

МОЖЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ ТА ПРОБЛЕМИ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Шановалов Ю.О., Семенов М.М., Коробейнікова Н.В.

*Національний університет кораблебудування
імені адмірала С.Й. Макарова, м. Миколаїв*

У даній статті приведено визначення біогазу й основних його характеристик. Розглянуто цикл виробництва та використання біогазу на прикладі Швеції, де відзначено, що біогаз можна використовувати в якості палива у стаціонарній енергетиці. Для використання біогазу в транспорті необхідне його збагачення та доочистка. Розглянуті технології збагачення й очистки біогазу. Відзначено, що отриманий біометан можна використовувати через мережі природного газу, тому що він має практично ті ж характеристики. Його можна вільно застосовувати в автомобілях, двигуни яких пристосовані під природний газ. Приведені приклади використання біометану в двигунах внутрішнього згоряння, які працюють як від самозапалювання, так і з примусовим запаленням палива. Аналіз можливостей отримання та використання біогазу в енергетичних установках виявив, що в якості палива для транспортних засобів слід використовувати виключно очищений та збагачений біогаз – біометан.

Ключові слова: біогаз, біометан, отримання, збагачення, використання, транспортні засоби.

Постановка проблеми. Проблеми екологічної безпеки автомобільного транспорту є складовою частиною екологічної безпеки країни. Значимість і гострота цієї проблеми зростає з кожним роком. Викликає тривогу той факт, що викиди забруднюючих речовин в атмосферу від автотранспортних засобів збільшується на рік у середньому на 3,1 %. Один автомобіль щорічно поглинає з атмосфери в середньому більше 4 т кисню, викидаючи при цьому з відпрацьованими газами приблизно 800 кг чадного газу, 40 кг оксидів азоту і майже 200 кг різних вуглеців. У результаті по Україні від автотранспорту за рік в атмосферу надходить величезна кількість тільки канцерогенних речовин: 27 тис. т бензолу, 17,5 тис. т формальдегіду, 1,5 т бензапірена і 5 тис. т свинцю. У цілому, загальна кількість шкідливих речовин, яка щорічно викидається автомобілями, перевищує цифру в 20 млн. т. Із погляду нанесення екологічного збитку, автотранспорт лідує в усіх видах негативних впливів: забруднення повітря – 95 %, шум – 49,5 %, вплив на клімат – 68% [1].

Крім того, стрімке зростання цін на нафтопродукти і природний газ обумовлює необхідність інтенсифікації робіт з пошуку і освоєнню альтернативних джерел енергії. Для України один із пріоритетних напрямків досліджень у цій сфері - отримання енергії з біомаси тваринного і рослинного походження, твердих побутових відходів і каналізаційних стоків [2].

Останнім часом велике застосування в якості альтернативних джерел палива знаходить біогаз. Інтерес до біогазу як альтернативного палива виник завдяки екологічно чистому процесу його спалювання та можливості отримання біогазу в місцевих умовах [3].

Аналіз досліджень і публікацій. Біогаз виникає внаслідок розкладу органічної субстанції в результаті анаеробного мікробіологічного процесу (метанового бродіння). Різні групи бактерій розкладають органічні субстрати, які складаються переважно з води, білка, жиру, вуглеводів і мінеральних речовин на їх первинні складові – вуглекислий газ, мінерали та воду. Як продукт обміну речовин при цьому утворюється суміш газів, що отримала назву біогаз.

Розглянемо цикл виробництва та використання біогазу на прикладі Швеції [6]. Завод, що займається переробкою картопляних відходів був введений ще у 2006 році. На даний момент він виробляє кількість палива еквівалентно приблизно 15 тис. МВт. Проект активно підтримується Євросоюзом. Якщо жителі країни чистять картоплю, то відходи вони скидають у спеціальний контейнер. Туди ж відправляється морквяна та бурякова гичка, листя салату і т.д. Тут все залежить від бактерій, які в анаеробній середовищі розкладають біосміття. Виділяється газ, а також виходить компост, який можна використовувати у вигляді добрива сільгоспугідь. Потрібно вибудувати схему таким

чином, щоб природі не наносилася шкода і відходи використовувалися досить раціонально. Підключити до цього процесу можна будь-яке фермерське господарство. Після того як розкладеться біосміття, виходить добриво, яке 100 % натуральне, ефективне а не шкодить природі. Досвід роботи з газовими двигунами, що використовують біогаз в якості палива, є на різних підприємствах з очищення стоків, де двигуни служать для приводу вентиляційних установок і генераторів, як правило, великої потужності.

