



Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI:10.37128/2520-6168-2021-3



Machinery
Energetics
Transport
of Agribusiness



**ТЕХНІКА
ЕНЕРГЕТИКА
ТРАНСПОРТ АПК**



Всеукраїнський науково-технічний журнал

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

№ 3 (114) / 2021

м. Вінниця - 2021

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково-виробничого та навчального спрямування
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» /
Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. Вінниця, 2021. 3(114). С. 164.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету
(протокол № 2 від 28.09.2021 р.)*

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.

*Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань
України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України
від 02.07.2020 року №886);*

- присвоєно ідентифікатор цифрового об'єкта (Digital Object Identifier – DOI);

- індексується в CrossRef, Google Scholar;

- індексується в міжнародній наукометричній базі [Index Copernicus Value](#) з 2018 року.

Головний редактор

Токарчук О.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Заступник головного редактора

Веселовська Н.Р. – д.т.н., професор, Вінницький національний аграрний університет

Відповідальний секретар

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Булгаков В.М. – д.т.н., професор, академік
НААН України, Національний університет
біоресурсів і природокористування України

Севостьянов І.В. – д.т.н., професор,
Вінницький національний аграрний університет

Граняк В.Ф. – к.т.н., доцент,
Вінницький національний технічний університет

Спірін А.В. – к.т.н., доцент,
Вінницький національний аграрний університет

Іванчук Я.В. – к.т.н., доцент,
Вінницький національний технічний університет

Твердохліб І.В. – д.т.н., доцент,
Вінницький національний аграрний університет

Іскович – Лотоцький Р.Д. – д.т.н., професор,
Вінницький національний технічний університет

Цуркан О.В. – д.т.н., доцент,
Вінницький національний аграрний університет

Купчук І.М. – к.т.н., доцент,
Вінницький національний аграрний університет

Яронуд В.М. – к.т.н., доцент,
Вінницький національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

Йордан Максимов – д.т.н., професор Технічного
університету Габрово (Болгарія)

Відповідальний секретар редакції **Полєвода Ю.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет,
тел. (0432) 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: pophv@ukr.net



ЗМІСТ

I. АГРОІНЖЕНЕРІЯ

*Калетнік Г.М., Яропуд В.М.***ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАГНІТАННЯ ЧИСТОГО ПОВІТРЯ У ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ..... 4***Булгаков В.М., Кувачов В.П., Солоня О.В., Борис М.М.***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОРЕЛЬЄФУ ПОВЕРХНІ ҐРУНТУ ПОСТІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОЛІЇ..... 16***Гунько І.В.***ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТА БІОПАЛИВА..... 24***Середа Л.П., Ковальчук Д.А.***ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ STRIP-TILL..... 30**

II. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

*Веселовська Н.Р., Брацлавець Б.С., Ялина О.О., Іскович-Лотоцький Р.Д.***РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРОЛІЗНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ З НАПРАВЛЕНИМ РОЗПОДІЛЕННЯМ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ..... 41***Ihor Kurchuk, Yuliia Poberezhets, Ruslan Kravets***RESEARCH OF THE RHEOLOGICAL PARAMETERS OF FEED GRAIN IN THE PROCESS OF THE COMBINED IMPACT-CUTTING GRINDING..... 49***Іскович-Лотоцький Р.Д., Веселовська Н.Р., Токарчук О.А., Склярчук О.В.***РОЗРОБКА І ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛІВ ПРОЛІЗНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ МЕДИЧНИХ ВІДХОДІВ..... 59***Ludmila Shvets, Olena Trukhanska***DEFORMATION OF ALUMINUM ALLOYS IN ISOTHERMAL CONDITIONS..... 68***Омельянов О.М., Твердохліб І.В.***СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РОЗРОБОК В ОБЛАСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІБРАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ..... 75***Островський А.Й.***УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАЦІЇ ҐРАТУВАННЯ ПРИ ВИЛИВАННІ МЕЛЮЧИХ КУЛЬ У КОКІЛЬ..... 91***Пазюк В.М., Шеманська Є.І., Пазюк Д.В.***РАЦІОНАЛЬНІ РЕЖИМИ СУШІННЯ НАСІННЯ РІПАКУ 98***Севостьянов І.В., Краєвський С.О., Севостьянов В.І.***УСТАНОВКИ З ГІДРОПРИВОДОМ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ ВОЛОГИХДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ..... 104***Serhiy Burlaka, Svitlana Kravets***DIAGNOSIS OF FUEL EQUIPMENT OF DIESEL ENGINE BY REMOVING VIBRO INDICATORS OF FUEL SUPPLY..... 113***Цуркан О.В., Полевода Ю.А., Присяжнюк Д.В.***ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВІБРАЦІЙНОГО ЗМІШУВАЧА З МАЯТНИКОВИМ МЕХАНІЗМОМ ВІЛЬНОГО ХОДУ..... 124**

III. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

*Рубаненко О.Є., Токарчук О.А.***ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ В УМОВАХ НЕПОВНОТИ ПОЧАТКОВИХ ДАНИХ..... 136***Штуць А.А., Чмих К.В.***УДОСКОНАЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕСОРА ЗА РАХУНОК КОНТУРУ РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ НА БАЗІ ПРОГРАМОВАНОГО РЕЛЕ LOGO! 12/24 RC В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB SIMULINK..... 149**



УДК 629.113.52

DOI: 10.37128/2520-6168-2021-2-10

ТЕНДЕНЦІЇ ДИВЕРСИФІКАЦІЇ ЕНЕРГОНОСІЇВ МАШИННИХ АГРЕГАТИВ

Гулько Ірина Василівна, к.т.н., доцент
Вінницький національний аграрний університет

Iryna Gunko, Ph.D., Associate Professor
Vinnitsia National Agrarian University

З точки зору захисту навколишнього середовища розвиток автомобілів і їх приводів визначається в подальшому постійним посиленням вимог відпрацьованих газів. Крім цього, заходи скорочення витрат палива і емісії CO₂ все більше впливають на концепцію оптимізації автомобілів і приводу.

