

© А. В. Ушаков, провідний інженер,
ORCID: 0009-0004-6805-0191,
e-mail: aushakov@insat.org.ua
(ДП «ДержавтотрансНДІпроект»)

© Anton Ushakov, Lead Engineer,
ORCID: 0009-0004-6805-0191,
e-mail: aushakov@insat.org.ua
(State Road Transport Research Institute)

ГАЗОГЕНЕРАТОРИ МИНУЛОГО... ЧИ МАЮТЬ ПЕРСПЕКТИВУ У МАЙБУТНЬОМУ?

GAS GENERATORS OF THE PAST... DO THEY HAVE PROSPECTS IN THE FUTURE?

Анотація. Проведене ретроспективне дослідження поширення газогенераторних автомобілів у світі, зокрема на території колишнього СРСР, у 1930-1950-х роках. Проаналізовано основні конструктивні недоліки, що зумовлювали значні ризики й небезпеки під час експлуатації таких транспортних засобів. Розглянуто потенційну можливість відновлення використання газогенераторів в автомобілях та іншій техніці в Україні з урахуванням законодавства.
Ключові слова: газогенератор, піроліз, альтернативне паливо, переобладнання.

Abstract. A retrospective study of the worldwide spread of gas generator vehicles — particularly within the former USSR — during the 1930s to 1950s (roughly 70–90 years ago) has been carried out. The principal design shortcomings that entailed substantial operational risks and hazards for such vehicles have been analysed. The study also considers the potential feasibility of re-introducing gas generator systems for vehicles in Ukraine, taking into account the current regulatory acts governing vehicle conversion.

A gas generator (gasifier) is a device for converting solid or liquid fuel into a gaseous form. The most common gas generators are those that run on wood, charcoal, hard coal, brown coal, coke and fuel pellets. Gas generators that use fuel oil and other types of liquid fuel as fuel are used much less frequently.

The beginning of the development and widespread use of transport gas generators can be considered 1914, the first industrial production of transport gas generators was established in France.

In 1938, the total number of gas generator vehicles in the world was no more than 10 thousand units, but by 1942 their number had increased to 600 thousand units, and by 1946 it had exceeded 1 million.

This is explained by the desire, primarily of European countries and the former Soviet Union, to ensure their energy security in view of the risk of war, and then during war.

The engines of gas generator vehicles lost a significant part of their power, their traction and dynamic characteristics deteriorated, and their maximum speed decreased due to the significantly lower calorific value of generator gas compared to gasoline.

Gas generator vehicles had an increased fire hazard, particularly in the event of an accident. Operation of gas generators posed a risk of burns and carbon monoxide poisoning for service personnel.

The publication analyzes the hypothetical possibility of resuming the use of gas generators for vehicles, taking into account the requirements of regulatory documents in force in Ukraine, which relate to the conversion of vehicles.

Keywords: gas generator, pyrolysis, alternative fuel, conversion.

Вступ

З огляду на суттєве подорожчання традиційних моторних палив – бензину, дизельного та газових палив, можливим нестабільним їхнім постачанням в Україну з'являється зацікавленість повернутися до використання газогенераторних установок у регіонах, де є наявними місцеві ресурси деревини, кам'яного вугілля, коксу, торфу та іншої енергетичної сировини, які в газогенераторах можуть бути перетворені (газифіковані) в альтернативне паливо – генераторний газ для живлення, насамперед, двигунів внутрішнього згоряння стаціонарного обладнання та іншої техніки, зокрема, автомобільної та сільськогосподарської.

Загалом газогенератор є пристроєм для перетворення твердого або рідкого палива в

газоподібну форму. Найпоширеніші газогенератори, що працюють на дровах, деревному вугіллі, кам'яному вугіллі, бурому вугіллі, коксі і паливних пелетах. Газогенератори, що використовують як паливо мазут та інші види рідкого палива, застосовуються значно рідше.

