

numbers, and functions – the usual trigonometric functions. Such representation of the gaps greatly simplifies the solution of the statistical dynamics of the planetary unit.

Dynamic and the corresponding mathematical model presented in [1] allow to solve the problem of forced oscillations occurring on a planetary gear. The main problem that remains unresolved – in what forms do random gaps occur to obtain a solution that would accurately reflect the actual processes load affected in the gearbox. For serial production error size and geometry parts are random and the refore should be determined by the laws of probability theory. Errors certain size are considered primary. The are distributed by the well-known practice of law.

KEY WORDS: FUNCTION GAP, POWERFLOW, STATISTICAL DYNAMICS.

#### РЕФЕРАТ

Тютин В.М. Статистическая динамика системы с внутренним разветвлением силового потока. / В.М. Тютин // Вестник НТУ. – К.: НТУ. – 2012. – Вып. 26.

Целью работы является разработка теоретических положений, направленных на уточнение расчетов на прочность зубчатых зацеплений планетарных редукторов.

Случайная функция зазоров в зацеплениях планетарного редуктора может быть отнесена к классу стационарных. В стационарных случайных функций, которые представлены в виде канонического разложения, случайность сосредоточена в амплитудах, а функции являются обычными тригонометрическими. Это значительно упрощает решение задачи статистической динамики планетарных редукторов.

Динамическая и соответствующая ей математическая модели, приведенные в [1] позволяют решать задачу принудительных колебаний, возникающих в планетарном редукторе. Главной проблемой, которая остается нерешенной – в каком виде завести в модели случайные зазоры, чтобы получить решение, которое бы достаточно точно отражало реальные процессы нагрузки зацеплений в редукторе. Для серийной продукции ошибки размеров и геометрической формы деталей являются случайными и поэтому должны определяться законами теории вероятностей. Ошибки отдельных размеров считаются первичными. Они распределены по известным из практики законам.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ФУНКЦИЯ ЗАЗОРА, СИЛОВОЙ ПОТОК, СТАТИСТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА.

УДК 621.43.

#### ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ В ЯКОСТІ МОТОРНОГО ПАЛИВА НА КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ

Шиманський С.І.

Постійно зростаючі потреби людства в енергії зумовлюють збільшення витрати енергоресурсів, що призводить до їх виснаження та забруднення навколишнього середовища. Відомо, що на даний час теплові двигуни є основним джерелом енергії для транспортних засобів. Останнім часом гостро постає питання необхідності економії природних ресурсів та збереження навколишнього середовища при збільшенні виробництва енергії, необхідної для задоволення потреб людства.

Найбільшу кількість енергії виробляють двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ), які одночасно споживають основну масу продуктів переробки нафти і є основним джерелом хімічного, механічного, теплового, шумового та інших видів шкідливого забруднення навколишнього середовища. Найбільш значне хімічне забруднення атмосфери відбувається шкідливими речовинами (ШР) відпрацьованих газів (ВГ).

В енергетичному комплексі розвинутих країн близько 80 % енергії, що виробляється енергетичними установками, отримують при роботі ДВЗ [1]. Основна частка потужностей ДВЗ зосереджена в автомобільному транспорті – 60 % та в агропромисловому комплексі – 25 % [2].

Одним із порівняно нових, перспективних (економічно вигідних і екологічно чистих) моторних палив є біогаз, який являє собою продукт, одержуваний за допомогою анаеробних бактерій в процесі розкладання і бродіння при певних умовах (температура, вологість і кислотність) у відсутності повітря, різних органічних матеріалів. Він є практично невичерпним видом палива.

До складу біогазу входить метан  $\text{CH}_4$ , до оксид вуглецю  $\text{CO}_2$ , а також в малих кількостях оксид вуглецю  $\text{CO}$ , водню  $\text{H}_2$ , азот  $\text{N}_2$ , кисень  $\text{O}_2$  повітря, водяна пара  $\text{H}_2\text{O}$  і сірчистий водень  $\text{H}_2\text{S}$ . Біогаз інакший, ніж традиційні види моторних палив впливає на роботу ДВЗ.

Основним недоліком при заміні нафтових рідких і газових моторних палив біогазом є зниження двигуном потужності. Це пов'язано з тим, що в залежності від сировини і способу отримання біогазу в ньому значне коливання вмісту метану. Крім того, при переводі ДВЗ на біогаз необхідно вирішувати ряд проблем, пов'язаних з подоланням наслідків зниження швидкості згоряння палива і погіршенням стабільності показників двигуна через наявність у свіжому заряді значної кількості інертних газів.[3]

Мало освоєним джерелом енергії є відновлювальні місцеві енергоресурси, потенціал яких сягає понад 100 млн. тонн умовного палива. Використання таких енергоресурсів становить щорічно лише 0,02 %.