Оскільки велику частину світового енергоспоживання займає транспорт, переважно автомобілі, виробники часто стикаються з необхідністю розробляти та впроваджувати нові, все більш енергоефективні та екологічно чисті енергетичні методи - наприклад, використання нетрадиційного палива, включаючи: спиртове паливо (етанол і метанол), біодизель, рідина Фішера-Тропша, водневе паливо. Отже, довгострокове гарантоване постачання транспортної енергії разом із розумним управлінням паливом забезпечує середньо- та довгострокову диверсифікацію енергії для її виробництва, особливо, включаючи альтернативну та відновлювану енергію.

За останнє десятиліття відбулося багато подій, хоча цілі політики залишаються незмінними для багатьох країн покращення енергетичної безпеки та обмеження викидів парникових газів може бути як ніколи важливим. І, безпрецедентно, в основі цих питань лежить використання енергії в транспорті. Потрібні нові методи, щоб звільнити транспорт від стійкої залежності від нафти і стати на новий шлях. Але технологія зробила цікавий прогрес, і цей прогрес буде продовжуватися і в найближчі роки, створюючи нові можливості для досягнення цих цілей. Не дивно, що за останнє десятиліття інтерес до біопалива та його виробництва різко зріс. У період з 1990 по 2021 роки у світі виробництво пального етанолу подвоїлося. В деяких регіонах, особливо в Європі, використання біопалива для дизельних двигунів також значно зросло за останні роки. Мабуть, найголовніше, що країни світу в даний час серйозно розглядають питання збільшення виробництва та використання біопалива, і багато країн сформулювали політику забезпечення цього зростання.

Ключові слова: диверсифікація палив, біоетанол, біодизель, диметиловий ефір, палива.

Табл.3. Рис. 1. Літ. 13.

1. Постановка проблеми

У міру виснаження запасів викопних палив, зростання їх вартості і збільшення кількості енергоспоживачів все гостріше постає питання про пошук альтернативних джерел енергії. У тих країнах, де запаси нафти і природного газу вкрай обмежені, альтернативні види палива застосовуються досить давно. А в країнах, де постійно посилюються вимоги до охорони навколишнього середовища (Європа, Японія, США), активно проводиться національна політика щодо застосування більш екологічно чистих альтернативних палив для транспорту [1]. Одним з можливих варіантів є використання синтетичних рідких палив. Основою для них є синтез-газ, який представляє собою суміш чадного газу і водню в різних пропорціях з використанням металевих та синтетичних каталізаторів. Найбільш відомою є технологія Фішера - Тропша, що дозволяє отримувати з синтез-газу метанол, етанол і інші рідкі горючі органічні сполуки [2]. Також існує спосіб отримання метанолу, етанолу на основі спеціальних бактерій та дріжджових культур, здатних переробляти відходи сільського господарства, стічні води міської каналізації [3].

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Багато з процесів перетворення синтез-газу були розроблені в Німеччині протягом Першої і Другої світових воєн, коли природні ресурси були обмежені та з'явилася потреба в альтернативних шляхах для виробництва водню, синтезу аміаку і транспортних палив. З розвитком нафтової промисловості в 1940-х рр. багато із шляхів перетворення синтез-газу стали проблемою і були замінені процесами на основі нафти [4]. Головною вимогою до автомобілів є дотримання міжнародних норм



щодо викидів шкідливих речовин відпрацьованими газами. З 2005 р проведена екологічна класифікація автомобілів на відповідність європейським нормам (Євро-2, Євро-3, Євро-4, Євро-5). Забезпечення цих показників можливо лише при використанні відповідних моторних палив. Кожному класу повинні відповідати моторні палива з екологічними показниками якості, які сприяють забезпеченню автомобілями норм щодо викидів шкідливих речовин протягом 100 тис. км пробігу і більше.

Застосування нового покоління екологічно чистого палива може суттєво сприяти вирішенню найбільш актуальних проблем в недалекому майбутньому. Синтетичні палива грають в цьому плані головну роль, так як вони надають можливість використовувати для виробництва палива велику кількість самих різних первинних джерел енергії. Пошук нових шляхів підвищення цінності природного газу прискорив розвиток так званих технологій «газ - в рідину», що дозволяють виробляти синтетичні рідкі палива з природного газу, такі як середні дистилати, «метанол» і «диметиловий ефір» (ДМЕ). Диметиловий ефір - екологічно чисте паливо без вмісту сірки, вміст оксидів азоту у вихлопних газах на 90% менше, ніж у дизельного палива. Цетанове число диметилового дизеля понад п'ятдесят п'ять, при тому, що у класичного нафтового - тридцять вісім - п'ятдесят три. Застосування диметилового ефіру не вимагає спеціальних фільтрів, але необхідна переробка систем живлення (установка газобалонного обладнання, коригування сумішоутворення) і запалювання двигуна. Без переробки можливе застосування на автомобілях з LPG-двигунами при 30% вмісті в паливі. Теплота згоряння ДМЕ близько 30 МДж/кг, у класичних нафтових палив - близько 42 МДж/кг. Одна з особливостей застосування ДМЕ - його більш висока окислююча здатність (завдяки вмісту кисню), ніж у класичного палива [6].

