

**А.О. Корпач, д.т.н., проф.**

**Г.А. Аванян, магістр**

**Д.О. Примак, магістр**

**А.В. Савчук, магістр**

*Національний транспортний університет*

## **Результати експериментальних досліджень дизеля Д-243 при додаванні води до повітряного заряду**

*Додавання води до свіжого заряду, що надходить у двигун внутрішнього згорання (ДВЗ), дозволяє зменшити концентрацію шкідливих речовин у відпрацьованих газах, знизити теплові навантаження на деталі двигуна, сприяє зменшенню витрати палива і підвищенню потужності.*

*У роботі виконано аналіз існуючих систем подачі води, створена конструкція експериментальної установки для додавання води до повітряного заряду дизеля, проведені експериментальні дослідження дизеля Д-243 при додаванні води у впускний трубопровід під дією розрідження.*

*У висновках приведені чисельні значення показників дизеля Д-243, обладнаного експериментальною установкою.*

**Ключові слова:** додавання води; двигун; потужність; шкідливі речовини; витрата палива; навколишнє середовище.

**Постановка проблеми.** Оскільки у наш час паливо стає все більш дорогим, а нинішня екологічна ситуація є незадовільною, вимоги до автомобільних двигунів стають все більш жорсткими – вони повинні мати високу літрову потужність, споживати якнайменше палива і відповідати сучасним екологічним нормам.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для підвищення потужності двигуна, покращення його паливної економічності та екологічних показників існує багато способів: збільшення ступеня стискання, збільшення тиску впорскування палива в дизелях та перехід до безпосереднього впорскування в двигунах з іскровим запалюванням, застосування різноманітних електронних систем (наприклад, системи рециркуляції відпрацьованих газів (ВГ), системи відключення частини циліндрів, змінного ступеня стискання, тощо). Але такі нововведення в конструкцію можливо внести при проектуванні двигуна. В той же час, в експлуатації залишається багато старих автомобілів, які витрачають багато палива і значно забруднюють навколишнє середовище.

Для покращення характеристик двигунів таких автомобілів можна застосувати дещо інші методи, наприклад додавання води у ДВЗ. Встановлення системи подачі води або суміші води і метанолу не потребує внесення значних змін в конструкцію самого двигуна і тому є перспективним напрямком покращення показників ДВЗ. При додаванні води знижується температура в камері згорання, концентрація оксидів азоту, оксидів вуглецю, зменшується імовірність утворення детонації, відбувається очищення деталей двигуна, зменшення витрати палива та підвищення потужності [1].

Переваги додавання води: підвищення потужності двигуна, зниження витрати палива, значне зменшення концентрації шкідливих речовин (оксидів азоту та вуглецю) у ВГ, зменшення теплової напруженості деталей двигуна, очищення камери згорання, зменшення ймовірності виникнення детонації.

Підвищення потужності (до 15–20 %) відбувається за рахунок того, що при додаванні води зменшується температура на впуску, в результаті чого в циліндр надходить більша (за масою) кількість заряду. Витрата палива може знижуватися на окремих режимах роботи на 20–30 %. Також необхідно зазначити, що при зниженні температури в циліндрі суттєво (на 18–48 %) знижується концентрація оксидів азоту. Але поряд із позитивними факторами при використанні води проявляються і негативні: неможливе використання води в холодну пору року, утворення азотної кислоти, нерівномірний розподіл води по циліндрах, можливе збільшення димності ВГ.

Використання води при низьких температурах неможливе через її замерзання, тому необхідно додавати до неї метанол в кількості не менше 20 %. При використанні систем, які подають воду у впускний трубопровід, також суттєвим недоліком є нерівномірність розподілу води по циліндрах. При цьому неможливо чітко визначити дози, у якій подаються вода і паливо до кожного циліндра, тому ефективність роботи системи знижується [2, 3, 4, 5]. Із існуючих систем додавання води у ДВЗ найбільш простими є системи, в яких вода подається у впускний трубопровід під дією розрідження в ньому. Найпростіші конструкції складаються із: жиклера, трубопроводів та баку для води. Схема системи подачі води для карбюраторного двигуна показана на рисунку 1.