Таблиця 1 – Характеристика біогазу [4, 5]

Характеристика	Компоненти біогазу				Біогазова суміш (60% CH ₄ +40%CO ₂)
	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	
Об'ємна доля, %	55...70	27...44	<1	<3	100
Об'ємна теплота згорання, МДж/м ³	35,8	-	10,8	22,8	21,5
Границя займистості (вміст у повітрі), %	5...15	-	4...80	4...45	6...12
Температура займистості, °С	650...750	-	585	-	650...750
Критичний тиск, МПа	4,7	7,5	1,3	8,9	7,5...8,9
Критична температура, °С	-82,5	31,0	-	100,0	-2,5
Нормальна густина, г/л	0,72	1,93	0,09	1,54	1,2
Критична густина, г/л	102	468	31	349	320
Густина відносно повітря	0,55	2,5	0,07	1,2	0,83

Крім позитивних сторін є і причини, що стримують використання біогазу в якості моторного палива, це: прогорання випускних клапанів; нижча теплота згорання біоповітряних сумішей, а відповідно і гірші техніко-економічні показники роботи двигунів, при простій заміні бензину біогазом втрати потужності досягають 20–22 %, а економічності до 25 %; менша швидкість згорання біосуміші, а в підсумку цього – розтягування процесу згорання на такт розширення і, як результат, зменшення потужності та збільшення питомої ефективної витрати палива, (або зменшення ефективного ККД); нижча температура самозаймання, а звідси утруднений запуск ДВС, особливо при низьких температурах.

Для перевезення газу необхідно високе його стиснення, щоб можна було запасати в балонах необхідну кількість цього палива. Але таке застосування біогазу не економічно, по-перше, через необхідність застосування багатоступінчастої компресорної установки, по-друге, через дуже жорсткі вимоги до техніки безпеки. Це означає, що сьогодні мова може йти про застосування біогазу тільки у стаціонарному газовому двигуні низького тиску, наприклад для приводу вентиляторів, насосів, транспортерів, генераторів та ін.

Якщо зібрати біогаз та очистити його від вуглекислого газу та домішок, то отриманий газ називають біометаном. Його можна закачувати в особливі резервуари, відвозити на автозаправні станції. Наприклад, сьогодні, одна така заправка, обслуговує більше 40 міських автобусів, 200 автомобілів і 15 вантажівок, які відвозять зібране сміття на завод. Екологи зауважують, що згорянні у двигуні газ не виділяє шкідливих викидів, крім того, знижується попит на вуглеводневі види палива, економляться значні кошти в бюджеті. Поки ініціатори проекту говорять лише про те, що виявили одні плюси з усього цього і жодного мінуса [6].

Мета роботи. Розгляд можливостей використання біогазу на транспортних засобах і визначення його якості для економічно обґрунтованого зберігання, транспортування та використання.

Виклад основного матеріалу. Видалення двоокису вуглецю потрібне, в першу чергу, для подальшої подачі біогазу в мережі природного газу. Завдяки збільшенню вмісту метану можлива адаптація якості горіння біометану до вимог робочого стандарту DVGW. І 2006 року в Німеччині запущено 38 установок, які дають біометан в мережі природного газу. Для підготовки біогазу в Німеччині, а також в інших країнах Європи використовуються переважно промивка водою під тиском і установки короткоциклової безнагрівної адсорбції з подальшим хімічним промиванням. Вирішальне значення для вибору технології мають характеристики біогазу, досягну якість товарного біометану, втрати метану і в підсумку витрати на підготовку, які можуть коливатися в залежності від місцевих умов. У табл. 2 наведені основні характеристики технологій підготовки.

Таблиця 2 – Порівняння технологій збагачення метану [7]