- Безбарвний газ з характерним запахом, хімічно інертний
- Температура плавлення - (-138,5) °С
- Температура кипіння - (-24,9) °С
- Температура спалаху - (-41) °С
- Густина при нормальних умовах - 2,1098 кг/м³
- Густина в рідкому фазі - 0,668 г/см³
- Критична температура - +127,0 °С
- Критичний тиск - 53 атм.
- Критична густина - 0,272 г/см³
- Розчинність у воді - 328 г/100 мл при 20 °С
- Розчинний в метиловому і етиловому спирті, толуолі

Олександр Вільямсон (1824-1904), професор хімії, університетський коледж Лондона йому приписують відкриття структури ефірів, приблизно в 1850 р. ДМЕ відомий досить давно, але раніше його застосовували лише в парфумерії для створення тиску в балонах з лаками і дезодорантами. Там він замінив шкідливі гази - фреони, бутан і пропан. Використовувався диметиловий ефір так само, як холодоагент та розчинник. В останнє десятиліття ХХ століття австрійські, данські і американські дослідники запропонували використовувати ДМЕ в якості альтернативи дизельному паливу. Сьогодні громадський транспорт Швеції і Данії частково переведений на ДМЕ. Аналогічні заходи в сфері вантажного автотранспорту проводить Японія. Диметиловий ефір виготовляється з природного газу, вугілля або біопалива. Це похідна метанолу, яка виходить в процесі перетворення газу в рідкий стан. Сьогодні в світі споживання диметилового ефіру становить близько 150 тис. т на рік. Існує два типи ДМЕ: вищий сорт - вміст диметилового ефіру не менше 99,5%, використовується в парфумерії, нижчий сорт - в якості моторного палива, зміст ДМЕ на рівні 95% [7].

Переваги застосування диметилестера (ДМЕ) на автомобільному транспорті в нашій країні раніше всіх усвідомили там, де екологічне становище особливо тривожно. Дослідження показують, що застосування диметилового ефіру в якості моторного палива для дизельних двигунів стає приводом для вельми оптимістичних прогнозів. Дійсно, у ДМЕ є ряд переваг в порівнянні з дизельним паливом та іншими альтернативними видами палива. Він є газоподібним. У нормальних умовах це газ і його молекули не мають хімічних зв'язків вуглець-вуглець, що виключає утворення в полум'ї радикалів С₂, що сприяють сажоутворення при згорянні. При цьому зніметься головна проблема дизеля - коксування значної частини палива з подальшим уповільненням швидкості вигорання дисперсного вуглецю. До сприятливих фізико-хімічних параметрів ДМЕ відносять підвищену випаровуваність, що знижує вимоги до дисперсності розпилення, дозволяє знизити тиск уприскування і забезпечує гарне сумішоутворення. Відмінне самозапалення в дизельному двигуні (у ДМЕ цетанове число ЦЧ = 55...60 в порівнянні з ЦЧ = 45...50 для дизельного палива) покращує пускові якості і сприяє «м'якому» пуску.



Високий вміст в ДМЕ пов'язаного кисню (35%) підвищує рівномірність розподілу в камері згорання, перешкоджаючи утворенню NOx, найбільш агресивного компонента дизельного палива. Використання диметилестера - це практично повна відсутність димності відпрацьованих газів і значне зниження шуму від двигуна.

Важливо й те, що за фізичними властивостями ДМЕ подібний пропан-бутанових газам, що знайшли широке застосування в якості альтернативного палива для двигунів внутрішнього згорання. Зокрема, ДМЕ має близькі значення параметрів насичення: температура переходу в рідку фазу мінус 25 °С (для пропану - мінус 50 °С), тиск насичених парів 5,1 кгс/см² (для пропану - 8 кгс/см²) при температурі 20 °С. Як пропан і бутан, ДМЕ слід зберігати в зрідженому стані в газовому балоні під тиском. Технологія роботи зі зрідженими газами досить добре відпрацьована, тому властивості диметилового ефіру не є перешкодою для його практичного застосування.

3. Мета та завдання дослідження

З'ясувати ефективність використання диметилестера в якості добавки до палива у двигун внутрішнього згорання. Проаналізувати технології отримання диметилестера та вплив на техніко-економічні показники двигуна.

4. Матеріали і методи

Результати випробувань двигунів, що працюють на диметиловому ефірі, показали реальну можливість значно знизити рівень шкідливих викидів відпрацьованих газів. Так, відзначено зниження оксидів азоту NOx в три - чотири рази при практично бездимній роботі двигуна на всіх режимах. Крім того, при роботі на ДМЕ виявлено збереження, а на деяких режимах і поліпшення до 5% економічності дизеля, підвищення його ефективного ККД в порівнянні з роботою на дизельному паливі. Основним недоліком ДМЕ є мала кінематична в'язкість (на порядок менше, ніж дизельного палива), в результаті чого ускладнюється герметизація рухомих вузлів ущільнення паливної апаратури, а також підвищується зношення прецизійних пар. У порівнянні із зрідженим природним газом теплотворна здатність на тону диметилестера на 45% нижче ніж природного газу. Для виробництва диметилестера потрібно не тільки більш високий рівень попередніх капіталовкладень, але і більший обсяг сировинного газу для виробництва продукту з еквівалентної теплотворною здатністю. Для зниження викидів CO і CH необхідно передбачити додаткові заходи конструкційного характеру [9].

5. Виклад основного матеріалу

Адаптація звичайних дизелів для роботи на диметиловому ефірі полягає в модернізації існуючої паливної апаратури. Оскільки густина ДМЕ на 20%, а питома масова теплотворна здатність на 32% нижче, ніж у дизельного палива, для збереження енергоємності об'ємна подача ДМЕ в циліндри двигуна повинна бути значно більшою (об'ємна теплотворна здатність ДМЕ складає 18,2 МДж/л). Для усунення зношення прецизійних пар, що працюють в конструкції паливної апаратури приймаються спеціальні заходи, наприклад, підведення до плунжерним парам мастила під тиском з метою їх ущільнення, а також підмішування до ДМЕ спеціальної присадки. За зарубіжними даними, цей компонент сприяє збільшенню кінематичної в'язкості ДМЕ до рівня дизельного палива. ДМЕ легко перетворюється в бензин, що характеризується підвищеною екологічною якістю (переважання розгалужених вуглеводнів) і мінімальним вмістом небажаних домішок (сірка відсутня, вміст бензолу на рівні 0,1% при нормі 1%, вміст ненасичених вуглеводнів ~ 1%, що забезпечує високу стабільність бензину) [9].

