

АФТАНАЗІВ ІВАН

Національний університет «Львівська політехніка»

<https://orcid.org/0000-0003-3484-7966>e-mail: ivan.aftanaziv@gmail.com**ШЕВЧУК ЛІЛІЯ**

Національний університет «Львівська політехніка»

e-mail: shchvchuk.liliya@gmail.com**СТРОГАН ОРІСЯ**

Національний університет «Львівська політехніка»

<https://orcid.org/0000-0002-1790-6736>e-mail: orysia.i.strohan@lpnu.ua**СТРУТИНСЬКА ЛЕСЯ**

Національний університет «Львівська політехніка»

<https://orcid.org/0000-0002-0401-5475>e-mail: lesia.r.strutynska@lpnu.ua**ШЕВЧУК СОФІЯ**

Національний університет «Львівська політехніка»

БЕНЗИНОВИЙ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОР ІЗ КАВІТАЦІЙНОЮ ПІДГОТОВКОЮ ПАЛИВНОЇ СУМІШІ

Описано результати експериментального дослідження ефективності кавітаційної обробки паливної суміші на основі бензину марки А-95 та дистильованої води для двигунів внутрішнього згоряння електрогенераторів. Кавітаційна обробка цієї паливної суміші при процентному співвідношенні вода / бензин 17/83% дозволяє до 15-20 % підвищити економію вартісного бензину при експлуатації бензинових двигунів побутових та промислових генераторів. Потужність двигуна при цьому завдяки кавітаційній обробці паливної водяно-бензинової суміші знижується лише на 6÷7%.

Приведено опис конструктивної схеми створеного для кавітаційної обробки водяно-бензинового палива електромагнітного вібраційного змішувача-кавітатора. Його застосування дозволить не тільки забезпечити економію палива під час експлуатації електрогенераторів, а і підвищить ступінь повноти згоряння їх водяно-бензинової паливної суміші, тобто сприятиме покращенню екології довкілля.

Запропонована вдосконалена технологічна схема живлення циліндрів двигуна внутрішнього згоряння електрогенератора кавітаційно обробленим водяно-бензиновим паливом включає доповнення традиційної мережі подачі бензину додатковою мережею подачі води з баком її накопичення та електромагнітним вібраційним кавітатором для перемішування водяно-бензинової суміші.

Ключові слова: електрогенератор, вода, паливо, бензин, кавітація, збурювач кавітації, електромагнітний привід, економія бензину, повнота згоряння палива, екологія

AFTANAZIV IVAN, SHEVCHUK LILIA, STROHAN ORYSA, STRUTYNSKA LESYA, SHEVCHUK SOFIA
Lviv Polytechnic National University

GASOLINE GENERATOR WITH CAVITATION FUEL MIXTURE PREPARATION

The results of an experimental study of the effectiveness of cavitation treatment of a fuel mixture based on A-95 gasoline and distilled water for internal combustion engines of electric generators are described. Cavitation treatment of this fuel mixture with a percentage ratio of water / gasoline of 17/83% allows to increase the saving of expensive gasoline by 15-20% when operating gasoline engines of household and industrial generators. At the same time, the engine power is reduced by only 6÷7% due to the cavitation treatment of the water-gasoline fuel mixture.

A description of the design scheme of the electromagnetic vibrating mixer-cavitator created for the cavitation treatment of water-gasoline fuel is given. Its use will allow not only to save fuel during the operation of electric generators, but also to increase the degree of completeness of combustion of their water-gasoline fuel mixture, that is, it will contribute to the improvement of environmental ecology.

The proposed improved technological scheme for powering the cylinders of the internal combustion engine of the electric generator with cavitatively treated water-gasoline fuel includes supplementing the traditional gasoline supply network with an additional water supply network with a water storage tank and an electromagnetic vibrating cavitator for mixing the water-gasoline mixture.

Experimental studies have established the optimal operating modes of the vibrating cavitation mixer of the fuel mixture. The highest quality of mixing water with gasoline is ensured when the amplitude of oscillations of the cavitation disturbers is in the range of 0.4-0.5 mm at the frequencies of their oscillations of 45-47 Hz.

To form a water-fuel mixture, the technological scheme of the fuel supply of the electric generator is additionally equipped with a water supply system. The water supply system includes a water storage tank, a filter for its purification, a supply pipeline and a vibrating cavitation mixer of water with gasoline. Such additional equipment of the electric generator with a water supply system increases its cost by only 4-5%. With daily operation of electric generators of the Konner and Sohner KS15-1E ATSR model with a capacity of 12.5 kW for 5-6 hours, the costs of its arrangement will pay off in approximately half a calendar year.

Key words: electric generator, water, fuel, gasoline, cavitation, cavitation disturber, electromagnetic drive, gasoline economy, complete fuel combustion, ecology

Вступ

У розповсюджених конструктивних схемах побутових та промислових електрогенераторів традиційні бензинові двигуни внутрішнього згоряння все ще залишаються основним елементом приводу генеруючих електроенергію пристроїв. І не зважаючи на активне розповсюдження в галузі автомобілебудування електродвигунів та двигунів із використанням в якості палива водню та інших горючих газів, традиційні бензинові двигуни внутрішнього згоряння все ще залишатимуться широко вживаними як у якості приводу легкових та великотоннажних транспортних засобів, так і для військової спецтехніки, а також для різнопланових моторизованих пристроїв господарського призначення.