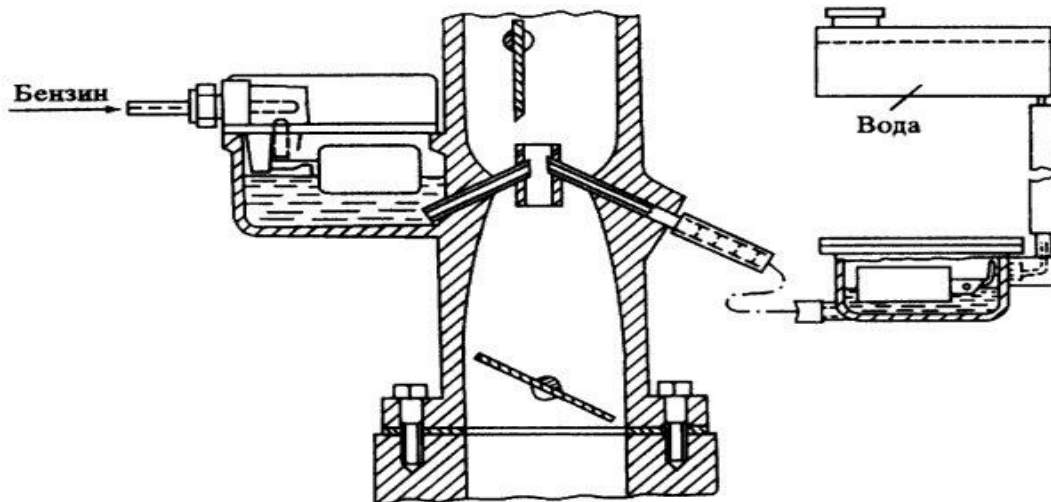


Рис. 1. Система подачі води під дією розрідження [7]

Перевагами такої конструкції є простота та дешевизна. Але є і суттєві недоліки такі, як нерівномірне розподілення води по циліндрах, недостатнє розпилення води та невисока ефективність такої системи на дизелях, де розрідження у впускному трубопроводі незначне.

Іншим способом є подача води під тиском (рис. 2). Така система набагато складніша і дорожча, адже необхідно встановлювати водяний насос, форсунки та електронний блок керування. При цьому збільшується рівномірність розподілення води по циліндрах (якщо форсунки встановлені окремо перед кожним циліндром) і значно покращується якість розпилення, адже при подачі під тиском вода подрібнюється на частинки, які краще перемішуються із свіжим зарядом [6].

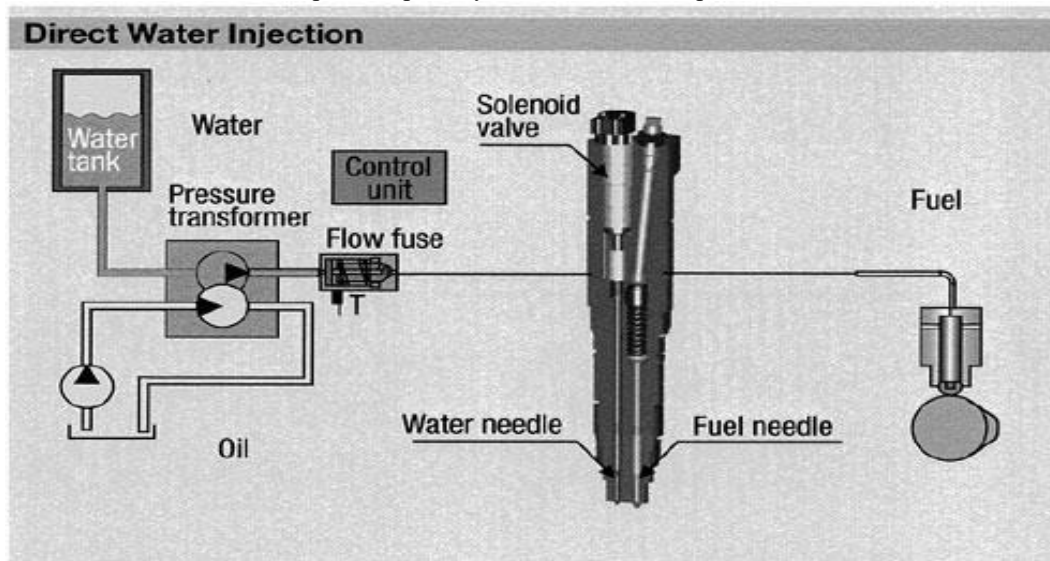


Рис. 2. Система подачі води під тиском [8]

