд Швеції вирішив розрядити шляхом збільшення податків на імпортовані палива і виплатою дотацій на транспортні засоби з газогенераторами.

Дослідні роботи активно ведуться також в Німеччині, Фінляндії, Данії, Канаді, США, Голландії і Японії. Причому цікаво відзначити той факт, що

у США, де досить скептично ставляться до перспектив переходу навіть сільськогосподарської техніки на генераторний газ, розвиток цієї технологія активно фінансується Департаментом з надзвичайних ситуацій, видаються настільні керівництва і проспекти [15], які безкоштовно розповсюджуються серед жителів сільських місцевостей і відокремлених районів. Така практика притаманна і іншим розвиненим країнам. Подібні заходи корисно було б проводити і в Україні, особливо в районах з великою ймовірністю стихійних лих.

Енергетика більшості країн, що розвиваються, характеризується широким використанням ДВЗ в якості приводу генератора для забезпечення електроенергією господарчих потреб, особливо, сільських місцевостей. Це обумовлено відсутністю в цих країнах розгалуженої системи енергетики.

Таке розходження структур енергетичних господарств пояснює зниження зацікавленості до використання біомаси як пального для ДВЗ в промислово розвинених країнах і стійку високу зацікавленість в технології газифікації біомаси в силових цілях в країнах, що розвиваються.

Серед країн, що розвиваються, безсумнівними лідерами в розвитку технології газифікації біомаси є Бразилія, Філіппіни, Індія, Китай, ПАР, Куба, Малі, Кенія, Бурунді, Мадагаскар. В цих країнах вищезгадана технологія закріплена урядовими програмами з метою усунення залежності економіки від паливного імпорту. Причому в якості палива в цих країнах використовується переважно деревне вугілля через високі перспективи комерціалізації саме таких газогенераторних установок. Це пояснюється надмірним вмістом смол у газі від безпосередньої газифікації деревини і усуненням цього недоліку в процесі виробництва деревного вугілля. Найбільш активно технологія газифікації розвивається на Філіппінах, в Індії, Бразилії і Кубі, де основний акцент ставиться на деревне вугілля, і в ПАР, де домінують кам'яне і буре вугілля. Досвід ПАР особливо цікавий, тому що ембарго, накладене на ПАР у 1975 р. поряд з відсутністю власних запасів газу і нафти привело до різкого скорочення споживання палив нафтового походження, і практично всі галузі промисловості були переведені на генераторний газ, одержуваний з кам'яного і бурого вугілля, значні запаси якого розташовані на території країни. Генераторний газ там широко використовують і по сей день, не тільки як автомобільне паливо, але і для виплавки чавуну, сталі, на електростанціях і теплоцентралях.

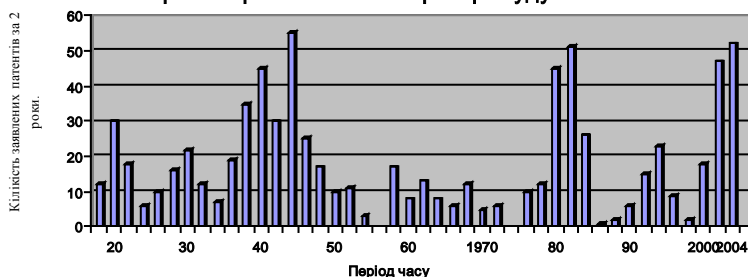
В країнах, що розвиваються, існують досить різні перешкоди широкому використанню технологій газифікації біомаси. Як показали дослідження, проведені на Філіппінах і в Бразилії, використання деревини як палива для ДВЗ може бути економічно рентабельним в країнах з низькими трудовитратами, особливо в регіонах з високими цінами на нафту

(Мадагаскар) [7]. Проте використання біомаси як палива в багатьох країнах, що розвиваються, з величезним техніко-економічним потенціалом для розвитку технологій газифікації ускладнене або навіть неможливе (о. Тимор, С'єре-Леоне та ін.). Інша перешкода використання біомаси для виробництва газу – це відсутність науково-технічної бази і нестача комерційно-доступного обладнання. Ще одна причина – відсутність інвестицій і розгалуженого ринку поставки палива (роздавальних станцій деревного вугілля тощо).

В країнах СНД газогенератори масово не використовуються. Єдине виключення – Естонія: у Кохта-Ярве працює завод, де газифікують горючі сланці, які у великій кількості видобуваються в північно-східних регіонах країни. Генераторного газу виробляється стільки, що для його транспортування побудували 400-кілометровий газопровід до Таліна. В Естонській столиці на генераторному газі працюють усі міські котельні [8].

У країнах колишнього СНД розробкою газогенераторних технологій займаються: у Білорусії, під патронатом ПРООН/ГЭФ здійснюється проект №. ВУЕ/03/G31 “Енергія біомаси для опалення й гарячого водопостачання в Республіці Беларусь” Білоруським державним аграрним технічним університетом – “БАТУ”; у Росії – ЗАТ “Імпет” – виробник газогенераторів на базі розробок інституту проблем Хімічної фізики Російської академії наук; на Україні – Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України й ТОВ НТЦ “Біомаса”.