Найбільш серйозна проблема, виявлена в ході експлуатаційних випробувань, була пов'язана з виникненням на ряді робочих режимів «провалів» в роботі двигуна після його прогріву, найбільш часто виявляються при підвищених температурах навколишнього середовища. В результаті вивчення цього дефекту було встановлено, що «провали» викликані появою парових пробок в нагнітальних паливопроводах, коли залишковий тиск опускається нижче тиску насичених парів ДМЕ [10].

Переробка природного газу та інших джерел вуглецю (вугілля, деревні залишки тощо). Синтез диметилового ефіру (ДМЕ) і бензину через диметиловий ефір - одне з нових напрямків в цій області. На рис. 1 показана схема отримання синтетичних палив. Властивості ДМЕ і наявність в його складі атома кисню забезпечують бездимне горіння палива, надійний холодний пуск двигуна, зниження рівня шуму.

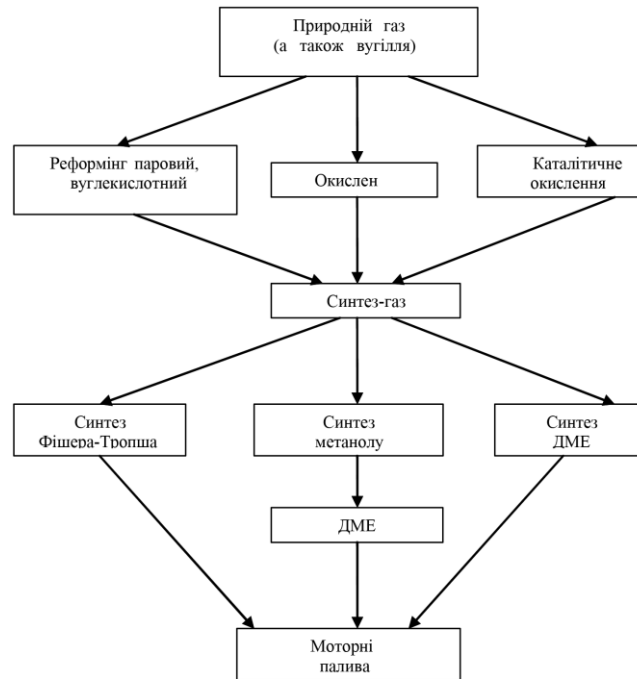


Рис. 1. Схема отримання синтетичних палив

У табл. 1 представлені властивості дизельного палива і альтернативних палив. Згідно з оцінками зарубіжних та вітчизняних фахівців адаптація автотранспорту до нового палива не зустрічає принципових труднощів. Серйозні труднощі можуть виникнути лише в зв'язку з необхідністю створення відповідної інфраструктури, роль якої «пропан-бутанова інфраструктура» може виконати лише частково, так що будуть потрібні значні інвестиції. Розрахунки японських дослідників показали, що при великих масштабах виробництва застосування ДМЕ як палива для газотурбінних установок є більш економічним, ніж зрідженого газу.

Таблиця 1

Властивості дизельного і альтернативних палив

Властивості	Диметиловий ефір	Дизельне паливо	Метанол	Етанол	Метан
Теплотворна здатність, МДж/кг	28,8	42,5	19,5	25,0	50,0
Густина, г/см ³	0,66	0,84	0,79	0,81	-
Цетанове число	55-60	40-55	5	8	-
Температура спалаху, °С	235	250	450	420	650
Відношення повітря/паливо	9,0	14,6	6,5	9,0	17,2
Температура кипіння, °С	-25	180-370	65	78	-162
Теплота випаровування при 20°С, кДж/кг	410	250	1110	904	-
Межі спалаху (в повітрі), %	3,4-18	0,6-6,5	5,5-26	3,5-15	5-15

Фактично це обумовлено тим, що зберігання і транспортування ДМЕ обходяться значно дешевше, ніж зрідження або стиснення газу. За фізичними властивостями ДМЕ близький до пропан-бутанових сумішей, так що можуть бути використані вже відпрацьовані умови їх зберігання і транспортування (табл. 2). Особливу увагу в останні роки в багатьох країнах, в тому числі і Україні приділяється виробництву та застосуванню біопалив, які в ХХІ столітті можуть зробити істотний вплив на розвиток енергетики, систем стійкого енергозабезпечення різних регіонів та внести свій вклад в диверсифікацію використовуваних видів палива.

У майбутньому очікується істотне збільшення частки вироблення електроенергії і тепла на нетрадиційних та поновлюваних енергоресурсах. Економічний і невикористаний потенціал цих ресурсів



досить великий і становить близько 270 млн.т. в рік, тобто більше 20% загального енергоспоживання [10]. Біопалива для транспорту, включаючи етанол, біодизель і деякі інші рідкі та газоподібні палива, мають потенціал для заміщення істотної кількості нафти в багатьох регіонах світу [11].