Тому не втрачають своєї актуальності дослідження, спрямовані на вдосконалення як конструкції, так і експлуатаційних характеристик двигунів внутрішнього згоряння. Особливою популярності у сьогоденні ці дослідження набули в руслі збереження довкілля шляхом пониженню ступеня шкідливих викидів продуктів згоряння палива двигунів. Адже загально визнано, що саме неповне згоряння палива у робочих камерах циліндрів двигунів є основною причиною утворення вкрай шкідливого для атмосфери двоокису вуглецю, що є першопричиною формування так званого «парникового ефекту».

Огляд літературних першоджерел

Для бензинових двигунів електрогенераторів, як і для будь-яких інших двигунів внутрішнього згоряння, поряд із визначальним впливом на повноту згоряння в робочій камері палива, тобто якості бензину, не менш вагоме значення має і якість підготованої для впорскування в робочу камеру повітряно-паливної суміші. Недостатня кількість кисню у впорскуваній в камері згоряння повітряно-паливній суміші спричиняє погіршення умов спалювання палива та обумовлену цим недостатню повноту його згоряння. Вагому роль при цьому відіграє і забезпечувана карбюратором чи форсунками впорскування дисперсність мікрокрапель палива тобто ступінь його розсіювання.

У багаторічних наукових дослідженнях науковців Національного університету «Київський політехнічний інститут» ім. Сікорського під керівництвом професорів Федоткіна І.М. та Луговського О.Ф. переконливо доведено, що чим вища дисперсність розсіювання впорскуваного у робочу камеру бензину, тим вищий ступінь його змішування із повітрям і тим краща повнота згоряння палива у робочих камерах циліндрів двигунів внутрішнього згоряння [1]. А відповідно і менша ступінь забруднення двигунами внутрішнього згоряння довкілля [2] і, що не менш вагомо, вища потужність двигунів. Результатами цих досліджень постало створення кавітаційних ультразвукових пристроїв для підвищення дисперсності впорскуваної в робочу камеру циліндрів двигунів внутрішнього згоряння повітряно-паливної суміші [3].

Основною ідеєю цих пристроїв є забезпечення додаткового диспергування струменів палива віброуючими із ультразвуковими частотами диспергаторами безпосередньо перед потраплянням повітряно-паливної суміші у камеру згоряння двигунів [4]. Тривалий досвід досліджень кавітаційної обробки палива для двигунів внутрішнього згоряння правомірно надав підставу авторам роботи [5] відзначити, що «...Ультразвукова кавітаційна обробка палива дозволяє покращити його енергетичні та споживчі характеристики». Автори переконливо доводять, що це забезпечується завдяки тому що «...в процесі сплескування кавітаційних пухирців у мікрооб'ємах розвиваються високі температури та тиски, які створюють передумови для появи в них електричних зарядів, що багаті енергією дисоційованих та іонізованих молекул, а також атомів і вільних радикалів, які покращують процес згоряння палива» [5,6]. Дане конструктивне рішення без відчутного нарощування габаритів та маси двигунів дозволило на 10-15% підвищити їх потужність та майже на чверть понизити рівень викиду в атмосферу шкідливого двоокису вуглецю.

Ще наприкінці минулого століття науковці Київського політехнічного інституту не без певного успіху намагалися застосувати кавітацію для покращення якості бензинового та дизельного палива для двигунів внутрішнього згоряння. Дослідження впливу кавітації на якість палива, проведені під керівництвом проф. Федоткіна І.М., показали доволі обнадійливі результати [7]. Отримані дані переконливо засвідчили спроможність кавітації благотивно впливати на підвищення якості палива. Згідно із даними їх досліджень, забезпечується це руйнівним впливом кавітації на олвеоли та згустки палива, дегазацією палива від розчинених у ньому негорючих газів, а також сприяє якісному перемішуванню між собою певних фракцій палива [8,9].

У літературних джерелах приведено і результати інших наукових досліджень, спрямованих на покращення повноти згоряння палива в робочій камері циліндрів двигунів внутрішнього згоряння [10]. Зокрема завдяки додаванню до поданої в робочу камеру повітряно-паливної суміші у певних пропорціях води [11]. У основу цих досліджень покладено той незаперечний факт, що під дією високих температур згоряння вуглецевих сполук, до яких належить і бензин, молекули води розпадаються, формуючи при взаємодії із навколишнім середовищем низку газів. Зокрема і водяну пару та низку горючих газових сполук, серед яких і кисень та водень, а також їх можливі комбінації. Недарма ж у випадку, пожеж, спровокованих згорянням вуглецевих сполук, у тому числі мастил, бензинового та дизельного палива, тощо у жодному разі не рекомендується використання в якості вогнегасного засобу воду.

Згідно описаних у цих роботах способу [10] та пристроям [11] його реалізації, система подачі палива у камери згоряння циліндрів автомобільного двигуна, що складається із паливного бака, трубопроводу подачі палива до паливного насоса та карбюратора, тут доповнена вмонтованим у трубопровід віброкавітатором кавітаційного змішування бензинового палива із дистильованою водою у масовому співвідношенні води до

бензину 1 : 6. Згідно конструктивній будові цього пристрою тут до вмонтованого у систему подачі палива віброкавітатора підведено трубопровід подачі дистильованої води, яку подають із окремого баку. Розхід подач палива та дистильованої води у віброкавітатор регулюють вмонтованими у їх трубопроводи подачі регуляторами витрати цих рідин.