Газогенератор дає змогу газифікувати тверде паливо, що робить його використання більш зручним і ефективним, чи то опалювальний котел, двигун внутрішнього згоряння, газова турбіна або хімічна промисловість.

Основна частина

Принцип дії газогенератора

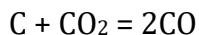
Принцип дії і реакції перетворення вуглецю (палива) у газогенераторі можна описати так [1]:

$C + O_2 = CO_2$ – це повне згоряння палива, яке супроводжується виділенням вуглекислого газу CO_2 ;

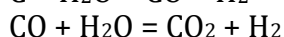
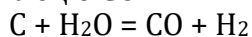
$C + (1/2) O_2 = CO$ – при неповному згорянні, в результаті якого утворюється горючий газ – оксид вуглецю CO .

Обидва ці процеси відбуваються в зоні окиснення газогенератора.

Оксид вуглецю CO утворюється також при проходженні вуглекислого газу CO_2 крізь шар розпеченого палива :



У процесі бере участь частина вологи палива (або волога, підведена ззовні) з утворенням вуглекислого газу CO_2 , водню H_2 , і оксиду вуглецю CO .



Зону, в якій протікають три описаних вище реакції, називають зоною відновлення газогенератора. Обидві зони – окиснення та відновлення, несуть загальну назву активна зона газифікації.

Існують три основні типи газогенераторного процесу: прямого, зворотного (принципова схема газогенератора зі зворотним процесом газифікації палива на **рис. 1.**) і горизонтального. Також відомі й газогенератори двозонного процесу, що представляють собою комбінацію прямого і зворотного процесів.

Приблизний склад газу, отриманого в газогенераторі зверненого процесу газифікації при роботі на деревних цурках абсолютною вологістю 20 %, є таким (у % за об'ємом):

- водень H_2 - 16,1 %;
- вуглекислий газ CO_2 - 9,2 %;
- оксид вуглецю CO - 20,9 %;
- метан CH_4 - 2,3 %;
- неграничні вуглеводні C_nH_m (без смол) - 0,2 %;
- кисень O_2 - 1,6 %;
- азот N_2 - 49,7 %. [1]

Отже, генераторний газ складається з таких основних компонентів – горючих (CO , H_2 , CH_4 , C_nH_m) і – баласту (CO_2 , O_2 , N_2 , H_2O). Активна частина газогенератора складається з трьох перетікаючих ділянок: термічного розкладання палива, окиснення, відновлення.

Калорійність генераторного газу також залежить від складу газу обдуву:

Повітря	3,8 - 4,5 МДж/м ³
Повітря + водяна пара	5 - 6,7 МДж/м ³
Кисень + водяна пара	5 - 8,8 МДж/м ³
Водяна пара	10 - 13,4 МДж/м ³