Таблиця 2

Властивості ДМЕ, пропану і бутану

Властивості	ДМЕ	Пропан	Бутан
1	2	3	4
Температура кипіння, °С	-24,9	-42,1	-0,5
Тиск насиченої пари (при 20°С), бар	5,1	8,4	2,1
В'язкість рідини, сП	0,15	0,10	0,18
Густина рідини (при 20°С), кг/м ³	668	501	610
Відносна густина (на повітрі)	1,59	1,52	2,01
Розчинність в воді г/л	70	0,12	0,39
Теплотворна здатність, МДж/кг	28,43	46,36	45,74

Аналіз сучасного стану застосування біопалив на транспорті в порівнянні з нафтовими паливами показує, що частка їх застосування поки залишається відносно низькою. Лідерами з виробництва етанолу в світі є США і Бразилія. Однак навіть в США етанол використовується менш ніж на 2% транспорту (в Бразилії до 30%) [11]. Але слід зазначити, що практично всі промислово розвинені країни починають виявляти підвищену цікавість до біопалива. Можна очікувати, що в недалекій перспективі застосування біопалив значно зростатиме в багатьох регіонах світу, в тому числі і в Україні [12]. Очевидно, що серед значних переваг біопалив - підвищення енергетичної безпеки, зменшення викидів парникових газів і токсичних речовин, поліпшення експлуатаційних характеристик автомобілів, розвиток економіки, а в деяких випадках захист екосистеми. Ці позитивні властивості біопалив дійсно непросто оцінити в одиницях вартості. У зв'язку з цим можна припустити, що ринкові ціни на біопалива не зовсім адекватно їх відображають. Добре відомо, що вартість виробництва рідких біопалив залишається високою. Однак переваги біопалив можуть в недалекому майбутньому проявитися в більшій мірі в зв'язку з посиленням екологічних вимог як до самих палив, так і до транспортних засобів. Правда, вже сьогодні в деяких країнах, таких як Бразилія, ціна на біопаливо (етанол) значно нижче, ніж в Європі, США, і наближається до вартості нафтових палив. Слід очікувати, що в найближче десятиліття вартість виробництва і в інших країнах буде поступово знижуватися.

Однією з причин буде впровадження в майбутньому передових технологій при виробництві біопалива з дуже низькими викидами парникових газів.

Нові технології дозволять більшою мірою використовувати запаси лігніноцелюлози, одержуваної як з відходів виробництва так і з різних лісових та аграрних ресурсів, призначених для цієї мети. В даний час більшість існуючих технологій націлені на отримання цукру, крохмалю або рослинних масел з декількох типів культур і при цьому використовують енергію викопних палив для виробництва біопалива. І як результат - викиди парникових газів в процесі отримання біопалив менше від 20 до 50% в порівнянні з нафтовими паливами [12].

Передові технології, над якими вже сьогодні працюють у багатьох науково-дослідних центрах США, Європи, Японії, можуть радикально поліпшити екологічні характеристики і відкрити шлях до утилізації величезних запасів лісових та інших ресурсів для отримання целюлозного етанолу. Ймовірно, Канада може бути однією з перших країн, де в недалекому майбутньому будуть впроваджені нові технології конверсії целюлози в етанол в промислових масштабах [12]. У багатьох країнах вживаються ініціативи в області застосування біопалив пов'язані з визнанням неринкових переваг біопалив, і досить часто це призводить до зростання застосування біопалив на транспорті.

Біопалива вже сьогодні можуть замінити нафтові палива при їх застосуванні в сучасних автомобілях. Етанол і його суміші з бензином легко можуть використовуватися на звичайних автомобілях. З підвищенням вмісту етанолу (більше 10%) потрібна деяка модифікація систем живлення. Автомобілі, призначені для використання етанолу та його сумішей, вже створені, активно експлуатуються в США (FFV - flex-fuel vehicle.)

Біодизель може змішуватися з нафтовим дизельним паливом в будь-якій пропорції для застосування в звичайних двигунах (невелика кількість етанолу також можна додавати в дизельне паливо при деяких умовах). Але слід зазначити, що енерговміст біопалив нижчий, ніж нафтових. У табл. 3 представлені деякі характеристики біопалив [13].

Деяка кількість нафти також використовується при виробництві біопалива. Аналіз витрат, проведений в ряді лабораторій [13], показує, що зазвичай потрібно від 0.15 до 0.20 літрів нафтового палива для виробництва 1 літра біопалива. Використання культур з низьким застосуванням добрив (таких як деякі трави і дерева) може поліпшити це співвідношення.



Таблиця 3

Характеристики альтернативних палив

Показник	Біодизель	Стиснутий природний газ	Етанол (Е85)	Зріджений природний газ	Зріджений нафтової газ	Метанол (М-85)
Хімічна формула	Метилові ефіри C16-C18	CH ₄	CH ₃ CH ₂ O H	CH ₄	C ₃ H ₈	CH ₃ OH
Початкова сировина	Росл. олій, тваринні жири; перероблені відходи харчової промисловості	метан	85% денатетанол і 15% бензин	охолоджений метан	пропан	85% метанол і 15% бензин
Основне джерело палива	Ріпак, соєва олія	підземні запаси	Зерно, кукурудза, відходи с / г	підземні запаси	Продукти переробки нафти і газу	Природний газ, вугілля, відходи деревини
Зміст енергії в галоні	117.000-120.000 СOT	33.000 - 38000 СOT P = 3000 р81	80.460 ВШ	73.500 СOT	84.000 ВШ	63.350 ВШ

Примітка: BNU - британська термічна одиниця, 1 BTU = 252 калорії, psi - фунт на квадратний дюйм, 1 галон - 3,785 л.

Етанол і біодизель дозволяють істотно скоротити викиди парникових газів в порівнянні з нафтовими при аналізі технологічного ланцюга їх виробництва (well-to-wheels). Біопалива можуть поліпшити стан повітря при їх використанні як в чистому вигляді, так і в сумішах з нафтовими паливами. Перш за все, це стосується викидів CO, SO₂ і сажових частинок. Біопалива менш токсичні, ніж нафтові палива, і в деяких випадках вони можуть утилізувати відходи деяких виробництв. Однак іноді застосування біопалив (етанолу) можуть привести до збільшення викидів вуглеводнів і альдегідів. Етанол має дуже високе октанове число, що дозволяє ефективно його застосовувати в якості антидетонаційної домішки до бензину. У зв'язку з заборонаю в багатьох країнах етилованого бензину та обмеженням застосування присадки метил-третбутилового ефіру (МТБЕ) зростає потреба у використанні етанолу і його похідних, так, наприклад, застосування присадки на основі етанолу (ЕТБЕ) підвищує октанове число бензинів і покращує їх екологічні властивості.