Забезпечувані віброкавітатором просторові коливні переміщення його дисків-збурювачів кавітації збурюють в струменях перетікаючої через їх конічні отвори води та бензину кавітаційні явища, які супроводжуються інтенсивним формуванням кавітаційних мікробульбашок із розчинених у воді і паливі повітря та інших газів. Кавітаційні мікробульбашки руйнують в паливі масляні глобули, чим покращують його якість. При цьому наявні в корпусі віброкавітатора дистильована вода та паливо інтенсивно перемішуються між собою, формуючи однорідну водяно-паливну суміш. Через центральний отвір в корпусі віброкавітатора сформована водяно-паливна суміш подається у камери згоряння циліндрів автомобільного двигуна.

Реалізована даним пристроєм кавітаційна обробка бензинового палива перед безпосереднім його впорскуванням у камери згоряння циліндрів забезпечує подвійний синергічний ефект [11]. Перш за все, кавітаційною обробкою забезпечується покращення якості палива, яке проявляється у підвищенні повноти його згоряння, а відповідно, і покращенні умов експлуатації двигунів та зниження рівня шкідливих викидів в атмосферу продуктів згоряння. Не менш важливим економічним показником є і економія вартісного палива на величину обсягу доданої до бензину дистильованої води, рівного приблизно 15% від загальної витрати палива.

Переваги забезпечуваної віброкавітатором даного пристрою кавітаційної підготовки палива автомобільних двигунів незаперечні. Проте віброкавітатори даної конструктивної схеми не придатні для застосування у електрогенераторах. Перш за все, через складність їх конструктивної будови та обумовлену цим високу вартість. А також через необхідність оснащення їх вартісною апаратурою регулювання режимами роботи на притаманних автомобілям підвищених обертах. Електрогенераторам такі режими експлуатації не властиві. Переважно їх привідні двигуни експлуатуються в полегшених режимах так званого «холостого ходу». Це дає підставу стверджувати про певний недолік вище описаного пристрою для кавітаційної підготовки палива для автомобільних двигунів внутрішнього згоряння стосовно його застосування для експлуатації в електрогенераторах.

Метою даного дослідження було створення віброкавітаційного пристрою для кавітаційної обробки водяно-паливної суміші перед її безпосередньою подачею після змішування із повітрям у камеру згоряння бензинових двигунів електрогенераторів.

Для вирішення даної мети було сформульовано коло задач, основними з яких були:

- розробка дослідної установки для низькочастотної кавітаційної обробки водяно-бензинової паливної суміші;
- дослідження впливу процентного співвідношення складників палива у суміші вода-бензин на стабільність роботи двигуна внутрішнього згоряння;
- розробка принципової схеми віброкавітатора для кавітаційної обробки палива та водяно-паливної суміші перед їх подачею у камеру згоряння;
- розробка технологічної схеми підготовки водяно-паливної суміші для двигунів внутрішнього згоряння електрогенераторів.

Виклад основного матеріалу

Експериментальні дослідження ефективності кавітаційної обробки водяно-бензинової паливної суміші проводили на двигуні внутрішнього згоряння моделі ВАЗ-21083 легкового автомобіля марки ВАЗ-21099. Дослідження проводили в два етапи. На першому етапі у низькочастотному віброрезонансному кавітаторі у певних пропорціях змішували подані в його робочу зону воду та бензин марки А-95 і впродовж фіксованого часу піддавали цю суміш кавітаційній обробці. На другому етапі кавітаційно оброблену водяно-бензинову паливну суміш подавали в карбюратор працюючого двигуна автомобіля, фіксуючи при цьому певні параметри роботи двигуна.

На рис. 1 наведена фотографія основної складової дослідної установки, якою є низькочастотний віброрезонансний кавітатор. Із накопичувальних ємностей (рис.1) вода та бензин у певних процентних співвідношеннях подаються в робочу зону кавітатора. Після її наповнення перекидають регульовальні вентиля. Відкривають регульовальний дросель замкнутої мережі циркуляції водяно-бензинової суміші і запускають облаштований в накопичувальній ємності насос та електромагнітний привід віброкавітатора. При цьому регульовальними дроселями забезпечують рівномірну циркуляцію водяно-бензинової суміші між робочою камерою кавітатора та накопичувальною ємністю. Замкнутий технологічний цикл обробки паливної суміші тут передбачає її неперервну циркуляцію між робочою зоною віброкавітатора та накопичувальною ємністю. Завдяки цьому вода та бензин постійно перемішуються між собою та піддаються неперервній кавітаційній обробці. Тривалість кавітаційної обробки паливної суміші видозмінювали від 3 до 10 хвилин.



Рис. 1. Світлина дослідної установки для кавітаційної обробки водяно-бензинової паливної суміші для двигунів внутрішнього згоряння

Кавітатор оснащено пультом керування мережею його живлення, основними елементами якого є таймер тривалості обробки рідин та регулятор частоти напруги електричного живлення електромагнітного приводу моделі AFC120 [10,11].

Основними змінними параметрами при кавітаційній обробці водяно-бензинової паливної суміші були тривалість обробки, процентне співвідношення маси води і бензину в паливній суміші та параметри (амплітуда A , мм і частота f , Гц) вібрацій збурювачів кавітації. Результати дослідження кавітаційної обробки водяно-бензинової паливної суміші представлено у таблиці 1.

Таблиця 1

Параметри кавітаційної обробки водяно-бензинової паливної суміші

№ з/п	Процентне співвідношення складників паливної суміші		Параметри вібрацій збурювачів кавітації		Тривалість кавітаційної обробки паливної суміші, сек.
	Бензин, %	Вода, %	Частота, Гц	Амплітуда, мм	
1	95	5	48	1,0	90
2	90	10	45	1,1	86
3	85	15	50	1,2	80
4	83	17	52	1,0	75
5	80	20	47	1,2	70

Кавітаційно обробленою паливною сумішшю наповнювали накопичувальні ємності встановленого над двоциліндровим чотирьохтактним бензиновим двигуном моделі KS 780 дослідного електрогенератора моделі Konner and Sohner KS 15-1E ATSR потужністю 12,5кВт.