**Мета дослідження.** Метою є дослідження роботи ДВЗ, у якому до свіжого заряду додається вода, а також впливу води на робочі процеси та порівняння отриманих при цьому характеристик із характеристиками базового двигуна.

**Викладення основного матеріалу.** На основі аналізу способів додавання води у двигун [7–10] було створено експериментальну систему додавання води до повітряного заряду дизеля Д-243 під розрідженням. Основними критеріями створення системи були: відносно низька собівартість системи, використання серійних деталей, простота системи та її легкість встановлення на двигун, можливість контролю подачі води.

Система впорскування води у впускний трубопровід дизеля Д-243 працювала від розрідження (рис. 3). Для цього замість форсунки для розпилення води встановлено карбюратор від мототехніки. Відпала необхідність у створенні тиску і застосування насоса. За рахунок інтегрованої системи паливоподачі карбюратора, за допомогою якої подавалася вода, зникла необхідність в дозуванні води і використанні форсунки. Основним елементом системи додавання води до повітряного заряду дизеля Д-243 є карбюратор від мототехніки.

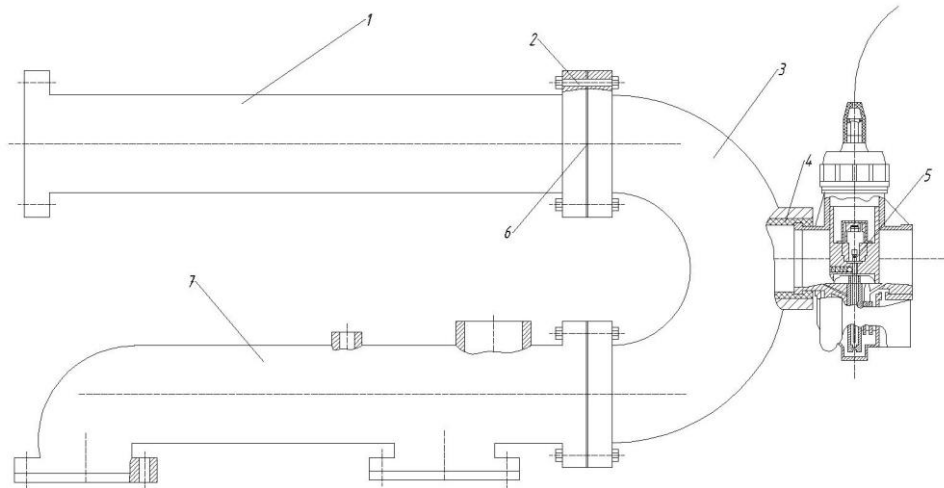


Рис.3. Схема експериментальної системи

Експериментальна система встановлювалась на впускний трубопровід двигуна Д-243 (рис. 3). Вона складається з приймальної труби 1, коліна трубопроводу 3 та впускного трубопроводу 7, який і встановлюється на головці блока циліндрів двигуна. Ці елементи між собою з'єднані болтами 2 та ущільнюючими прокладками 6. Головним елементом системи подачі води є карбюратор 5, який встановлений на коліні впускного трубопроводу за допомогою ущільнюючого кільця 4.