Застосування біодизеля може покращити змащення елементів паливної системи і збільшити цетанове число дизельного палива, що сприятливо позначається при роботі дизельного двигуна. Перспективним також вважається застосування біопалив (етанолу, метанолу, диметилового ефіру (ДМЕ) тощо) в гібридних автомобілях майбутнього і паливних елементах [12, 13]. В даний час спирти зайняли тверду позицію в системі забезпечення паливом світового автомобільного парку. У країнах Південної, Центральної Америки і США першість виборів етанол, що пояснюється значними ресурсами в цих регіонах рослинної природної сировини для його виробництва (біомаса, солома, деревні, кукурудзяні відходи тощо). Але крім позитивних якостей у біопалив є і ряд суттєвих недоліків:

- Спиртові суміші з бензином характеризуються підвищеною агресивністю по відношенню до кольорових металів, пластмас, деяким маркам гум, стійким при контакті з нафтовими бензинами.
- Головним експлуатаційним недоліком спиртобензинової сумішей є їх підвищена схильність до розшарування при попаданні в суміш води, що змушує використовувати в їх складі спеціальні стабілізатори (складні спирти, сивушні масла).

Також добре відома порівняно низька калорійність спиртів при їх згоранні. Розвиток аграрного сектора економіки. Виробництво біопалива з таких культур, як кукурудза і зерно (для етанолу), соя та ріпак (для біодизелю), забезпечують подальший розвиток сільських регіонів, підвищують зайнятість населення. Але виробництво біопалива може також привести до збільшення вартості продуктів харчування. У перспективі широке використання лігноцелюлози при виробництві етанолу дозволить, очевидно, змінити ситуацію на краще. Перераховані вище переваги застосування біопалив дійсно не просто визначити кількісними оцінками. Що стосується вартості виробництва біопалив, то вона в багатьох країнах вище, ніж бензину і дизельного палива. Але проведений аналіз показує, що спостерігається тенденція до її зниження. Очевидно, що чим більше уваги буде проявлено до розвитку індустрії біопалив, тим швидше вартість їх виробництва буде знижуватися. Однак біопалива, отримані з зерна та інших культур за традиційними технологічних процесів, будуть конкурувати з нафтовими паливами до тих пір, поки ціни на нафту залишатимуться високими. Тільки використання відносно дешевих ресурсів целюлози із застосуванням нових передових технологій дозволяє відкрити широкі можливості для застосування біопалив (перш за все целюлозного етанолу) в мобільних і стаціонарних енергоустановках. І, ймовірно, це дозволить в майбутньому реально використовувати біопалива як один з джерел отримання дешевого водню для паливних елементів.

Неважко припустити, що збільшення виробництва біопалив з традиційних культур (зерно, ріпак) призведе до більш активного використання сільськогосподарських земель. Сценарії розвитку



індустрії біопалив для США і Європи показують, що виробництво біопалива, що заміщує близько 6% нафтового, не потребуватиме додаткових сільськогосподарських площ. Однак, на думку деяких експертів, обсяги виробництва біопалива, що заміщує 5% бензинів і дизельних палив, при використанні існуючих технологій і рослинних культур можуть привести до відволікання деякої кількості площ землі від інших цілей, таких як виробництво рослинної продукції для отримання продуктів харчування. Не зовсім поки ясно вплив виробництва біопалива на підвищення вартості іншої сільгосппродукції та в цілому на ринок. Очевидно, що більш сприятливі умови для підвищення потенціалу біопалив будуть складатися в тому випадку, якщо розширювати ресурсну базу для їх виробництва (лісову біомасу, відходи целюлозних культур та інші види біомаси) із застосуванням нових технологій.

Технології виробництва біопалива швидко розвиваються. Передбачається, що через 10 років біоетанол вже зможе конкурувати з нафтовим паливом. Нові технології на базі біотехнологій дозволять скоротити витрати і послабити залежність від традиційної сировини.

Слід також визнати, що поки немає чітких кількісних оцінок масштабного виробництва біопалив для транспорту. За найскромнішими прогнозами передбачається, що тільки до 2050-2100 рр. біопалива можуть до 30% і більше замінити традиційні палива.

Широке застосування біомаси в якості палива для транспорту може також стримуватися і конкуренцією з боку інших споживачів, таких як виробники тепла і електроенергії. Якщо виробництво біопалив з традиційної сировини може і в майбутньому стримуватися за розглянутими вище причин, то в багатьох країнах існує потенційне джерело для збільшення обсягів виробництва - це целюозна біомаса, яка у великих кількостях міститься в відходах лісозаготівель, деревообробки, міському смітті. Целюозні запаси сировини могли б використовуватися для виробництва етанолу з мінімальним забрудненням навколишнього середовища. Більш того, є всі передумови, що можна отримувати з целюозного етанолу та інші види палив: синтетичне дизельне паливо, газ і навіть водень. Одним з перспективних напрямків перетворення біомаси в моторні палива є її газифікація і термохімічна обробка. Газифікація біомаси з використанням технології Фішера-Тропша дозволить отримати синтетичні рідкі палива. Не залишається без уваги вдосконалення технологій з отримання «Біонафти» або піролізної нафти, з якої можливе отримання палив для транспорту.