<i>Технологія</i>	<i>Принцип дії/ характеристики</i>	<i>Досяжна доля CH₄</i>	<i>Інші характеристики</i>
Адсорбція	Чергуються фізична адсорбція та десорбція внаслідок зміни тиску	> 97%	Велика кількість реалізованих проектів, необхідне попереднє видалення сірководню та видалення вологи, мала керованість установки, велика потреба в електричній енергії, немає потреби в тепловій енергії, великі втрати метану, непотрібні технологічні хімікати
Промивка водою під тиском (ПДТ)	Фізична абсорбція водою в якості розчинника, регенерація зниженням тиску	> 98%	Велика кількість реалізованих проектів, не потрібне попереднє видалення сірководню и видалення вологи, гнучка керованість до об'ємів газу, велика потреба в електричній енергії, немає потреби в тепловій енергії, великі втрати метану, не потрібні технологічні хімікати
Амінова промивка	Хімічна абсорбція лугами для промивки, регенерація через пари води	> 99%	Реалізована мало, мала потреба в електроенергії, дуже велика потреба в тепловій енергії, мінімальні втрати метану, велика потреба в хімікатах
Промивка з Genosorb	Аналогічно ПДТ з Genosorb в якості розчинника	> 96%	Реалізовано мало проектів, рекомендується для великих установок, не потрібне попереднє видалення сірководню та видалення вологи, гнучка керованість до об'ємів газу, велика потреба в електричній енергії, немає потреби в тепловій енергії, великі втрати метану.
Мембранна технологія розділення	При пористих мембранах різниця тиску для розділення газу, в протилежному випадку швидкість дифузії газів	>96%	Реалізовано всього кілька проектів, необхідне попереднє видалення сірководню и видалення вологи, велика потреба в електричній енергії, немає потреби в тепловій енергії, великі втрати метану, не потрібні технологічні хімікати
Кріогенні технології	Зрідження газів, розділення при низьких температурах	>98%	Пілотні проекти установок, необхідне попереднє видалення сірководню та видалення вологи, велика потреба в електричній енергії, немає потреби в тепловій енергії, малі втрати метану, не потрібні технологічні хімікати.

На думку тих, хто розробляє схеми переробки, біометан – оптимальний вид палива. Не викидається нічого: солома, макуха та інші відходи сільського господарства так само йдуть в хід і переробляються. Із точки зору співвідношення «ціна-якість», претензій до ланцюжка немає. Біометан за собівартістю виходить набагато дешевше, ніж аналогічна кількість дизельного палива.

Слід зазначити, що використання природного газу, основою якого є метан, як альтернативного палива в Україні почалося вже давно [8]. На цей газ активно переходить автомобільний транспорт. Нині у країні проводиться потужна рекламна кампанія з переведення автомашин зі звичайного пального на природний газ. Економічна вигода від такого переходу очевидна. Природний газ виявився майже вдвічі дешевшим за пропан, який значно вигідніший за бензин.

Біометан має ті ж характеристики, що і природний газ. Тому його можна вільно застосовувати в автомобілях, двигун яких пристосований під природний газ.

Вигода від виробництва та застосування біометана:

- зниження енергетичної напруженості в країнах, де відсутні природні джерела енергії;
- вирішення проблем з утилізацією органічних відходів;
- різке зниження концентрації шкідливих речовин у вихлопних газах автомобілів;
- збільшення терміну служби двигунів внутрішнього згорання автомобілів, за рахунок незмивною масляної плівки.

У всьому світі виробництву біометана приділяється величезна увага (США, країни Західної Європи, Китай тощо), оскільки він вважається паливом майбутнього, адже це паливо, що добувається практично з нічого, а скоріше з того, що становить велику загрозу для людства – з відходів.

Із точки зору екології газові види палива успішно конкурують з традиційними видами палива. Найважливішими характеристиками будь-якого моторного палива є: енергетичні (теплохімічні) властивості, величина відношення вмісту водню та вуглецю, розміри та характер будови молекул. У газових видів палива співвідношення «водень – вуглець» складає 2,5–4; молекули хімічно стійкі і прості за будовою. Це забезпечує високоякісне протікання процесу згорання, бездетонаційну роботу двигуна та велику екологічну чистоту продуктів згорання [1].

Дизельні автомобілі найчастіше не переводяться повністю на біометан, оскільки в такому разі довелось б серйозно модифікувати сам двигун. Зазвичай встановлюється гібридний газодизельний варіант. У циліндри подається біометан, але в кінці такту стиснення надходить також невелика порція дизельного палива. Вона підпалює біометан, який не може самостійно спалахнути від стиснення. У циліндрах перед займанням знаходиться приблизно 70% біометану і 30% дизельного палива. Така пропорція зберігається при їзді по замських трасах. При русі автомобіля на низьких передачах (режим, характерний для міста), співвідношення біометану і дизельного палива змінюється в зворотному порядку. Крім прямої економічної вигоди є і ряд інших переваг газобалонного обладнання (ГБО). Перш за все, ГБО є всього лише додатковою системою і не вимагає глобальної переробки двигуна. Поряд з цим, воно дозволяє використовувати як біометан, так і традиційні види палива в одному автомобілі. Значно збільшується і запас ходу, оскільки машина оснащена паливним баком і одним або декількома газовими балонами. Біометан набагато менше забруднює масло у двигуні і заміну масла можна проводити рідше. Приблизно на 70% знижується викид шкідливих речовин в атмосферу. Газоповітряна суміш зменшує утворення нагару на поршнях і голівці блоку циліндрів. Збільшується і термін служби свічок. Оскільки біометан володіє високим октановим числом, він не викликає в двигуні детонаційні процеси. Автомобіль із ГБО працює тихіше. На газодизельних автомобілях спостерігається підвищення потужності та досягнення максимального крутного моменту на більш низьких обертах, що важливо для вантажівок великої вантажопідйомності [9, 10].

