

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА НА ВОДНЕВОМУ ПАЛИВІ

*Й. Хом'як, к. т. н., В. Шевчук, асистент, В. Мідзян, магістрант
Львівський національний аграрний університет*

Ключові слова: Водень, бензин, коефіцієнт надлишку повітря, зворотний спалах, вуглеводні, оксид вуглецю, оксиди азоту.

Key words: Hydrogen, petrol, coefficient of surplus of air, reverse flash, hydrocarbons, oxide of carbon, oxides of nitrogen.

Постановка проблеми. Використання тракторів і автомобілів у сільськогосподарському виробництві стало невід'ємною частиною розвитку агропромислового комплексу країни. Проте механізація сільськогосподарського виробництва висуває низку серйозних соціальних проблем, серед яких екологія і збереження природних ресурсів. Трактори і автомобілі – основні споживачі енергії та одне з головних джерел забруднення атмосфери. Найбільш енергоємним і екологічно небезпечним компонентом трактора і автомобіля є його енергетична установка. Головні напрями вдосконалення автомобільних енергоустановок сьогодні визначаються двома найважливішими соціально-економічними проблемами [1; 2]:

- раціональним використанням палива нафтового походження, у тому числі заміною його альтернативними енергоносіями;
- зниженням шкідливої дії тракторів і автомобілів на довкілля.

Постійно посилюються міжнародні вимоги щодо обмеження викиду шкідливих речовин автотранспортними засобами і економії енергоресурсів, а тому вимагають від виробників розробки принципово нових енергетичних установок, що працюють на новому, екологічно чистому виді палива.

Річард Кеммак, автор дослідження «Водень як паливо», вважає, що водень потенційно може стати ідеальним паливом. За останні три десятиліття на дослідження в цій галузі державні і приватні організації США витратили понад 15 млрд дол., аналогічні дослідження проводяться в Японії, країнах Західної Європи, Росії, Китаї, Індії [4].

Автомобілі на водневому паливі умовно можна поділити на три класи.

Перший – це машини зі звичайним двигуном внутрішнього згоряння, який працює на водні або водневій суміші. Такі моделі можуть працювати на чистому водні або 5 – 10% водню додають до основного палива. В обох випадках **ККД** двигуна збільшується (у другому випадку приблизно на 20%) і вихлоп стає набагато чистішим.

Другий – це машини з двома електроносіями, так звані гібридні, їх колеса рухає електропривід, енергію якому постачає акумулятор, що у свою чергу заряджається від високоекономічного двигуна внутрішнього згоряння, що працює на водні або суміші водню з бензином. Це дуже вигідно, адже ККД електродвигуна сягає 90 - 95%, на відміну від бензинового (35%) або дизельного (50%). Таким чином, загальний ККД підвищується до 30%, відповідно знижується витрата палива.

Третій – справжній водневий автомобіль – це машина з електродвигуном, який працює від паливного елемента, що знаходиться в автомобілі. Теоретично ККД паливного елемента, що працює на суміші водень-повітря, може перевищувати 85%. Зараз уже вдалося одержати двигуни з ККД близько 75% - це більш ніж удвічі вище за відповідним показник найкращих двигунів внутрішнього згоряння. В умовах міста такі машини одержать п'яти-шестиразову перевагу над звичайними автомобілями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Активні дослідження й розробки в галузі водневої енергетики і технології почалися в середині 70-х років ХХ ст. Їх проводили у багатьох напрямках великі наукові колективи Радянського Союзу під керівництвом В. А. Легасова, Н. Д. Кузнецова, А. М. Фрумкіна, Р. Е. Лозіно-Лозінського, А. А. Туполева, В. П. Глушко, С. П. Барміна, А. Н. Барабошкина, С. П. Белякова, А. Н. Подгорного та інших

видатних учених і крупних організаторів науки [1 – 5].

Компанія Honda стане першим світовим автовиробником, що почне масовий випуск автомобілів на цілком водневому паливі. [Honda FCX](#) й перший автомобіль на паливних комірках, що був офіційно сертифікований як придатний для щоденного використання. Максимальна потужність двигуна – 80 кінських сил (hp), швидкість – 260 км/год.

Баварська компанія BMW продемонструвала автомобіль BMW 745h, який має водневий двигун внутрішнього згоряння.

Фірма «Мазда» використовує роторний двопаливний двигун, де не може статися випадкового передчасного запалення водню від «зустрічного вогню», і форсунки для впорскування працюють у завжди сприятливій зоні мотора.