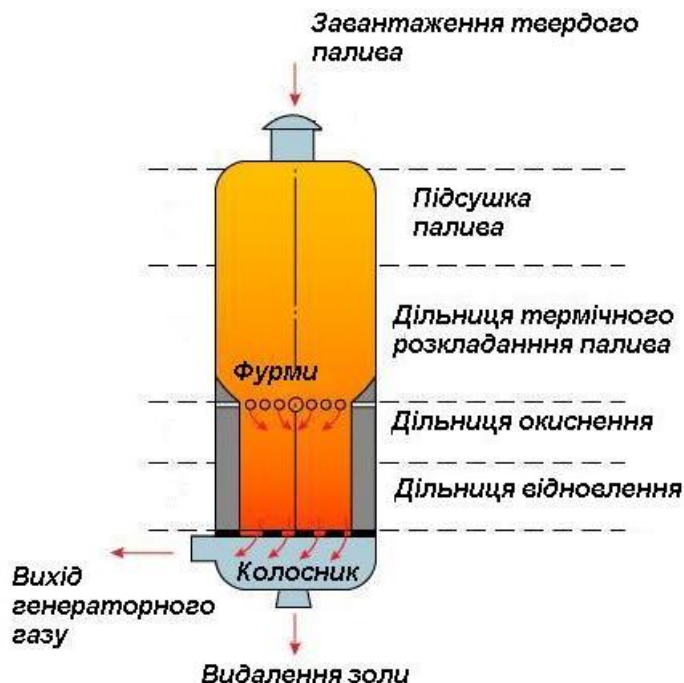


Рис. 1. Схема газогенератора зі зворотним процесом газифікації палива

Причини поширення транспортних газогенераторів

Початком розвитку і широкого застосування транспортних газогенераторів можна вважати 1914 рік, перше промислове виробництво транспортних газогенераторів було налагоджено у Франції.

Активний розвиток технологія автомобільних газогенераторів отримала в 1936 році, коли в період політичної нестабільності, що панувала у світовій спільноті, керівники більшості європейських країн, передбачаючи можливість війни і намагаючись забезпечити енергетичну безпеку своїх держав, почали субсидувати розвиток цього напрямку.

У Франції до 1938 року було 7800 газогенераторних вантажівок, які становили приблизно 2 % всього автомобільного парку країни. У 1940 році Франція зробила масове переобладнання комерційних і військових транспортних засобів з метою переведення їх на використання відходів біомаси. І до кінця 1940 року 50 тис. газогенераторних автомобілів було в дії, а ще 40 тис. газогенераторних установок перебувала у провадженні. Це стало можливим завдяки створенню в країні низки вданих конструкцій газогенераторних установок, що зробили великий вплив на розвиток технології у світовому масштабі.

У 1938 році загальна кількість газогенераторних автомобілів у світі складало не більше 10 тис. одиниць, але вже до 1942 року їхня кількість зросла до 600 тис. одиниць, а до 1946 року перевищило 1 млн.

Досвід використання газогенераторних автомобілів у колишньому СРСР, недоліки конструкції і ризику експлуатації

У колишньому Радянському Союзі газогенераторні установки для автомобілів почали серійно виробляти в 30-х роках минулого століття, газогенераторні автомобілі серійно виробляли з 1936 року. Найвідомішими моделями таких автомобілів були ЗИС-13, ЗИС-21, ГАЗ-42 та УралЗИС-352.

Залежно від конструкції встановленого на автомобілі газогенератора застосовували різні види твердого палива (деревні цурки, кам'яне і деревне вугілля, кокс, торф тощо), яке в газогенераторі перетворювали (газифікували) у генераторний газ. Причому, тверде паливо для газогенераторних автомобілів повинне було відповідати низці вимог щодо теплотворності, вологості, розмірів шматків, вмісту золи, смол, летючих речовин, механічної міцності тощо.

Конструкція громіздких і важких автомобільних газогенераторів того часу (наприклад, маса газогенераторної установки ЗИС-21А складала 520 кг [1]), була недостатньо досконалою і надійною, у зв'язку з чим їхня експлуатація, технічне обслуговування та ремонт потребували значних затрат часу. Лише розпалювання газогенератора (без застосування бензину) тривало 30-40 хвилин, потім необхідно було постійно підтримувати під доглядом підготовленого персоналу стабільний режим газифікації, з періодичністю біля 3-х годин «шурувати» паливо ломом у камері газифікації, не допускаючи зайвого шлакоутворення і перегріву камери, періодично докладати тверде паливо, витрати якого на автомобілях УралЗИС-352 складала 115 кг на 100 км пробігу [2] (у важких умовах експлуатації витрати палива сягали 165 кг на 100 км пробігу, запас ходу на однієї загрузці палива 30-35 км) [1].

Практично кожні 100-150 км пробігу елементи конструкції газогенератора потребували очищення від шлаку, золи і паливного пилу. Газогенераторну установку необхідно було щоденно оглядати і за необхідності усувати негерметичність ущільнюючими матеріалами, зокрема, азбестовими шнурами, ремонтувати зварюванням прогари корпусних деталей, замінювати гумотехнічні вироби, які часто виходили з ладу. Газогенератори систематично (кожні 8-10 тис. км) повністю розбирали, відчищали від шлаку, золи, пилу і засмолювання механічною обробкою та розчинни-

ками, окремі деталі пропалювали або замінювали новими.