Діаграма 1. Динаміка проведення випробувань в галузі транспортного газогенераторобудування.



XXI століття обіцяє автомобільним газогенераторам широке поширення. Хоч сам процес газифікації твердих палив не новий, але саме зараз винайдені і розроблені технології, які істотно підвищують не тільки швидкість процесу протікання газифікації, але і його якість, підвищуючи к.к.д. газогенераторної установки до 85 %. Великий науково-технічний досвід України у виробництві промислових і транспортних газогенераторів, накопичений в першій половині минулого століття (див.

діаграму 2) поряд з її високим промисловим потенціалом і величезними



запасами поновлюваної паливної біомаси, створюють безпрецедентні передумови для подальшого вдосконалювання і усіякого розвитку цієї технології. Проте незважаючи на перераховані переваги, паливна біомаса не має реального ринку на Україні. Це пояснюється відсутністю ефективних урядових програм щодо розвитку альтернативних джерел енергії. Поява подібного обладнання у потенційного споживача (переважно дрібні й середні фермерські господарства) залежить від можливості запозичити їм гроші під розвиток проекту. Отже, для подальшого розвитку технології використання газогенераторів на Україні слід забезпечити на Державному рівні економічно-вигідні схеми кредитування, як це роблять, наприклад, в Польщі, де під розвиток паливних біотехнологій надають пільгові кредити.

Висновки

На Україні щорічний приріст біомаси становить 100 мільйонів кубометрів у рік [1]. Це доводить, що навколишня фауна при раціональному її використанні – невичерпне джерело енергії.

Майбутній розвиток технології транспортних газогенераторів на Україні залежить головним чином від того, чи буде розроблена відповідна урядова програма підтримки як споживачів, так і вітчизняних виробників газогенераторних установок і паливного забезпечення.

Порівнювання сучасних моделей компактних високопродуктивних газогенераторів автомобільного типу з вихідною базою розвитку (громіздкими, важкими стаціонарними газогенераторами) наочно ілюструє конструктивну еволюцію транспортного генераторобудування і можливості подальшого її вдосконалювання.

Перспективи подальших досліджень

В Україні найбільш доцільне використання транспортних газогенераторів фермерськими і лісозаготівельними господарствами, а також іншими галузями промисловості, де є надлишок паливної біомаси. Особливо ефективно на базі сучасних газогенераторних установок комплектувати універсальні сільськогосподарські модулі [11], причому енергетичне забезпечення робочих установок теж здійснюється за рахунок газогенератора, основними критеріями вибору якого є простота виготовлення і експлуатації, надійність, низька вартість, можливість роботи в складі приводу електрогенератора.

Київський договір, ратифікований в 1999 р., визначив на території України пріоритетне державне завдання: змінити паливний баланс на користь поновлюваних видів палива, встановивши квоти, які щорічно скорочують використання мінеральних палив. У зв'язку з цим всі технології газифікації біомаси в силових цілях очікує новий підйом.

Література

1. Лось Л. В., Цивенкова Н. М. Проблема енергоносіїв та її вирішення в сільському господарстві України біоенергетичними газогенераторами // Вісник ДАУ. – 2004. – №2(13). – С. 3–21.
2. Тренклер Г. Р. Газогенераторы: пер. с нем. и переработка Н. Н. Лазарева. – М.: “Госэнергоиздат”, 1933.
3. Техническая Энциклопедия / Главный ред. Л. К. Мартенс. – 2-е изд. испр. и доп. – М., 1937. – Т.5.
4. Машиностроение: Энциклопедический справочник / Под ред. Л. К. Мартенса. – М., 1948. – Т. 11. “Конструирование машин”.
5. Шугуров Л. М. Автомобили России и СССР. – М.: “ИЛБИ”, 1993. – Т.1. – 256 с.
6. Wood gas as engine fuel. – Via delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy.: Publications Division “Food and Agriculture Organization of the United Nations”, 2005. – 100 p.
7. Baja L. Promotion of producer gas projects in the Philippines. – Ibid.: “Ibid”, 1983. – 600 p.
8. Єрємєєв І., Самолов Ю. Газогенератори: історія і сучасність // ЕСТА. – 2003. – №2(38). – С. 22–25.
9. Судо М. М., Казанкова Э. Р. Энергетические ресурсы. Нефть и природный газ. Век уходящий. – М.: “Наука”, 2004. – 180 с.
10. Энергия биомассы для отопления и горячего водоснабжения в Республике Беларусь: Проект №ВУЕ/03/G31 ПРООН/ГЭФ. – Минск, 2004. – 32 с.
11. Самылин А. А. Автомобильный газогенератор – технология будущего // Леспром информ. – 2005. – №7 (29). – С. 65–71.