Згідно з Постановою Верховної Ради України «Про проект розвитку паливно-енергетичного комплексу України до 2010 року» і за «Проектом національної енергетичної програми України до 2010 року» частка нетрадиційних і поновлювальних джерел у загальних об'ємах виробництва електричної енергії становитиме 8%, що може забезпечити економію в об'ємі 7,1 млн. тонн умовного палива щорічно.

Неминуче виснаження нафтових родовищ, підвищення світових цін на нафту, постійне посилення вимог до екологічних показників транспортних і стаціонарних двигунів змушують шукати заміну традиційному нафтовому моторному паливу. Одним із перспективних напрямків заміщення традиційних паливних ресурсів є використання біогазу як найдешевшого із біопалив.

Нафтові та газові кризи, погіршення екологічної ситуації змусили суспільство шукати шляхи заміщення своїх енергетичних потреб не тільки за рахунок вичерпних енергоресурсів, але й використовуючи нетрадиційні джерела. Україна задовольняє власні потреби в енергоресурсах на рівні 50%, тобто всі інші ресурси доводиться імпортувати. В середині минулого століття гостро постало питання енергозбереження. За рахунок енергозбереження в господарствах різних форм власності можливо досягти значної економії ресурсів та коштів. У серпні 1994 р. Верховною Радою України було прийнято Закон про енергозбереження [4], яким передбачено комплекс державних програм з енергозбереження та впровадження альтернативних джерел енергії. У 1996 році прийнята Національна енергетична програма до 2010 р., затверджена Верховною Радою України, яка передбачає використання альтернативних джерел енергії до 10% від загального енергоспоживання.

Біогаз – є багатокомпонентним газом, склад якого варіюється залежно від вихідної сировини, умов та часу бродіння. Основними компонентами біогазу є метан (50...70%), діоксид вуглецю (25...45%). Також до складу входять сірководень та водень, загальна частка яких не перевищує 3%. Рівень баластових домішок в біогазі сягає рівня 50%, які не тільки перешкоджають використанню газу, але і шкодять обладнанню, трубопроводам та газгольдерам. Основні фізико-хімічні властивості біогазу наведено в таблиці 1[5].

Таблиця 1. – Фізико – хімічні властивості біогазу

Характеристика	Кількісний показник
Об'ємна теплота згоряння, МДж/м <sup>3</sup>	21,5
Границя спалахування у повітрі, %	6...12
Температура займання, °С	650...750
Критичний тиск біогазу, МПа	7,5
Критична температура, °С	-2,5
Нормальна густина, кг/м <sup>3</sup> при 20°С	1,2

Склад і кількість біогазу не є постійними і залежать від виду субстрату і від технології виробництва біогазу. Усереднений склад біогазів у відповідності до наведеної класифікації представлений в таблиці 2.

Газ метантенків міських каналізаційних очисних споруд (БГКОС) характеризується більш стабільним складом. Зміст основного пального компонента – метану – на різних очисних спорудах змінюється від 60 до 65% за об'ємом. Більш значні коливання складу газу спостерігаються при переробці відходів сільськогосподарського виробництва (БГСГП), при цьому в газі присутня досить значна кількість сірководню. Тому перед використанням потрібно очищення газу від  $\text{H}_2\text{S}$ .

Таблиця 2. – Класифікація та склад біогазів [6]

Компоненти біогаза	Вміст компонентів, % об.		
	БГКОС	БГСПІ	БГТПВ
CH <sub>4</sub>	60-65	55-75	35-80
CO <sub>2</sub>	16-34	27-44	0-34
N <sub>2</sub>	0-3	0-3	0-82
O <sub>2</sub>	-	-	0-31,6
H <sub>2</sub>	-	0,01-0,02	0-3,6
CO	-	0,01-0,02	2,8
H <sub>2</sub> S	-	до 1,0	0-70 ppm

Процеси утворення перших двох видів біогазів протікають в стаціонарних пристроях. Технологічні параметри процесу (витрата і вологість субстрату, температура бродіння, тривалість збродження) більш-менш керовані. Інша ситуація спостерігається на полігонах та звалищах відходів (БГТПВ), де біологічне розкладання шарів сміття відбувається з плином часу (придатний до використання біогаз утворюється приблизно через 10-15 років), причому процес газоутворення некерований. Для збору газу буряться свердловини або газові колодязі. Конструкція і спосіб експлуатації свердловини, вміст вологи в товщі відходів надають додатковий вплив на склад газу. Вміст метану в газі може змінюватися в широких межах (35-80%). Крім метану і баластних азоту та вуглекислого газу можуть бути присутні сірчисті сполуки, меркаптани, галогенсо – тримаючі з'єднання, ароматичні вуглеводні (всього понад 100 компанентів).