На холостому режимі роботи запускали двигун електрогенератора, живлячи його карбюратор кавітаційно обробленою водяно-бензиновою паливною сумішшю. За показниками тахометра фіксували частоту обертання колінчастого валу двигуна. За показами таймера фіксували тривалість роботи двигуна на спалювання фіксованої кількості паливної суміші обсягом 1дм^3 . Візуальними спостереженнями здійснювали нагляд за стабільністю роботи двигуна при використанні в якості палива кавітаційно обробленої водяно-бензинової суміші. Результати цього експериментального дослідження відображено у таблиці 2.

Таблиця 2

Результати дослідження роботи двигуна електрогенератора при використанні у якості палива кавітаційно обробленої водяно-бензинової суміші

№ з/п	Процентне співвідношення води і бензину в паливній суміші, %	Тривалість роботи двигуна на 1дм ³ паливної суміші, сек	Частота обертання колінчастого валу двигуна, хв. ⁻¹	Стабільність роботи двигуна
1	5/95%	190	1100	стабільно
2	10/90%	186	1050	стабільно
3	15/85%	180	1000	стабільно
4	17/83%	177	970	нестабільно
5	20/80%	175	950	із перебоями

У результаті даного експериментального дослідження встановлено, що на так званих «робочих» режимах роботи двигуна електрогенератора наявність у його паливі до 15% води суттєво не впливає на стабільність роботи двигуна. Лише на 5÷7% понижуються частота обертання його колінчастого валу, на 6÷8% скорочується тривалість роботи двигуна на фіксованому 1дм³ обсязі паливної суміші.

Ці дані надають переконливу підставу для розробки конструкції вмонтованого у мережу подачі палива у камери згоряння циліндрів двигуна електрогенератора кавітаційного віброзмішувача. Конструктивно цей віброзмішувач може бути встановленим безпосередньо на двигуні або металевому каркасі електрогенератора і через стандартний регулятор частоти напруги електрично з'єднаним із генератором продукуюваної перемінної напруги. Керування його вмиканням та вимиканням, а також регулюванням режимами роботи може здійснюватися одночасно із роботою двигуна приводу електрогенератора.

На рис. 2 відображена принципова технологічна схема кавітаційної підготовки водяно-паливної суміші для подачі її у карбюратор бензинового двигуна внутрішнього згоряння електрогенератора. На фіг. 3 відображена конструктивна схема вмонтованого у трубопровід подачі палива електрогенератора електромагнітного вібраційного кавітатора для кавітаційної підготовки водяно-паливної суміші.

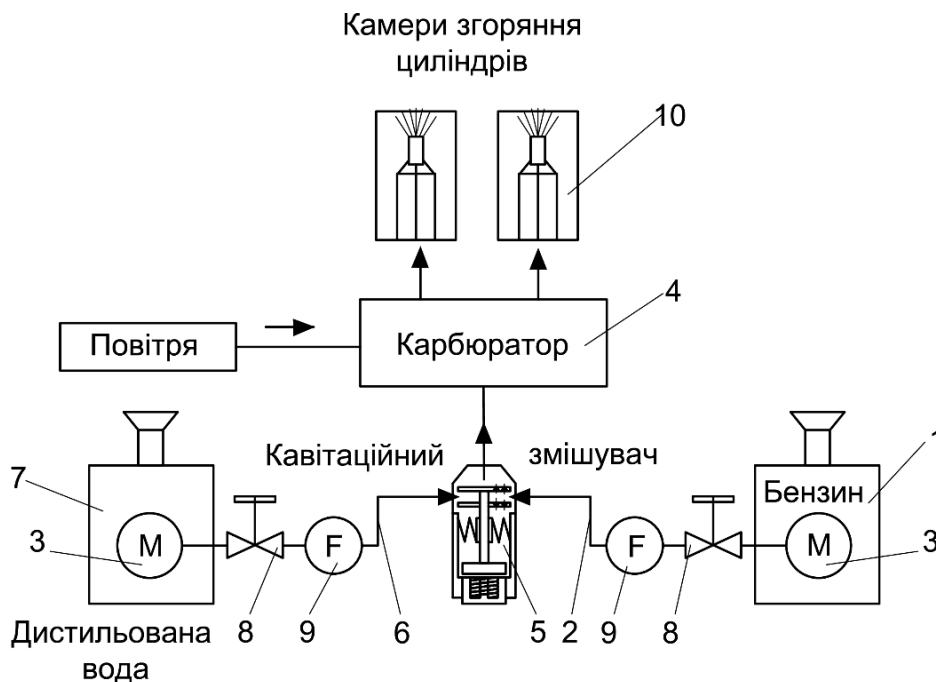


Рис.2 Технологічна схема кавітаційної обробки водяно-бензинової паливної суміші для двигуна внутрішнього згоряння електрогенератора

Відображена на рис.2 традиційна система подачі палива у камери згоряння циліндрів двигуна електрогенератора, яка складається із паливного бака 1, трубопроводу 2 подачі палива від паливного насоса 3 до карбюратора 4, тут доповнена вмонтованим у трубопровід віброкавітатором 5 кавітаційною змішування палива із дистильованою водою. До віброкавітатора 5 підведено трубопровід 6 подачі дистильованої води, яку подають із окремого баку 7. Розхід подачі палива та дистильованої води у віброкавітатор 5 регулюють вмонтованими у трубопроводи 2 та 6 регуляторами 8 витрати цих рідин. Для очищення дистильованої води та палива від механічних домішок у трубопроводах 2 та 6 їх подачі облаштовано очисні фільтри 9. На завершальному етапі кавітаційно змішана в карбюраторі 4 із повітрям водяно-паливна суміш подається у через форсунки 10 у камери згоряння циліндрів двигуна електрогенератора, де згораючи виконує корисну роботу, спрямовану на забезпечення обертання вихідного валу двигуна електрогенератора.