Через значно меншу калорійність генераторного газу ніж бензину двигуни газогенераторних автомобілів втрачали значну частку потужності, суттєво погіршувалися тягово-динамічні властивості автомобілів і зменшувалася максимальна швидкість. У зв'язку з цим при переобладнанні бензинових автомобілів для роботи на генераторному газі були вимушені збільшувати ступінь стиснення, змінювати конструкцію впускної системи двигуна, збільшувати передавальне відношення головної передачі тощо.

Під час роботи газогенераторного автомобіля склад і калорійність генераторного газу коливалися в широких межах залежно від теплотворності і вологості твердого палива, розмірів його шматків, режиму газифікації, забруднення газогенератора та інших чинників. Це, а також те, що складні системи очищення генераторного газу були малоефективними і разом із газом до двигуна потрапляли зола, пил, смоли та інші шкідливі речовини, спричиняло не лише передчасне зношування двигуна, а й значні викиди шкідливих речовин із відпрацьованими газами.

Крім того, газогенераторні автомобілі мали підвищену пожежну небезпечність, зокрема, при скоєнні ДТП. Із працюючим газогенератором не дозволялося перевозити легкозаймисті вантажі, заїжджати до нафтобаз, АЗС, закритих приміщень гаражів і майстерень. Газогенератори не застосовували для газобалонних автомобілів. Експлуатація газогенераторів становила загрозу для обслуговуючого персоналу отримання опіків та отруєння чадним газом.

Враховуючи наявні недоліки газогенераторних автомобілів, їх застосовували переважно у віддалених регіонах під час Другої світової війни – у тилу, коли було неможливо постачання бензину і дизельного палива. У 1956 році, враховуючи недоліки газогенераторів, остаточно припинили виробництво останньої у колишньому СРСР моделі газогенераторного автомобіля УралЗИС-352.

За понад 20 років серійного виробництва газогенераторних автомобілів у колишньому СРСР їхня конструкція залишилася недосконалою, небезпечною і, зокрема, такою, що не змогла б відповідати основним вимогам правил, нормативів і стандартів, які на сьогодні діють в Україні.

Перспективи відновлення використання газогенераторів у автомобілях та іншій техніці

За майже 70 років, що минули після припинення виробництва газогенераторних автомобілів, технічний прогрес у технологіях і конструкційних матеріалах зазнав революційних змін, що відкриває потенційну можливість удосконалити як конструкцію газогенераторів, так і хімічні процеси, які в них відбуваються, усунути чи принаймні зменшити ключові недоліки, характерні для цього обладнання в минулому, та створити енергоефективні газогенератори удосконаленої, безпечної конструкції (далі – удосконалені газогенератори).

Однак дані з доступних джерел не підтверджують реалізацію цієї можливості — відсутня інформація про досвід створення й серійного виробництва удосконалених газогенераторів. В Україні немає такого обладнання, допущеного до промислового виробництва, яке можна було б використовувати для переобладнання автомобілів та іншої моторної техніки.

Відповідно до пункту 3 Порядку переобладнання транспортних засобів [3], переобладнання автомобіля для роботи на альтернативному газовому паливі, зокрема генераторному газі, може виконувати лише суб'єкт господарювання, який має нормативно-технічну документацію на такий вид робіт і свідоцтво про погодження конструкції транспортного засобу щодо безпеки дорожнього руху (далі – Свідоцтво).

Власник автомобіля не вправі здійснювати таке переобладнання в індивідуальному порядку, тим паче із застосуванням саморобного газогенератора кустарного виробництва, на який відсутня нормативно-технічна документація.