В карбюратор подавалась вода з бака (на схемі не показаний), а в момент заміру, за допомогою триходового крана, подача води перемикалася на об'ємний витратомір з мірним циліндром, за допомогою якого проводилися заміри витрати води. Дозування води відбувалося за рахунок зміни відкриття дросельної заслінки карбюратора. Проведені стендові випробування дизеля Д-243 (рис. 4 та 5). На режимі холостого ходу (рис. 4) процентна добавка води при частоті обертання колінчастого вала  $n=1000 \text{ хв}^{-1}$  складає 130 % і при  $n=2000 \text{ хв}^{-1}$  знижується до 105% від витрати палива. При цьому спостерігається зниження у ВГ концентрацій  $\text{NO}_x$  на частоті  $1000 \text{ хв}^{-1}$  на 48% і на 33% на частоті  $2000 \text{ хв}^{-1}$ , температури ВГ в середньому на 8 %, витрати палива на частоті від 1000 до  $1500 \text{ хв}^{-1}$  на 2,3 %, деяке збільшення витрати палива в діапазоні частот від 1500 до  $2000 \text{ хв}^{-1}$  від 0,5 % до 4 %.

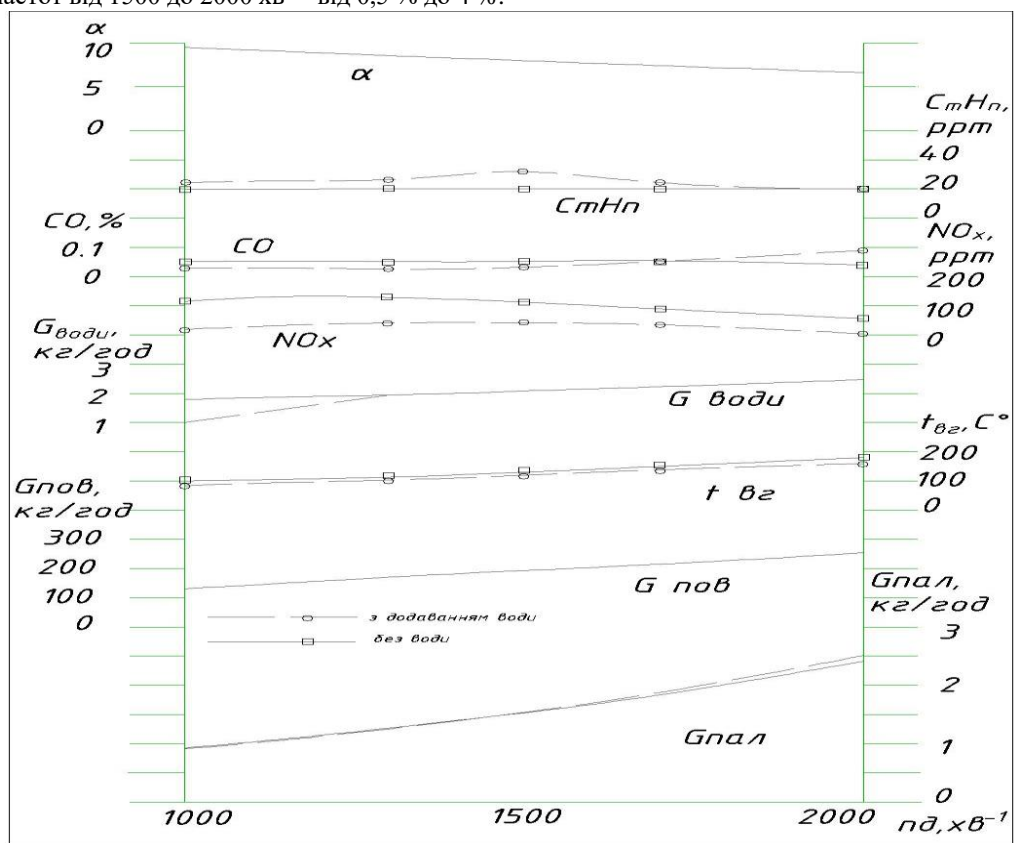


Рис. 4. Характеристики холостого ходу дизеля Д-243

За навантажувальною характеристикою ( $n=1300 \text{ хв}^{-1}$ , рис. 5) добавка води складала від 62 до 20 % від витрати палива при збільшенні навантаження від 0 до 233 Нм.