Оскільки біометан має велике значення октанового числа, це відкриває можливість для усунення недоліків, характерних для використання біометану. Правильно виставлене запалювання або використання октан-коректора назавжди закрийє це питання. Біометан в двигуні горить повільніше, ніж бензин. За рахунок цього трохи знижується динаміка розгону і спостерігається втрата потужності двигуна. Втрата потужності безпосередньо залежить від ступеня стиснення робочого об'єму двигуна і від алгоритму запалювання. Чим вище ступінь стиснення, тим менше втрати потужності (двигуни, розраховані під 95 бензин, добре працюють на біометані та видають до 98% потужності, що розвивається на бензині). А що стосується запалювання, то коригування під біометан допоможе максимізувати ККД. Для цього для займання біоповітряної суміші потрібно більш висока температура, ніж при займанні бензоповітряної суміші. З урахуванням вище викладеного робимо висновки, що для стійкого займання біоповітряних сумішей необхідно збільшити ступінь стиснення або ж потрібно збільшити енергію іскри запалювання. Наприклад, цього можна домогтися шляхом застосування механізму форсуночного запалювання або разточкою головки циліндра.

Висновки. Аналіз можливостей отримання та використання біогазу в енергетичних установках виявив, що в якості палива для транспортних засобів слід використовувати виключно очищений і збагачений біогаз – біометан.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Криницький Е. Экологичность автотранспорта должен определять Федеральный закон // Автомобильный транспорт. – 2000. – № 9.
2. Калетник Г. М. Біопалива : ефективність їх виробництва та споживання в АПК України : навч. посіб. / Г. М. Калетник, В. М. Пришляк. – Вінниця : Енозіс, 2008. – 192 с.
3. Біопалива (технологія, машини і обладнання) / [В. О. Дубровін, М. О. Корчемний, І. П. Масло та ін.]. – К. : Енергетика і електрифікація, 2004 – 256 с.
4. Барбара Эдер Хайнц Шульц. Биогазовые установки : практическое пособие Издано в 1996 г. Переклад з німецького компанією Zorg Biogas в 2011 р. Під науковою редакцією А. Реддих. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.zorg-biogas.com>
5. Васильева И. Г. Энергетический потенциал отходов сельскохозяйственного производства / И. Г. Васильева. – 1981. – № 7. – С. 57.
6. Производства биогаза в Республике Беларусь и Швеции. Обмен опытом : отчет о выполнении проекта / Ларс Риден. – CSD Upsala, 2012. – 40 с.
7. Хитров А. Н. Сельскохозяйственная биомасса как источник энергии / А. Н. Хитров – 1980. – № 4 – С. 57.
8. Чаговец В. М. Природный газ як моторне паливо. Перспективи використання на транспорті / В. М. Чаговец, В. Р. Козак, І. О. Орлов // VII Міжнародна конференція «Нафта та газ 2003». – 2003. – С. 4.
9. Карпенко В. И. Биотехнология в сельском хозяйстве и промышленности / В. И. Карпенко, Н. В. Реутская, Т. А. Игнатова // Технологическая биоэнергетика. – 1988. – Выпуск 3. – С. 97.
10. Карпенко В. І. Перспективи отримання палива з використанням природних і штучно створених біосистем / В. І. Карпенко, Д. В. Чернишенко // Україна: людина, суспільство, природа : тези доповідей міжнародної наукової студентської конференції. – К. : ВД «Києво-Могилянська академія», 1995. – С. 25.

REFERENCES

1. Krinickiyj E. Ehkologichnostj avtotransporta dolzhen opredelyatj Federaljnihyj zakon // Avtomobiljnihyj transport. – 2000. – № 9.
2. Kaletnik G. M. Biopaliva : efektnistj ikh virobnictva ta spozhivannya v APK Ukraїni : navch. posib. / G. M. Kaletnik, V. M. Prishlyak. – Vinnicya : Enozis, 2008. – 192 s.