Вмонтований у трубопровід подачі палива електромагнітний вібраційний кавітатор (рис.3) являє собою герметичний корпус 1 із розташованим в ньому електромагнітним пристроєм 2. Всередині корпусу електромагнітного пристрою розміщені обмотка електромагніта 3 та рухомий вздовж його осі стрижень 4 електромагніта, який за допомогою пружної еластичної мембрани 5 співвісно електромагніту 3 закріплено в корпусі 1 із можливістю осьових коливань. Стрижень 4 має спільну із електромагнітом 3 геометричну вісь, до його нижнього повернутого до електромагніта кінця жорстко приєднано якорь 6. На протилежному кінці стрижня 4 електромагніта закріплені пронизані конічними отворами 7 для перетікання крізь них рідин диски-збурювачі кавітації 8. Стрижень 4 разом із приєднаними до нього якорем 6 та дисками-збурювачами кавітації 8 встановлені в корпусі 1 із можливістю здійснення осьових зворотно-поступальних коливань з частотою, що рівна подвійній частоті напруги живлення обмотки 3 електромагніта 2. Разом із стрижнем 4 осьові коливні переміщення здійснюють і прикріплені до них диски 8 із конічними отворами для перетікання крізь них рідин.

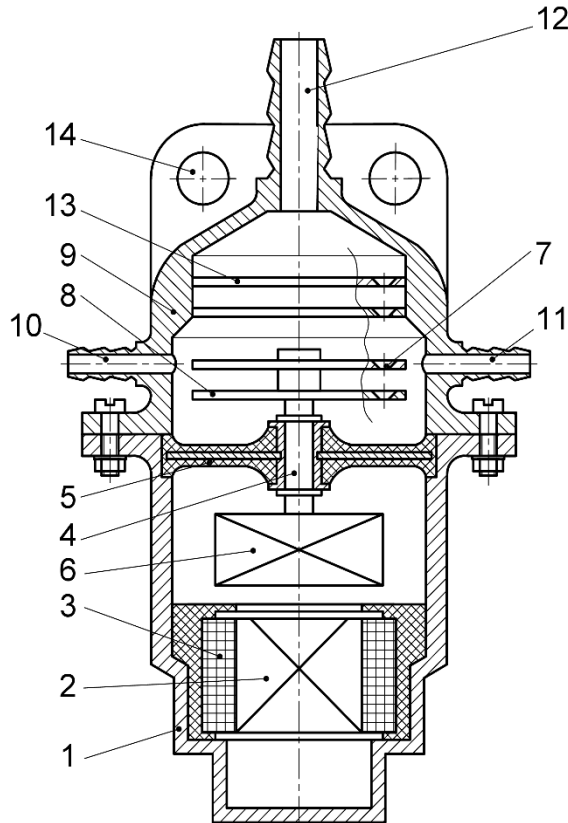


Рис.3 Принципова конструктивна схема кавітаційного віброзмішувача для підготовки водяно-бензинової паливної суміші двигуна електрогенератора

Величину амплітуди коливань стрижнів 4 електромагнітів, а відповідно і приєднаних до них дисків 8 з отворами, призначають із діапазону $A=0,5-1,5$ мм. Частоту коливань стрижнів 4 з дисками 8 переважно задають рівною частоті обертів колінчастого валу двигуна.

Над корпусом 1 віброкавітатора розташована жорстко прикріплена до нього змішувальна камера 9, всередину якої заведено стрижень 4 із прикріпленими до нього дисками-збурювачами кавітації 8. Змішувальна камера 9 оснащена розташованими один навпроти іншого штуцерами 10 для подачі в неї бензину та 11 для подачі дистильованої води, а також розміщеним у верхній частині штуцером 12 для відводу кавітаційно перемішаної готової водно-паливної суміші. Також змішувальну камеру 9 перед отвором для відведення готової суміші оснащено жорстко приєднаними до неї нерухомими дисками-збурювачами кавітації 13, що аналогічні рухомим дискам 8, та із отворами для перетікання рідини протилежної конусності. Фіксують даний електромагнітний вібраційний кавітатор для кавітаційної підготовки водяно-паливної суміші електрогенератора на його металевому каркасі, використовуючи передбачені для цього кріпильні отвори 14.

Кавітаційне змішування бензинового палива із дистильованою водою у електромагнітному вібраційному кавітаторі відбувається наступним чином. Через один із штуцерів подачі, наприклад, 10 всередину змішувальної камери 9 віброкавітатора під певним тиском поступає паливо, як правило, бензин. Через другий штуцер 11 під аналогічним тиском в камеру 9 поступає дистильована вода. Витрати поступаючих в камеру 1 рідин регулюють вмонтованими у трубопроводі подачі рідин регулювальними кранами 8 (див. рис.2), забезпечуючи наперед задане співвідношення масових об'ємів води та палива, наприклад, 1:6.