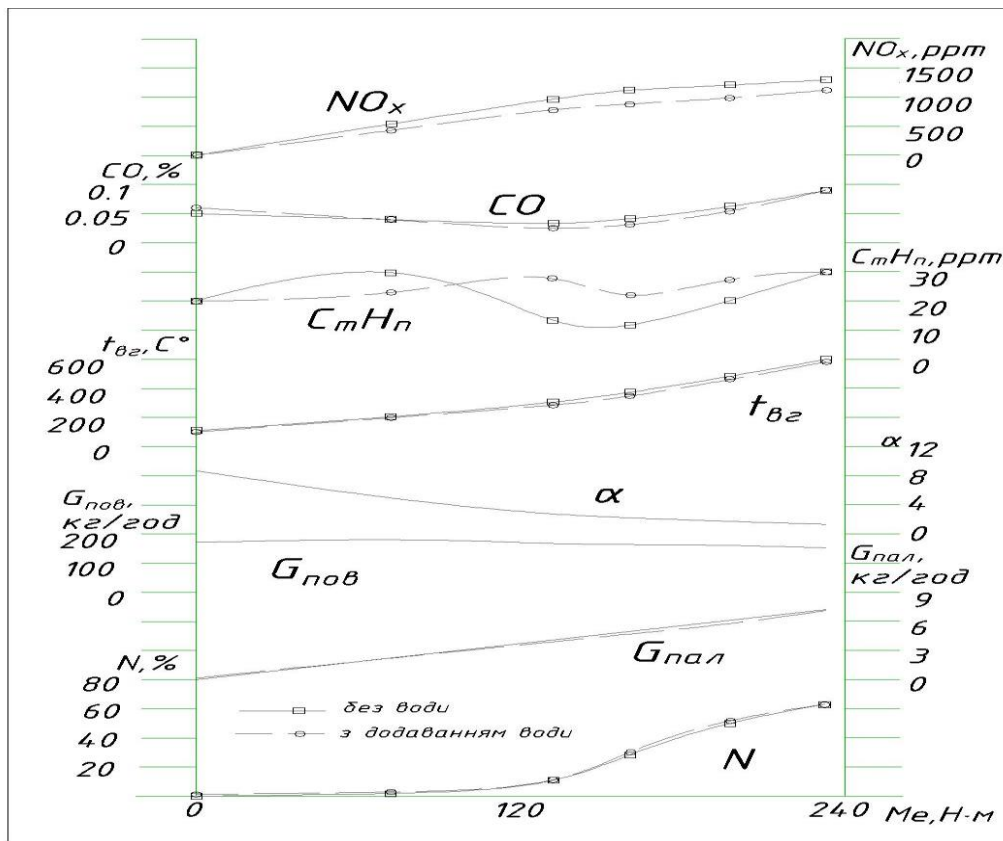


Рис. 5. Навантажувальні характеристики дизеля Д-243

Спостерігається зниження концентрацій  $\text{NO}_x$  у ВГ в середньому на 19 %, зниження температури відпрацьованих газів при навантаженні від 0 до 233 Нм складало в середньому на 5 %, концентрації CO при навантаженні від 72 до 200 Нм в середньому на 25 %, витрати палива при навантаженнях від 72 до 230 Нм в середньому на 2 %, димність зростає в межах точності вимірювань. Додавання води 20 % від витрати палива на номінальному режимі (рис. 5) не призводить до підвищення потужності.

**Висновки.** Додавання води у впускний трубопровід дизеля Д-243 під розрідженням за навантажувальною характеристикою ( $n=1300 \text{ хв}^{-1}$ ) призводить до зменшення концентрацій у відпрацьованих газах  $\text{NO}_x$  на 18–19 %, CO на 25 %, знижується температура відпрацьованих газів на 5 %, та зниження витрати палива на окремих режимах на 2 %.