3. Biopaliva (tehnologiya, mashini i obladnannya) / [V. O. Dubrovin, M. O. Korchemniy, I. P. Maslo ta in.]. – K. : Energetika i elektrifikaciya, 2004 – 256 s.
4. Barbara Ehder Khayjnc Shuljc. Biogazovihe ustanovki : prakticheskoe posobie Izdano v 1996 g. Pereklad z nimeckjogo kompanieyu Zorg Biogas v 2011 r. Pid naukovoyu redakcieyu A. Reddikh. [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu : <http://www.zorg-biogas.com>
5. Vasiljeva I. G. Ehnergeticheskiy potencial otkhodov seljskokhozyayjstvennogo proizvodstva / I. G. Vasiljeva. – 1981. – № 7. – S. 57.
6. Proizvodstva biogaza v Respublike Belarusj i Shvecii. Obmen opihtom : otchet o vihpolnenii proekta / Lars Riden. – CSD Upsala, 2012. – 40 c.
7. Khitrov A. N. Seljskokhozyayjstvennaya biomassa kak istochnik ehnergii / A. N. Khitrov – 1980. – № 4 – S. 57.
8. Chagovecj V. M. Prirodniy gaz yak motorne palivo. Perspektivi vikoristannya na transporti / V. M. Chagovecj, V. R. Kozak, I. O. Orlov // VII Mizhnarodna konferenciya «Nafta ta gaz 2003». – 2003. – S. 4.
9. Karpenko V. I. Biotekhnologiya v seljskom khozyayjstve i promihshlennosti / V. I. Karpenko, N. V. Reutskaya, T. A. Ignatova // Tekhnologicheskaya bioehnergetika. – 1988. – Vihpusk 3. – S. 97.
10. Karpenko V. I. Perspektivi otrimannya paliva z vikoristannyam prirodnikh i shtucho stvorenikh biosistem / V. I. Karpenko, D. V. Chernishenko // Ukraïna: lyudina, suspiljstvo, priroda : tezi dopovideyj mizhnarodnoï naukoivo studentsjkoï konferenciï. – K. : VD «Kievo-Mogilyansjka akademiya», 1995. – S. 25.

Шаповалов Ю.А., Семенов М.М., Коробейникова Н.В. ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА И ПРОБЛЕМЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Представлено определение биогаза и основных его характеристик. Рассмотрен цикл производства и использования биогаза на примере Швеции, где определено, что биогаз возможно использовать в качестве топлива в стационарной энергетике. Для использования биогаза на транспорте необходимо его обогащение и доочистка. Рассмотрены технологии обогащения и очистки биогаза. Отмечено, что полученный биометан можно использовать через сети природного газа, так как он имеет практически те же характеристики. Его можно свободно использовать в автомобилях, двигатели которых переоборудованы под природный газ. Приведены примеры использования биометана в двигателях внутреннего сгорания, которые работают как от самовоспламенения, так и с принудительным воспламенением топлива. Анализ возможностей получения и использования биогаза в энергетических установках показал, что в качестве топлива для транспортных средств необходимо использовать исключительно очищенный и обогащенный биогаз – биометан.

Ключевые слова: биогаз, биометан, получение, обогащение, использование, транспортные средства.

Shapovalov Yu.A., Semenov M.M., Korobeynikova N.V. POSSIBILITIES FOR BIOGAS AND PROBLEMS OF ITS APPLICATION TO TRANSPORT.

Presented by the definition of biogas and its main characteristics. The cycle the production and utilization of biogas from Example Sweden, where it is determined that the possibility to use biogas as a fuel in a fixed energy. For the use of biogas in transport is necessary to its enrichment and post-treatment. The technology of enrichment and purification of biogas. It is noted that the resulting biomethane can be used via the network of natural gas, since it has substantially the same characteristics. It can be freely used in cars, engines which are converted by natural gas. Examples of the use of biomethane in internal combustion engines, which work both on the auto-ignition and forced ignition of fuel. Analysis of opportunities and the use of biogas in power plants has shown that as a fuel for vehicles must use only purified and enriched biogas - biomethane.

Key words: biogas, biomethane, obtaining, refining, use, vehicles.

© Шаповалов Ю. О., Семенов М. М., Коробейникова Н. В.

Статтю прийнято
до редакції 17.11.15