6. Висновки

Незважаючи на те, що на сучасному етапі ще існують серйозні проблеми для широкого використання альтернативних палив на транспорті, можна очікувати, що інтерес до застосування ДМЕ і біопалив буде зростати. Також слід зазначити: біопалива і ДМЕ можуть бути легше комерціалізовані, ніж будь-які інші альтернативні палива, беручи до уваги їх експлуатаційні характеристики, інфраструктуру та інші чинники; біопалива і ДМЕ можуть відігравати суттєву роль у зміні клімату та зменшення викидів парникових газів; біопалива і ДМЕ вже використовуються в промислово розвинених країнах, отримуючи серйозну підтримку з боку урядів і міжнародних організацій; біопалива в багатьох країнах в основному орієнтовані на аграрний сектор економіки.

Однак залишається багато питань, і серед головних - розвиток і комерціалізація передових ефективних технологій для виробництва біопалив з целюозної біомаси. Біопалива в порівнянні з іншими альтернативними паливами мають великий потенціал для подолання традиційних бар'єрів і можуть мати значний вплив на паливно-енергетичні ринки. Вони є рідкими паливами, зручними для зберігання і транспортування і без особливих труднощів адаптованими до сучасних автомобілів. Більш того, біопалива в будь-якій пропорції можуть бути змішані з нафтовими паливами. Кілька важливих факторів можуть призвести до більш широкого застосування біопалив, серед яких: підвищення енергетичної безпеки; оздоровлення навколишнього середовища і якості повітря; сталий розвиток транспорту, аграрного і лісового секторів економіки.

Список використаних джерел

1. Калетнік Г. М. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в АПК України: навч. посібник. К: Аграрна наука, 2010. 327 с.
2. Семенов В. Г. Україна без нафти: стан і перспективи розвитку виробництва та застосування екологічно чистого біодизельного палива. *Наука та інновації*. Т4. №1. Харків: НТУ. 2008. С. 81–86.
3. Калетнік Г. М. Диверсифікація розвитку виробництва біопалив – основа забезпечення продовольчої, енергетичної, економічної та екологічної безпеки України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 169–176.
4. Гунько І. В., Бурлака С. А., Єленяч А. П. Оцінка екологічності нафтового палива та біопалива з використанням методології повного життєвого циклу. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2018. Том 2. №6 (267). С. 246–249.
5. Калетнік Г. М. Розвиток ринку біопалив в Україні: монографія. Київ: Аграрна наука, 2008. 227 с.



6. British Petroleum. Statistical Review of World Energy. *Approximate conversion factors*. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-approximate-conversion-factors.pdf> (дата звернення 12.09.2018).
7. Гунько І. В., Галушчак О. О., Бурлака С. А. Визначення факторів впливу біопалива на глобальні зміни клімату. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2018. №3 (102). С. 90–97.
8. Біодизельне паливо. Загальна характеристика біодизельного палива. URL: https://pidru4niki.com/72999/ekologiya/biodizelne_palivo (дата звернення 10.07.2019)
9. Mahmudul H. M., Hagos F. Y., Mamat R., Adam A.A., Ishak W.F.W., Alenezi R. Production characterization and performance of biodiesel as an alternative fuel in diesel engines – A review. *Renewable and Sustainable Energy. Reviews*. 2017, 72, 497–509.
10. Калетник Г. М., Климчук О. В. Екологічна енергетика – основа розвитку економіки держави. Збалансоване природокористування. *Науково-практичний журнал*. 2013. № 2-3. С. 14–17.
11. Бурлака С. А., Явдик В. В., Єленич А. П. Методи досліджень та способи оцінки впливу палив з відновлюваних ресурсів на роботу дизельного двигуна. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2019. №2 (271). С. 212–220.
12. Семенов В. Біодизельне паливо для України. *Вісник Національної академії наук України*. 2007. № 4. С. 18–22.
13. Murugesan A., Subramanian R., Nedunchezian N. Biodiesel as an alternative fuel for diesel engines. *Renew sust energy rev*. 2009. P. 653–662.

References

- [1] Kaletnik, H.M. (2010). *Biopalyva: efektyvnist' yikh vyrobnytstva ta spozhyvannya v APK Ukrayiny: navch. posibnyk*. K: Ahrarna nauka, 327 p. [in Ukrainian]
- [2] Semenov, V.H. (2008). Ukrayina bez nafty: stan i perspektyvy rozvytku vyrobnytstva ta zastosuvannya ekolohichno chystoho biodyzel'noho palyva. *Nauka ta innovatsiyi. Kharkiv: NTU*, 4(1). 81–86. [in Ukrainian]
- [3] Kaletnik, H. M. (2018). Dyversyfikatsiya rozvytku vyrobnytstva biopalyv –osnova zabezpechennya prodovol'choyi, enerhetychnoyi, ekonomichnoyi ta ekolohichnoyi bezpeky Ukrayiny. *Visnyk ahrarnoyi nauky*, 11. 169–176. [in Ukrainian]
- [4] Hun'ko, I.V., Burlaka, S.A., Yelenych, A.P. (2018). Otsinka ekolohichnosti naftovoho palyva ta biopalyva z vykorystannyam metodolohiyi povnoho zhyttyevoho tsykladu. *Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu*, 2. 6(267). 246–249. [in Ukrainian]
- [5] Kaletnik, H. M. Rozvytok rynku biopalyv v Ukrayini: monohrafiya. Kyiv: Ahrarna nauka, 2008. [in Ukrainian]
- [6] British Petroleum. Statistical Review of World Energy. *Approximate conversion factors*. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-approximate-conversion-factors.pdf> (дата зvernennya 12.09.2018). [in English]
- [7] Gunko, I.V., Halushchak, O.O., Burlaka, S.A. (2018). Vyznachennya faktoriv vplyvu biopalyva na hlobal'ni zminy klimatu. *Tekhnika, enerhetyka, transport APC*, 3(102). 90–97. [in Ukrainian]
- [8] Biodyzel'ne palyvo. Zahal'na kharakterystyka biodyzel'noho palyva. URL: https://pidru4niki.com/72999/ekologiya/biodizelne_palivo (дата zvernennya 10.07.2019) [in Ukrainian]
- [9] Mahmudul, H.M., Hagos, F.Y., Mamat, R., Adam, A.A., Ishak, W.F.W., Alenezi, R. (2017). Production characterization and performance of biodiesel as an alternative fuel in diesel engines – A review. *Renewable and Sustainable Energy. Reviews*, 72. 497–509. [in English]
- [10] Kaletnik, H.M., Klymchuk, O.V. (2013). Ekolohichna enerhetyka – osnova rozvytku ekonomiky derzhavy. Zbalansovane pryrodokorystuvannya. *Naukovo-praktychny zhurnal*, 2-3. 14–17. [in Ukrainian]
- [11] Burlaka, S.A., Yavdyk, V.V., Yelenych, A.P. (2019). Metody doslidzhen' ta sposoby otsinky vplyvu palyv z vidnovlyuvanykh resursiv na robotu dyzel'noho dvyhuna. *Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu*, 2(271). 212–220. [in Ukrainian]
- [12] Semenov, V. (2007). Biodyzel'ne palyvo dlya Ukrayiny. *Visnyk Natsional'noyi akademiyi nauk Ukrayiny*, 4. 18–22. [in Ukrainian]
- [13] Murugesan, A., Subramanian, R., Nedunchezian, N. (2009). Biodiesel as an alternative fuel for diesel engines. *Renew sust energy rev*. 653–662. [in English]