Постановка завдання. Мета дослідження: 1. Виявлення ділянки стійкої роботи двигуна у разі живлення двигуна воднем через змішувач; 2. Організація стабільного перебігу робочого процесу без зворотних спалахів) у всьому діапазоні швидкостей обертання колінчастого вала та за будь-яких можливих навантажень.

Виклад основного матеріалу. Перелічені завдання вирішували, в основному проводячи експериментальні дослідження на моторному стенді, тому, що їх теоретичні аспекти повною мірою ще не пропрацьовано. Переведення двигуна на водень вимагає вирішення низки складних наукових і практичних питань. Крім цього, робота на чистому водні неминуче супроводжується втратою потужності та крутого моменту (згідно з технічним завданням для водневого варіанту допускається 30% втрати потужності [2; 3].

Для проведення експериментальних досліджень двигуна під час роботи як на суміші бензину з воднем, так і в разі використання як палива тільки водню використовували моторний стенд, загальний вигляд якого зображений на рис. 1.

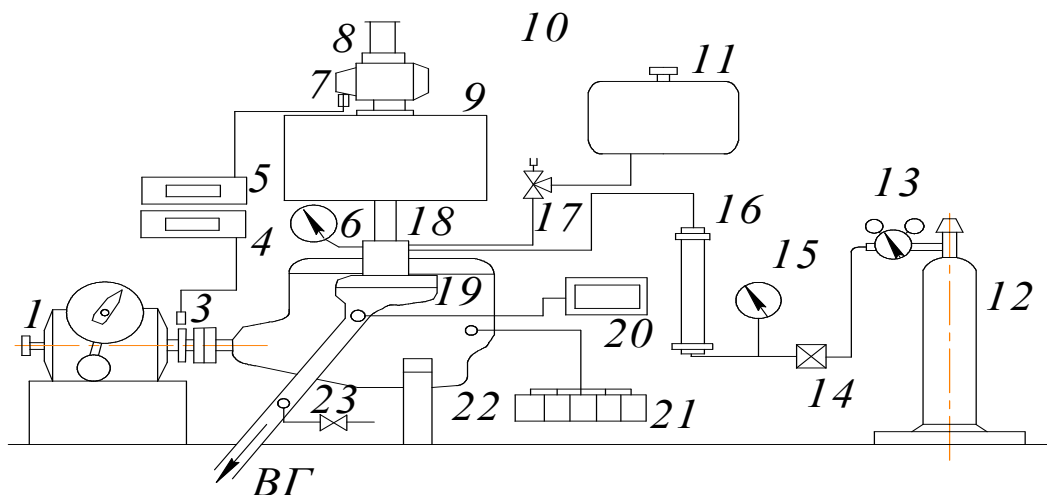


Рис. 1. Схема

експериментальної установки з двигуном MeM3 245:

1 – гідравлічне гальмо; 3 – датчик частоти обертання вала двигуна; 4, 5 – частотоміри; 6 – вакуумметр; 7 – датчик витрати повітря; 8 – витратомір газовий; 9 – заспокійливий бак; 10 – штитпробер; 11 – бак для бензину; 12 – балон для водню; 13 – редуктор; 14 – голчастий кран; 15 – манометр; 16 – ротаметр; 17 – триходовий кран; 18 – карбюратор-змішувач; 19 – впускний колектор; 20 – потенціометр; 21 – контрольні прилади (температури оливи t_o , тиску оливи p_o , температури охолодної води на вході t_{w0} , температури охолодної води на виході t_{w1} , температури повітря t_a); 22 – двигун; 23 – кран відбору проб відпрацьованих газів.

Перший етап експериментальних досліджень у разі живлення воднем через змішувач передбачав зняття серії навантажувальних характеристик, за якими будувалось поле стійкої роботи (без зворотних спалахів) у координатах $n - \alpha$ (рис. 2).

З діаграми видно, що крива практично по цілому діапазоні зміни швидкостей обертання знаходиться вище, ніж $\alpha = 2$, тобто робота двигуна на багатших воднево-повітряних сумішах виявляється неможливою через передчасне запалення, що виявляється у вигляді добре чутних зворотних хлопків у впускному колекторі. До того ж, після виникнення хлопків на впуску одного з циліндрів запалення воднево-повітряної суміші розповсюджується на весь об'єм

впускного колектора, що призводить до зупинки двигуна.