#### Список використаної літератури:

- [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://enginepower.pro/blog/74-vprysk-vody-vdizel.html>.
- Двигун внутрішнього згорання. УЗ Кн.1. теорія робочих процесів: підручник для вузів / В.Н. Луканин, К.А. Морозов, А.С. Хачіян та інші ; під ред. В.Н. Луканина, М.Г. Шатрова. – 3-е вид. допрац. і випр. – М. : Вища школа, 2007. – 479 с.
- Пат. US 4030456, МПК F02D 19/00. Vapor injector for Internal combustion engines.
- Ліханов В.А. Зниження токсичності автотракторних дизелів / В.А. Ліханов, А.М. Сайкін. – М. : Агропромиздат, 1991. – С. 18–23.
- Звонов В.А. Екологія: альтернативні палива з врахуванням їх повного життєвого циклу / В.А. Звонов, А.В. Козлов, А.С. Теренченко // Автомобільна промисловість. – 2001. – № 4. – С. 35–38.
- [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.drive2.ru/b/1844919/>.
- Пат. US 5125366, МПК F02B 47/02. Water introduction in Internal combustion engines.
- Пат. 2 344 312 RU C2, МПК F02M 43/00 (2006.01) Пристрій для приготування водопаливних емульсій дизелів з кулачковим приводом плунжерного впорскування палива.
- Патент 2015397 РФ, Устройство для подачи воды в двигатель внутреннего сгорания / А.Ю. Бутыленко, Ф.Е. Джой, С.А. Бутыленко и другие ; вид 30.06.1994.
- Гришаев В. Присмотримся к нашим моторам / В.Гришаев // Авиация общего назначения. – 2007. – № 6. – С. 23–27.

**References:**

1. Enginepower, available at: <http://enginepower.pro/blogi/74-vprysk-vody-v-dizel.html>
2. Lukanin, V.N., Morozov, K.A., Khachian, A.S. and others (2007), *Internal combustion engine*, Vol. 1, The theory of work processes: a textbook for universities, in Lukanina, V.N., Shatrova, M.G. (ed.), 3<sup>rd</sup>, Workouts. and wit, Higher School, Moscow, 479 p.
3. Pat. US 4030456, MPK F02D 19/00, «Vapor injector for Internal combustion engines».
4. Lykhanov, V.A. and Saykin, A.M. (1991), «Reduction of toxicity of autotractor diesel engines», Agropromizdat, M., P. 18–23.
5. Zvonov, V.A., Kozlov, A.V. and Terenchenko, A.S. (2001), «Ecology: alternative fuels taking into account their full life cycle», *Automotive*, No. 4, P. 35–38;
6. Drive2, available at: <https://www.drive2.ru/b/1844919/>.
7. Pat. US 5125366, MPK F02B 47/02, «Water introduction in Internal combustion engines».
8. Pat. № 2 344 312, RU C2 МПК F02M 43/00 (2006.01), «Device for the preparation of water-fuel emulsions of diesel engines with a cam drive of plunger fuel injection».
9. Butylenko, A.Ju., Dzhoy, F.E., Butylenko, S.A. and others (1994), *Ustrojstvo dlja podachy vody v dvygatel' vnutrennego sgoranyja*, Patent RF, № 2015397, ot 30.06.1994.
10. Gryshaev, V. (2007), «Prysmotrymsja k nashym motoram», *Avyacyja obshhego naznachenija*, No. 6, Pp. 23–27.

**Корпач** Анатолій Олександрович – кандидат технічних наук, професор кафедри «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету.

Наукові інтереси:

- підвищення паливної економічності та зниження шкідливих викидів КТЗ;
- використанням альтернативних палив.

E-mail: akorpach@ukr.net.

**Аванян** Геворг Арменович – магістр Національного транспортного університету, спеціальність «Енергетичне машинобудування».

Наукові інтереси:

- покращення енергетичних та економічних показників ДВЗ.

E-mail: aavanian@rambler.ru.

**Примак** Дмитро Олександрович – магістр Національного транспортного університету, спеціальність «Енергетичне машинобудування».

Наукові інтереси:

- покращення енергетичних та економічних показників ДВЗ.

E-mail: yandex.dp@gmail.com.

**Савчук** Андрій Васильович – магістр Національного транспортного університету, спеціальність «Автомобільний транспорт».

Наукові інтереси:

- покращення енергетичних та економічних показників ДВЗ.

E-mail: andromanbassone@gmail.com.

Стаття надійшла до редакції 11.09.2018.