Отже, нині в Україні переобладнання автомобілів з установленням газогенераторів унеможливлено внаслідок відсутності:

- удосконалених газогенераторів, допущених до промислового виробництва;
- нормативно-технічної документації як на самі газогенератори, так і на такий вид переобладнання;
- суб'єктів господарювання, які мали б таку документацію і відповідні Свідоцтва.

Відновлення використання газогенераторів в автомобілях та в іншій техніці може мати перспективу лише за умови створення удосконалених газогенераторів без недоліків, відомих в минулому.

У цьому разі суб'єкту господарювання для отримання Свідоцтва на такий вид переобладнання та виконання його на постійній основі необхідно буде розробити, відповідно до вимог ДСТУ 3974 [4] та ДСТУ 8634 [5], нормативно-технічну документацію на газогенератор, здійснити постановку обладнання на виробництво, а також розробити нормативно-технічну документацію на переобладнання відповідних типів і моделей транспортних засобів із застосуванням газогенератора.

Постановка газогенератора на виробництво, відповідно до [4, 5], потребує, зокрема, розроблення конструкторської та технологічної документації, виготовлення та випробування дослідних зразків продукції, підтвердження відповідності продукції технічним регламентам та/або її сертифікації.

Найбільшою, а можливо й непереборною, проблемою відновлення використання газогенераторів в автомобілях є потреба забезпечити, щоб переобладнані транспортні засоби відповідали не лише вимогам пожежної безпеки, а й жорстким нормам щодо викидів шкідливих речовин.

З огляду на це, якщо буде створено достатньо досконалий газогенератор, доцільно розглянути можливість його використання, насамперед, не в автомобілях, а в іншій моторній техніці — як в стаціонарній, так і в мобільній (зокрема сільськогосподарській). Для таких машин екологічні вимоги є менш жорсткими, ніж для автомобілів, а їхнє переобладнання регулюється не Порядком [3], а іншими нормативно-правовими актами.

Створення і розширення використання удосконалених газогенераторів дозволило б зменшити енергетичну залежність від поставок імпорتنих енергоносіїв та застосовувати як моторне паливо дешеве тверде, відновлювальне паливо.

Висновки

1. Відновлення використання газогенераторів в автомобілях та в іншій техніці може мати перспективу лише за умови створення достатньо досконалого газогенератора без недоліків, відомих в минулому.

2. Технічний прогрес відкрив можливості для удосконалення конструкції газогенераторів та хімічних процесів, які в них відбуваються. Однак, досі відсутні дані про створення удосконаленого газогенератора, призначеного для переобладнання автомобілів та іншої техніки.

3. У разі створення достатньо досконалого газогенератора, найбільшою проблемою їхнього використання в автомобілях буде забезпе-

чення відповідності нормам щодо викидів шкідливих речовин. Тому було б доцільним розглянути можливість використання газогенераторів у стаціонарній і мобільній техніці, для якої екологічні вимоги є менш жорсткими, ніж для автомобілів.

4. Потенційне розширення використання удосконалених газогенераторів у окремих сферах дозволило б застосовувати дешеве тверде, відновлювальне паливо та зменшити залежність від імпортних енергоносіїв.

References

1. Tokarev H. H. (1955). Gas generator cars. Moscow, Mashhiz, 206.
2. Mashhiz. (1955). Gas generator car Ural-ZIS-352. Operation manual. Moscow, 160.
3. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2010, July 21). On approving the Procedure for

re-equipping vehicles (Resolution No. 607).

Retrieved from

<https://zakon.rada.gov.ua/go/607-2010-%D0%BF>

4. State Basic Center for Critical Technologies (SBC CT) "Mikrotek". (2000). DSTU 3974-2000 System for the development and delivery of products to production. Rules for the implementation of research and development work. General provisions. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=67207

5. Ukrmetrteststandart. (2016). DSTU 8634:2016 System for the development and delivery of products to production. Guidelines for the development and delivery of non-food products. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=65001