Основні недоліки, біогазу як моторного палива:

- менші значення нижчої теплоти згорання,  $H_u$ , а відповідно і енергетичних показників роботи ДВЗ;
- менша швидкість згорання, а через це розтягування його на такті розширення і як результат, зменшення потужності,  $N_e$ , кВт та збільшення питомої ефективної витрати палива,  $g_e$ , г / кВт-год;

Разом з тим біогаз має значно більш високе (126), ніж в бензинів (76-98), значення октанового числа (ОЧ), що дозволяє усунути повністю або частково зазначені недоліки. Вже в традиційних бензинових ДВЗ [7].

Для усунення даних недоліків біогаз потрібно очистити від вмісту CO<sub>2</sub>. Ефективний спосіб очищення біогазу, який потребує мінімальних затрат – це очищення водою.

Гідратація під тиском від сірководню та діоксиду вуглецю ґрунтується на різній розчинності у воді діоксиду вуглецю. При невисоких парціальних тисках розчинність CO<sub>2</sub> у воді невелика, але зі збільшенням тиску вона зростає. При подальшому зниженні тиску розчинений діоксид вуглецю виділяється з розчину.

Гідратація газу від діоксиду вуглецю під тиском ефективно при високому вмісті CO<sub>2</sub> у газі. Цей спосіб відрізняється простотою і дозволяє багаторазово використовувати оборотну воду. Співвідношення між концентрацією газу, розчиненого в рідині, і його рівноважним парціальним тиском  $p$  над поверхнею рідини описується законом Генрі [8]:

$$C = p \cdot k, \quad (1)$$

де  $C$  – вагова концентрація газу в насиченому розчині;

$p$  – парціальний тиск;

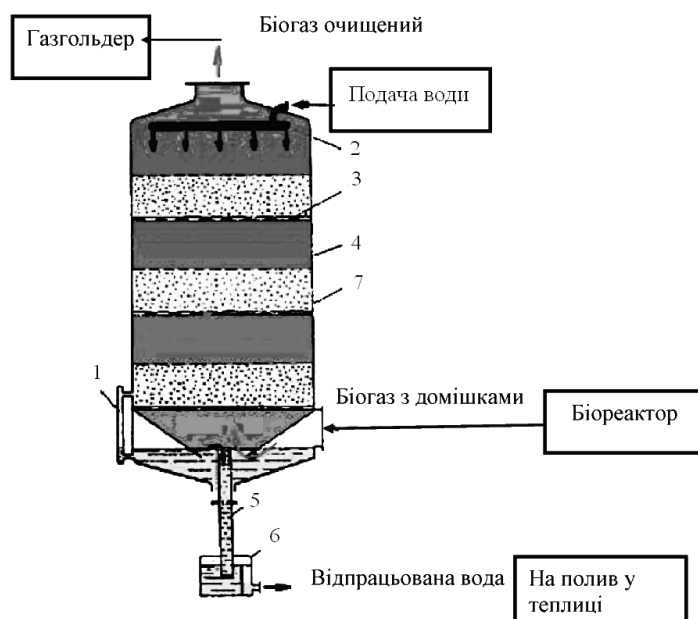
$k$  – коефіцієнт пропорційності, що називається константою Генрі.

Розчинність діоксиду вуглецю становить 87,7 мл в 100 мл води при атмосферному тиску і температурі води 20 °С. Збільшення коефіцієнта Генрі (константи фазової рівноваги) при зміні температури свідчить про зменшення розчинності діоксиду вуглецю в цих умовах.

У практичних розрахунках розчинність діоксиду вуглецю зручніше виражати в об'ємах газу (приведеного до нормальних фізичних умов), які поглинає один об'єм води.

У технічній оборотній воді, що використовується для водневого очищення від CO<sub>2</sub>, містяться розчинені солі, що знижують розчинність CO<sub>2</sub> у технічній воді порівняно з чистою.