При збурених електромагнітом коливних рухах стрижня 4 електромагніта крізь конічні отвори 7 приєднаних до них дисків 8 перетікають наявні в змішувальній камері 9 рідини. Швидкість перетікання рідин крізь конічні отвори в дисках 8 та 13 рівна швидкості коливних рухів безпосередньо самих дисків 8, а саме добутку розмаху коливань дисків на частоту їх коливань. При амплітуді коливань стрижнів 4, рівній 0,5 мм, та частотах в діапазоні 15-24 Гц швидкість перетікання рідин крізь конічні отвори в дисках 8 та 13 становить $(15 \div 25) \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$. При цьому при напрямку руху рухомих дисків 8 назустріч нерухомим 13 вони стискають розташовану між ними рідину і навпаки, розріджують її при зворотному русі один від іншого.

Такі просторові коливні переміщення дисків 8 збурюють в струменях перетікаючої через їх конічні отвори рідини кавітаційні явища, які супроводжуються інтенсивним формуванням кавітаційних мікробульбашок із розчинених у воді і паливі повітря та інших газів. Кавітаційні мікробульбашки руйнують в паливі масляні глобули, чим покращують його якість. При цьому наявні в змішувальній камері 9 віброкавітатора дистильована вода та паливо інтенсивно перемішуються між собою, формуючи однорідну водяно-паливну суміш. Через відповідний отвір та штуцер 12 в змішувальній камері 9 віброкавітатора сформована водно-паливна суміш подається у карбюратор (рис.2). Тут вона змішується із повітрям і порційно розподіляється по циліндрах двигуна, де після запалювання виконує корисну роботу, спрямовану на переміщення поршнів циліндрів, і у кінцевому – на обертання колінчастого валу двигуна.

Експериментально встановлено, що оптимальними режимами коливних переміщень збурювачів кавітації є частота їх коливань в діапазоні 47-52 Гц при амплітуді коливань 0,5-1,0 мм.

Регламентований верхній обсяг об'ємного співвідношення поданих у кавітаційну камеру і змішуваних між собою дистильованої води та палива у співвідношенні 1:6 обумовлений максимально допустимим здатністю бензинового палива до насичення водою без пониження такої вагомою для палива характеристики як його октанове число. Зменшення ж кількості дистильованої води у підготовленій водяно-паливній суміші, наприклад, до співвідношення 1: 6,5, навпаки приведе до збільшення витрат палива тобто до пониження ефективності запропонованого пристрою для підготовки палива для двигунів внутрішнього згоряння.

Обговорення результатів дослідження

Збурювачі кавітації віброкавітаційного змішувача, який являється основою запропонованої схеми вдосконалення роботи та конструктивної схеми подачі палива двигуна внутрішнього згоряння електрогенератора, являють собою виготовлені із нержавіючої сталі чи іншого стійкого до кавітації матеріалу диски, поверхня яких пронизана великою кількістю конічних отворів. При коливних прямолінійно-послідовних переміщеннях цих дисків у рідинному середовищі, де присутня вода, проникаючи в замкнутому просторі у конічні отвори дисків рідинні мікрострумені, завдяки зміні своєї форми та швидкості формують мікротурбулентні потоки, які постають осередками самозбурення кавітаційної області. Взаємодіючи із складниками наявної в робочій зоні кавітатора паливної суміші, тобто із наявними тут водою та бензином кавітаційні мікрострумені інтенсивно перемішують між собою ці рідини. Більше того, під дією кавітації у наявній тут воді формуються іони пероксиду водню H_2O_2 , який є хорошим окиснювачем, що незаперечно, сприятиме кращому згорянню паливної суміші в камерах згоряння циліндрів двигуна.

Аналогічні конструктивні зміни в системах підготовки та подачі бензинового палива в камери згоряння двигунів транспортних засобів досліджували і автори роботи [15]. Результатами їх досліджень підтверджено, що кавітація позитивно впливає і безпосередньо на структуру бензину у робочій камері кавітатора. Тут підтверджено, що кавітаційні мікро струмені та мікробульбашки руйнують наявні в бензині олвеоли та згустки, чим покращують його повноту спалювання. Відзначено також, що завдяки тому, що кавітаційно оброблена та сформована віброзмішувачем водяно-паливна суміш відразу ж після перемішування поступає у карбюратор, з якого після насичування її повітрям, спрямовується через розпилювальні форсунки у камери згоряння двигуна, вона не втрачає набутих нею властивостей покращеного згоряння.

Конструктивно кавітаційний віброзмішувач електрогенератора є доволі малогабаритним. За своїми зовнішньою формою, масою та розмірами даний віброзмішувач побутового електрогенератора потужністю до 10 - 40 кВт співрозмірний із автомобільним перетворювачем – електророзподільником. Тому він може кріпитися безпосередньо на двигуні або ж на рамному каркасі електрогенератора. Бак із насосом подачі дистильованої води та її фільтром мажуть бути розташованими поряд із ємністю накопичення та зберігання бензинового палива. Тобто доповнення системи подачі та зберігання палива електрогенератора додатковою системою подачі дистильованої води суттєво не наростить габарити електрогенератора, відчутно не збільшить його вартості. Та і завдяки 15% економії вартості бензину доволі швидко окупить витрати на власне виготовлення та встановлення.

Висновки

1. Експериментально підтверджено спроможність інтенсивного перемішування кавітаційною обробкою важко змішуваних між собою води та бензину і формування з них кавітацією водяно-паливної суміші, придатної для забезпечення стабільної роботи двигунів внутрішнього згорання електрогенераторів.