ТЕНДЕНЦИИ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ

С точки зрения защиты окружающей среды развитие автомобилей и их приводов определяется в дальнейшем постоянным ужесточением требований отработанных газов. Кроме этого, меры по сокращению расхода топлива и эмиссии CO₂ все больше влияют на концепцию оптимизации автомобилей и привода.



Поскольку большую часть мирового энергопотребления занимает транспорт, преимущественно автомобили, производители часто сталкиваются с необходимостью разрабатывать и внедрять новые, все более энергоэффективные и экологически чистые энергетические методы - например, использование нетрадиционного топлива, включая: спиртовое топливо (этанол и метанол), биодизель, жидкость Фишера-Тропша, водородное топливо. Итак, долгосрочное гарантированное снабжение транспортной энергии вместе с разумным управлением топливом обеспечивает средне- и долгосрочную диверсификацию энергии для ее производства, особенно, включая альтернативную и возобновляемую энергию.

За последнее десятилетие произошло много событий, хотя цели политики остаются неизменными для многих стран улучшение энергетической безопасности и ограничения выбросов парниковых газов может быть как никогда важным. И, беспрецедентно, в основе этих вопросов лежит использование энергии в транспорте. Нужны новые методы, чтобы освободить транспорт от устойчивой зависимости от нефти и стать на новый путь. Но технология сделала интересный прогресс, и этот прогресс будет продолжаться и в ближайшие годы, создавая новые возможности для достижения этих целей. Неудивительно, что за последнее десятилетие интерес к биотопливу и его производства резко возрос. В период с 1990 по 2021 годы в мире производство полного этанола удвоилось. В некоторых регионах, особенно в Европе, использование биотоплива для дизельных двигателей также значительно возросло за последние годы. Пожалуй, самое главное, что страны мира в настоящее время серьезно рассматривают вопрос увеличения производства и использования биотоплива, и многие страны сформулировали политику обеспечения этого роста.

Ключевые слова: диверсификация топлива, биоэтанол, биодизель, диметилловый эфир, топлива.

Табл. 3. Рис. 1. Лит. 13.

TRENDS OF DIVERSIFICATION OF POWER CARRIERS OF MACHINE UNITS

From the point of view of environmental protection, the development of vehicles and their drives is determined in the future by the constant tightening of exhaust gas requirements. In addition, measures to reduce fuel consumption and CO₂ emissions are increasingly influencing the concept of vehicle and drive optimization.

Since most of the world's energy consumption is taken by transport, mainly cars, manufacturers are often faced with the need to develop and implement new, increasingly energy efficient and environmentally friendly energy methods - for example, the use of unconventional fuels, including: alcohol fuels (ethanol and methanol), biodiesel, Fischer's fluid -Tropsch, hydrogen fuel. So, the long-term guaranteed supply of transport energy, together with sound fuel management, ensures the medium and long-term diversification of energy for its production, especially, including alternative and renewable energy.

Much has happened over the past decade, although policy goals remain unchanged for many countries improving energy security and limiting greenhouse gas emissions may be more important than ever. And, unprecedentedly, energy use in transportation is at the heart of these issues. New methods are needed to free transport from its persistent dependence on oil and take a new path. But technology has made interesting progress, and this progress will continue in the coming years, creating new opportunities to achieve these goals. Unsurprisingly, interest in biofuels and their production has skyrocketed over the past decade. Global production of total ethanol doubled between 1990 and 2021. In some regions, especially in Europe, the use of biofuels for diesel engines has also increased significantly in recent years. Perhaps most importantly, countries around the world are now seriously considering increasing the production and use of biofuels, and many countries have formulated policies to ensure this growth.

Key words: fuel diversification, bioethanol, biodiesel, dimethyl ether, fuel.

Table. 3. Fig. 1. Ref. 13.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Гулько Ірина Василівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: maniy@ukr.net , <https://orcid.org/0000-0002-2441-9469>).

Гулько Ирина Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры общетехнических дисциплин и охраны труда Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: maniy@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-2441-9469>).

Irina Gunko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of General Technical Disciplines and Labor Protection, Vinnitsa National Agrarian University (Solnechnaya St., 3, Vinnitsa, Ukraine, 21008, e-mail: maniy@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-2441-9469>).