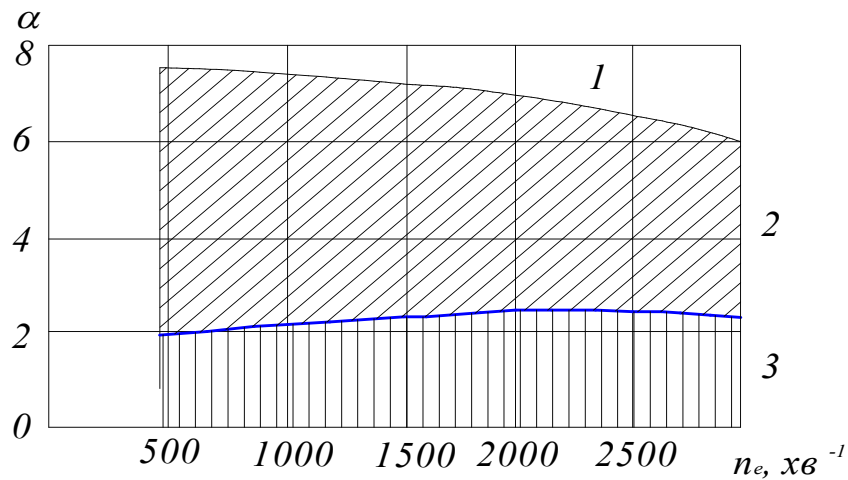


Рис. 2. Область стійкого перебігу робочого процесу: 1 – верхня межа роботи ДВЗ на водні; 2 – область стійкої роботи; 3 – область порушень робочого циклу.

З метою попередження зворотних спалахів у водневому двигуні опрацьовано спосіб роботи ДВЗ, за яким водень під тиском, що регулюється залежно від режиму роботи двигуна, подається по трубці у впускний колектор у зоні впускного клапану в безпосередній близькості до нього.

Зняті навантажувальні характеристики водневого двигуна для частот обертання 1500, 2000 та 2500 хв⁻¹.

Під час роботи двигуна за цими характеристиками оптимальний кут випередження запалювання змінювався від $(\Theta) = 2^\circ$ на режимах максимальної потужності до $(\Theta) = 70^\circ$ на яловому ході, коефіцієнт надлишку повітря відповідно від $\alpha = 1$ до $\alpha = 7$. Характер перебігу кривих, що відображають залежність питомої ефективної витрати пального g_e від навантаження, підтверджує високу ефективність робочого процесу водневого двигуна. Зокрема, у діапазоні від 30% до 100% навантаження значення g_e знаходиться нижче від рівня 0,1 кг/кВт-год. (рис. 3), що відповідає ефективному ККД $\eta_e = 0,3$. Максимальне значення η_e складає 0,36 і спостерігається при 70% навантаження [3].

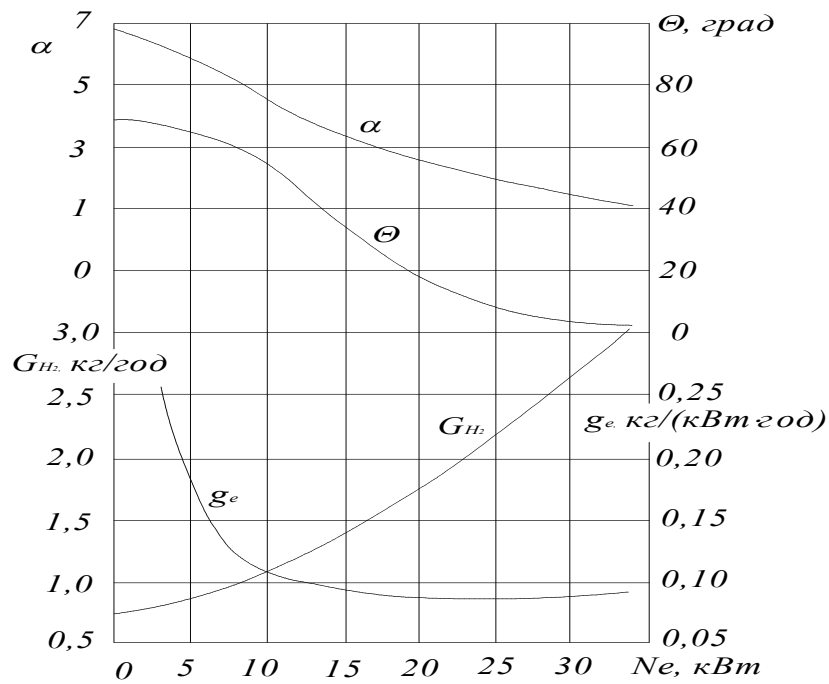


Рис. 3. Навантажувальна характеристика водневого

двигуна: $n = 2500 \text{ хв}^{-1}$.