2. Встановлено, що діапазон забезпечення стабільного режиму роботи двигуна на водяно-бензиновій кавітаційно обробленій паливній суміші знаходиться в межах співвідношення до 15-17% води відповідно до 85-83% бензину в сформованій паливній суміші.

3. Експериментально досліджено, що по мірі наростання маси води у водяно-бензиновій кавітаційно обробленій паливній суміші на 15-20 відсотків знижується частота обертання колінчастого валу двигуна, що очевидно пропорційно знижуватиме його крутний момент, а відповідно і потужність двигуна.

4. Основою запропонованої конструкції кавітаційного віброзмішувача для перемішування і кавітаційної обробки водяно-бензинової паливної суміші є робоча камера із розміщеними в ній дисковими збурювачами кавітації, коливних переміщень яким надає заживлений від генератора електромагнітний привід. Встановлено, що оптимальними режимами коливних переміщень збурювачів, кавітації є частота їх коливань в діапазоні 47-52 Гц при амплітуді коливань 1,0-1,5 мм.

5. Запропонована вдосконалена технологічна схема живлення циліндрів автомобільного двигуна внутрішнього згорання кавітаційно обробленим водяно-бензиновим паливом включає доповнення традиційної мережі подачі бензину додатковою мережею подачі води з баком її накопичення та електромагнітним вібраційним кавітатором для перемішування водяно-бензинової суміші.

Література

1. Луговской А.Ф. Подготовка топливной смеси в ДВС с помощью ультразвука // Вестник Национального технического университета Украины „КПИ”. Машиностроение. – 1997. - Вып. 32. - С. 209-213.

2. Луговской А.Ф. Применение пьезоэлектрических преобразователей как путь совершенствования систем подготовки и подачи топлива в ДВС // Вестник Национального технического университета Украины «КПИ». Машиностроение.- 1997. - Вып. 32. - С. 34-38.

3. Луговской А.Ф. Ультразвуковое распыление в системах подготовки топливно-воздушной смеси // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. - 2000. – Вып. 7. - С. 30-33.

4. Луговський О.Ф., Чорний В.І., Єременко О.І. Підвищення ефективності двигуна внутрішнього згорання за рахунок ультразвукової дообробки палива // Сучасні технології в аерокосмічному комплексі. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. – 1997. - С. 169-171.

5. Луговской А.Ф., Чорный В.И., Еременко А.И. Подготовка топливной смеси в карбюраторных системах питания ДВС с помощью ультразвукового диспергатора с радиально-изгибными колебаниями //Прогресивна техніка і технологія машинобудування, приладобудування і зварювального виробництва. Праці Міжнародної науково-технічної конференції. - 1998. - Том III. - С. 341-346.

6. Патент № UA 42827; 15.11.01. Бюл. № 10; Чорний В.І., Луговський О.Ф., Прилипко Ю.С. Пристрій ультразвукової обробки палива в двигунах внутрішнього згорання.

7. Федоткин И.М. Интенсификация технологических процессов.- К.: Вища школа. Головное изд-во, 1979. - 344 с.

8. Федоткин И.М., Немчин А.Ф. Использование кавитации в технологических процессах /И.М. Федоткин, А.Ф. Немчин. – К.: Вища шк. Изд-во при Киев. ун-те, 1984. – 68 с.

9. Федоткин И.М. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности (Теоретические основы производства избыточной энергии, расчет и конструирование кавитационных теплогенераторов) / И.М. Федоткин, И.С. Гулый. – К.: АО “ГЛАЗ”, 2000. – Ч. 11. – 898 с.

10. Патент України № UA125799, опубліковано 28.07.2021, Бюл. №30. Афтаназів І.С., Шевчук Л.І. Спосіб кавітаційної підготовки палива для двигунів внутрішнього згорання.

11. Афтаназів І.С., Шевчук Л.І., Строган О.І., Струтинська Л.Р. Кавітаційна обробка водяно-паливної суміші для двигунів внутрішнього згорання //Вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» Серія: Машинобудування. -2021. Vol.5 iss. 2. – P.228-235.

12. Шевчук Л.І. Низькочастотні віброрезонансні кавітатори: монографія / Л.І. Шевчук, І.С. Афтаназів, О.І. Строган, В.Л. Старчевський. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 176 с.

13. Шевчук Л.І. Кавітація. Фізичні, хімічні, біологічні та технологічні аспекти. / Л.І. Шевчук, В.Л. Старчевський // Монографія. – Л.: Львівська політехніка, 2014. – 376с.

14. Луговской А.Ф., Чухраев Н.В., Чорный В.И., Прилипко Ю.С. Ультразвуковые кавитационные технологии в машиностроении и медицине // Вестник Национального технического университета Украины «КПИ». Машиностроение. - 2006. - Вып. 48. - С. 228–233.

15. Aftanaziv I, Malovanyu M, Shevchuk L, Strogan O, Strutynska L. Economic and environmental benefits of using cavitation treated fuel in vehicles of internal combustion engines //Communications: scientific letters of the University of Zilina. – 2022. – Vol. 24, № 3. – P. B158–B169.