Для очищення біогазу від домішок можна використовувати газопромивач, принципово-технологічну схему якого наведено на рисинку 1.



Рисинук 1. – Принципово-технологічна схема водяного очищення біогазу від домішок:

- 1 – водомірне скло; 2 – розподілювач; 3 – колосникові решітки;  
4 – чавунні решітки; 5 – переливна труба; 6 – збирач; 7 – шихта

Суттєве значення для економічності процесу водяного очищення має витрата води на очищення і витрата енергії на подачу цієї води. Витрата води на очищення біогазу від діоксиду вуглецю залежить від ступеня очищення від  $\text{CO}_2$ , температури, загального і парціального тиску  $\text{CO}_2$  у газовій суміші до очищення. Якщо біогаз у процесі конверсії одержують при атмосферному тиску, то перед водяним очищенням газ стискають. Вибір тиску для водяного очищення від  $\text{CO}_2$  залежить від декількох факторів. Зі збільшенням тиску зростає розчинність діоксиду вуглецю у воді і зменшується кількість води необхідної для промивання майже обернено пропорційне тиску. При цьому знижується витрата енергії для подачі води. З іншого боку, робота на стискуванні діоксиду вуглецю від початкового низького тиску до тиску абсорбції зі збільшенням тиску зростає. Сумарна витрата енергії на водневе промивання газу в межах 1–3 МПа практично не залежить від тиску. Однак зі збільшенням тиску зменшуються розміри абсорбера і зростає ступінь очищення газу від  $\text{CO}_2$ .

Таким чином перспективи використання біогазу в якості моторного палива на колісних транспортних засобах дасть можливість використовувати як альтернативний вид палива з меншими затратами на виготовлення.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кудряш А.П., Марченко А.П., Рязанцев Н.К., Строков А.П., Шеховцов А.Ф. Разработка научных основ управления эколого-экономическими показателями // Вісник НТУ «ХПІ». – Тематичний збірник наукових праць «Двигуни внутрішнього згоряння». – Харків, НТУ «ХПІ». – 2001. – № 1. – С. 10-64.
2. Редзюк А.М., Орлов В.В. Обгрунтування необхідності термохімічної конверсії рідкого палива // Автошляховик України. – Окремий випуск. – 1998. – №1. – С. – 40 – 41.
3. Тимченко И. И., Воронков А.И., Тимченко Д.И. Биогаз как перспективное альтернативное топливо. – Сб. научных трудов “Авиационно-космическая техника и технология”, вып 9, разд. “Тепловые двигатели и энергоустановки”, Харьков, ХАИ, 1999. – С.63-64.
4. Закон України « Про енергозбереження»: Офіц. текст зі змінами станом на 09.02.2006. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=74%2F94-%E2%F0> – Назва з екрану.
5. Ратушняк, Г. С. Энергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання : навчальний посібник / Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула, К. В. Анохіна – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 170 с.
6. Мариненко Е.Е. Основы получения и использования биотоплива для решения вопросов энергосбережения и охраны окружающей среды в жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве: Учебное пособие. – Волгоград: ВолгГАСА, 2003. – 100 с.

7. Тимченко И.И., Рамадан Д. К. Применение биогаза как моторного топлива для автомобилей. Вестник ХГАДТУ, вып. 5, Харьков 1997. – С.23-26.

8. Григор'єва В. В. Загальна хімія / Григор'єва В. В.– К. : Вища школа., 1991. – 431 с.

#### РЕФЕРАТ

Шиманський С.І. Перспективи використання біогазу в якості моторного палива на колісних транспортних засобах. / Сергій Іванович Шиманський // Вісник НТУ. – К.: НТУ. – 2012. – Вип. 26.

В статті розглянуто можливість використання біогазу в якості моторного палива на колісних транспортних засобах та методи очистки біогазу від діоксиду вуглецю.

Об'єкт дослідження – використання біогазу в якості моторного палива.

Мета роботи – використання біогазу в якості моторного палива на колісних транспортних засобах та очистка біогазу від діоксиду вуглецю.

Метод дослідження – експериментальні дослідження використання біогазу в якості моторного палива на колісних транспортних засобах.