Після установки розробленої системи паливоподачі на двигун з автоматичним регулюванням були знову зняті навантажувальні та швидкісні характеристики для визначення відповідності їх вихідним характеристикам рис. 5.

Максимальна потужність двигуна складала 27,8 кВт при 2800 хв^{-1} , а максимальний крутний момент – 99 Нм при 1750 хв^{-1} . Ці показники на 30% нижчі, ніж у базового двигуна MeM3-245, що працює на бензині. Питома ефективна витрата водню в більшій частині навантажувальних і зовнішньої швидкісної характеристик складала близько $0,085 \text{ кг/кВт}\cdot\text{год}$, що відповідає ефективному ККД $\eta_e = 0,35$. Ця величина на 25% вища, ніж максимальне значення ККД бензинового прототипу.

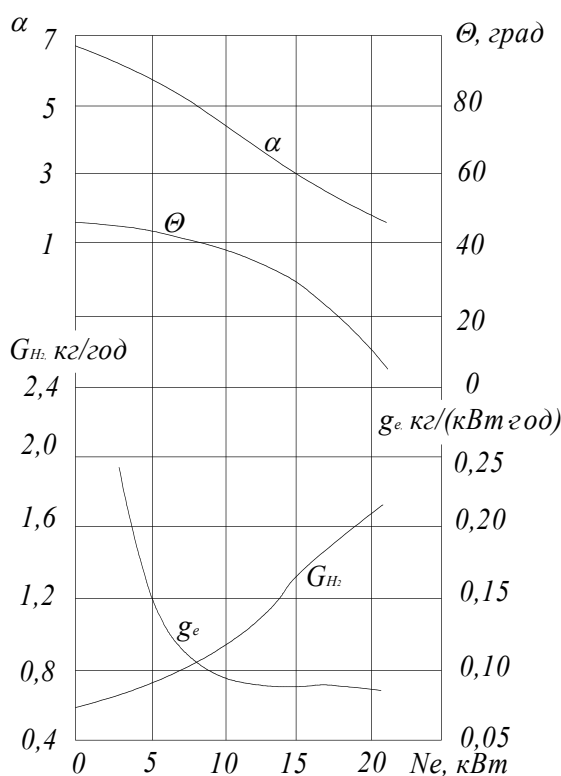


Рис. 5. Навантажувальна характеристика водневого двигуна з автоматичним регулюванням: $n = 2000 \text{ хв}^{-1}$.

Знімаючи характеристики двигуна на моторному стенді здійснювали відбір проб відпрацьованих газів для аналізу на наявність у них оксидів азоту (NO_x), оксидів вуглецю (CO), вуглеводів (C_nH_m) та залишкового водню (H_2).

Живлення двигуна бензоводневоповітряною сумішшю з $\psi = 0,03$ і $\alpha = 1,01 \div 1,02$ забезпечило таку ж потужність за зовнішньою швидкісною характеристикою, що й живлення бензоповітряною сумішшю з $\alpha = 0,89 \div 0,94$. Проте економічність двигуна під час роботи на бензоповітряній паливної композиції збільшилася на 8-12%, концентрація CO і CH зменшилася в 2-3 рази.

Висновки. Під час проведення випробувань двигуна внутрішнього згорання з незмінною кількістю водню в суміші; з кількістю водню, що забезпечує граничність збіднення; живлення двигуна чистим воднем та сумішшю бензину з воднем залежно від режиму встановлено:

- перший спосіб роботи характеризується простотою реалізації, але можливості водню як унікального палива використовується не повністю;
- другий спосіб – забезпечує незначну сумарну витрату водню задовільних токсичних показників;
- третій спосіб – у разі живлення двигуна сумішами бензину і водню з повітрям, потужність і економічність двигуна зростає за 4 – відсоткового додавання водню і підвищує

ККД до 10%.

Викиди CO і CH зменшуються в 2-3 рази, а викиди оксидів азоту зменшуються в 1,5-3 рази в діапазоні навантажень 40-60%.

Бібліографічний список

1. Кузык Б. Н. На пути к водородной энергетике / Б. Н. Кузык, В. И. Кушлин, Ю. В. Яковец. – М. : РАН, 2005. – С. 123-186.
2. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: справочник. – М. : Химия, 1989. – С. 56-67.
3. Каменев В. Ф. Исследования энергетических и экологических показателей работы автомобильного двигателя на бензоводородных топливных композициях / В. Ф. Каменев, В. М. Фомин, Н. А. Хрипач // альтернативная энергетика и экология. – 2005. – № 9 (29). – С. 16-22.