References

1. Luhovskyi, A.F. (1997). Pidhotovka toplyvnoyi sumishi v DVS z dopomohou ultrazvuka [Preparation of fuel mixture in ICE with the help of ultrasound]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy "KPI". Mashynobuduvannya*, Issue 32, pp. 209-213. [in Ukrainian].
2. Luhovskyi, A.F. (1997). Zastosuvannya piezoelektrychnykh peretvoriuvachiv yak shliakh vdoskonalennia system pidhotovky ta podachi palyva v DVS [Application of piezoelectric transducers as a way to improve fuel preparation and supply systems in ICE]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy "KPI". Mashynobuduvannya*, Issue 32, pp. 34-38. [in Ukrainian].
3. Luhovskyi, A.F. (2000). Ultrazvukove rozpylennia v systemakh pidhotovky toplyvno-povitrianoi sumishi [Ultrasonic spraying in fuel-air mixture preparation systems]. *Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannya, avtomatyzatsiia. Zbirnyk naukovykh prats Kirovohrads'koho derzhavnogo tekhnichnoho universytetu*, Issue 7, pp. 30-33. [in Ukrainian].
4. Luhovskyi, O.F., Chorni, V.I., Yeremenko, O.I. (1997). Pidvyshchennia efektyvnosti dvyhuna vnutrishnoho zghoriannia za rakhunok ultrazvukovoi doobrobky palyva [Increasing ICE efficiency through ultrasonic fuel post-treatment]. *Suchasni tekhnologii v aerokosmichnomu kompleksi. Materialy III Mizhnarodnoi nauково-praktychnoi konferentsii*, pp. 169-171. [in Ukrainian].
5. Luhovskyi, A.F., Chorni, V.I., Yeremenko, A.I. (1998). Pidhotovka toplyvnoyi sumishi v karbyuratornykh systemakh zhyvlennia DVS z dopomohou ultrazvukovoho dispersora z radyalno-zgybnymy kolebanniamy [Fuel mixture preparation in carburetor systems of ICE with an ultrasonic disperser with radial-bending oscillations]. *Prohresyvana tekhnika i tekhnolohiya mashynobuduvannya, prykladobuduvannya i zvaryvalnoho vyrobnytstva. Pratsi Mizhnarodnoi nauково-tekhnichnoi konferentsii, Volume III*, pp. 341-346. [in Ukrainian].
6. Chorni, V. I., Luhovskyi, O. F., Prylypko, Yu. S. (2001). Prystrii ultrazvukovoyi obrobky palyva v dvygunakh vnutrishnoho zghorannya [Device for ultrasonic fuel treatment in internal combustion engines]. *Patent № UA 42827, 15.11.01, Byul. № 10* [in Ukrainian].
7. Fedotkin, I. M. (1979). Intenstyfikatsiya tekhnolohichnykh protsesiv [Intensification of technological processes]. *Kyiv: Vyshcha shkola. Holovne vyd-vo.* – 344 s. [in Ukrainian].
8. Fedotkin, I. M., Nemchyn, A. F. (1984). Vykorystannya kavitatsiyi v tekhnolohichnykh protsesakh [Use of cavitation in technological processes]. *Kyiv: Vyshcha shkola, vyd-vo pry Kyiv. un-te.* – 68 p. [in Ukrainian].
9. Fedotkin, I. M., Hulyi, I. S. (2000). Kavitatsiya, kavitatsiina tekhnika i tekhnolohiia, yikh vykorystannya v promyslovosti (Teoretychni osnovy vyrobnytstva zbytochnoi enerhii, rozrakhunok i konstruiuvannya kavitatsiinykh teplohereratoriv) [Cavitation, cavitation techniques, and technology, their industrial application (Theoretical basics of excess energy production, calculation, and design of cavitation heat generators)]. *Kyiv: AO "GLAZ", Ch. 11.* – 898 s. [in Ukrainian].
10. Patent PaUkrainy № UA125799, opublikovano 28.07.2021, Byul. №30. Aftanaziv I.S., Shevchuk L.I. Sposib kavitatsiynoyi pidgotovky palyva dlya dvyhuniv vnutrishnoho zhorannya [Method of cavitation preparation of fuel for internal combustion engines]. [in Ukrainian].
11. Aftanaziv I.S., Shevchuk L.I., Strohan O.I., Strutynska L.R. Kavitatsiina obrobka vodiano-palyvnoi sumishi dlia dvyhuniv vnutrishnoho zghoriannia // *Visnyk natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskiy politekhnichnyi instytut» Seriya: Mashynobuduvannya.* -2021. Vol.5 iss. 2. – P.228-235. [in Ukrainian].
12. Shevchuk L.I., Aftanaziv I.S., Strohan O.I., Starchevskiy V.L. (2013). Nyzkoczastotni vibrorezonansni kavitatory: monohrafiya [Low-frequency vibroresonance cavitators: monograph]. *Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoyi Politekhniki*, 176 s. [in Ukrainian].
13. Shevchuk L.I., Starchevskiy V.L. (2014). Kavitatsiya. Fyzychnyi, khimichnyi, biolohichnyi ta tekhnolohichnyi aspekty [Cavitation. Physical, chemical, biological, and technological aspects]. *Lviv: Lvivska Politehnika*, 376 s. [in Ukrainian].
14. Lugovskoy A.F., Chukhraev N.V., Chorni V.I., Prilypko Yu.S. (2006). Ul'trazvukove kavitatsionnye tekhnologii v mashynostroeny i medytssyne [Ultrasonic cavitation technologies in mechanical engineering and medicine]. *Vestnik Natsional'noho tekhnichnoho universytetu Ukrainy "KPI". Mashynobuduvannya*, 48, 228-233. [in Ukrainian].
15. Aftanaziv I, Malovanyy M, Shevchuk L, Strogan O, Strutynska L. Economic and environmental benefits of using cavitation treated fuel in vehicles of internal combustion engines // *Communications: scientific letters of the University of Žilina.* – 2022. – Vol. 24, № 3. – P. B158–B169. [in Ukrainian].