Через не високий вміст метану в біогазі відбувається зниження потужності двигуна внутрішнього згоряння; для того щоб підвищити вміст метану потрібно провести очистку від діоксиду вуглецю; ефективний спосіб очищення біогазу, який потребує мінімальних затрат – це очищення водою; гідратація під тиском від сірководню та діоксиду вуглецю ґрунтується на різній розчинності у воді діоксиду вуглецю; при невисоких парціальних тисках розчинність  $\text{CO}_2$  у воді невелика, але зі збільшенням тиску вона зростає; при подальшому зниженні тиску розчинений діоксид вуглецю виділяється з розчину; водяне очищення газу від діоксиду вуглецю під тиском ефективно при високому вмісті  $\text{CO}_2$  у газі; цей спосіб відрізняється простотою і дозволяє багаторазово використовувати оборотну воду.

Результати статті можуть бути упроваджені в технології отримання біогазу, його очистки та використання його в якості моторного палива в колісних транспортних засобах.

Прогнозні припущення щодо розвитку дослідження – пошук альтернативного палива (біогазу) для двигунів внутрішнього згоряння.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** БІОГАЗ, МЕТАН, ДІОКСИД ВУГЛЕЦЮ, ОЧИСТКА, РОЗЧИННІСТЬ, ГІДРАТАЦІЯ.

#### ABSTRACT

Shymanskyi S The potential of use biogas as fuel for vehicle. / Serhii Shymanskyi // Visnyk NTU. – К.: NTU. – 2012. – Vol. 26.

The paper considers possibility of use biogas as a fuel for vehicles and methods for removing hydrogen sulphide from biogas

Object of study – use biogas as a fuel.

Purpose – use biogas as fuel for vehicle and methods for removing carbon dioxide from biogas.

Method of study – experimental study of use biogas as a motor fuel for wheeled vehicles.

For increase the methane content need to removing carbon dioxide, because low methane content in biogas is reducing power internal combustion engine; effective way to clean biogas that requires minimal expenses – is clean by water; hydration pressure of hydrogen sulfide and carbon dioxide based at different water solubility of carbon dioxide; at low partial pressures of  $\text{CO}_2$  solubility in water is low, but with increasing pressure; it increases, while further reducing the pressure, dissolved carbon dioxide is released from the solution; water purification gas from carbon dioxide under pressure effective at high  $\text{CO}_2$  content in gas; this method is simple and allows you to reuse reversible water.

The results of the article may be implementing in biogas technology, its treatment and its use as a motor fuel in wheeled vehicles.

Forecast assumptions about the object of study – finding alternative fuel (biogas) for internal combustion engines.

**KEY WORDS:** BIOGAS, METHANE, CARBON DIOXIDE, PURIFICATION, SOLUBILITY, HYDRATION.

#### РЕФЕРАТ

Шиманский С.И. Перспективы использования биогаза в качестве моторного топлива на колесных транспортных средствах. / Сергей Иванович Шиманский // Вестник НТУ. – К.: НТУ. – Вып. 26.

В статье рассмотрена возможность использования биогаза в качестве моторного топлива на колесных транспортных средствах и методы очистки биогаза от диоксида углерода.

Объект исследования – использование биогаза в качестве моторного топлива.

Цель работы – использование биогаза в качестве моторного топлива на колесных транспортных средствах и очистка биогаза от диоксида углерода.

Метод исследования – экспериментальные исследования использования биогаза в качестве моторного топлива на колесных транспортных средствах.

Через не высокое содержание метана в биогазе происходит снижение мощности двигателя внутреннего сгорания для того чтобы повысить содержание метана нужно провести очистку от диоксида углерода; эффективный способ очистки биогаза, требует минимальных затрат – это очищение водой; гидратация под давлением сероводорода и диоксида углерода основывается на различной растворимости в воде диоксида углерода; при невысоких парциальных давлениях растворимость  $\text{CO}_2$  в воде невелика, но с увеличением давления она возрастает; при дальнейшем снижении давления растворенный диоксид углерода выделяется из раствора; водяное очищение газа от диоксида углерода под давлением эффективно при высоком содержании  $\text{CO}_2$  в газе; этот способ отличается простотой и позволяет многократно использовать обратную воду.

Результаты статьи могут быть внедрены в технологии получения биогаза, его очистки и использования его в качестве моторного топлива в колесных транспортных средствах.

Прогнозные предположения о развитии исследования – поиск альтернативного топлива (биогаза) для двигателей внутреннего сгорания.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** БИОГАЗ, МЕТАН, ДИОКСИД УГЛЕРОДА, ОЧИСТКА, РАСТВОРИМОСТЬ, ГИДРАТАЦИЯ.