

Говорун А.Г., Корпач А.О., Філоненко О.Д.  
*Національний транспортний університет*

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДОБАВОК ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ ДО ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ ДИЗЕЛЯ

Проаналізовано результати експериментальних випробувань дизеля 4С11,0/12,5 (Д-241) при роботі в режимі мінімальної частоти обертання холостого ходу та при зміні кута випередження впорскування палива та при використанні добавки водневмісного газу до повітряного заряду.

**Ключові слова:** дизель, холостий хід, колінчастий вал, встановлювальний кут, добавка водневмісного газу.

**Вступ.** Запаси традиційних вуглеводневих палив неухильно зменшуються, тому широко досліджуються можливості використання альтернативних палив, які можуть використовуватись у двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ), що поширені на автомобільному транспорті. Наразі, найбільш перспективними є палива, які містять у своєму складі чистий водень або його сполуки. Застосування водню можливе як самостійне паливо при використанні паливних елементів, пристроїв, що напругу перетворюють хімічну енергію в електричну, так і у вигляді сполук, як добавок до традиційних видів палив. Проте, його застосування має ряд недоліків, серед яких висока вибухопожежонебезпечність та значна маса паливних елементів, складність їх конструкцій. Застосування добавок чистого водню до дизельного палива свідчать про його позитивний вплив на показники паливної економічності [1], проте, зберігання його на борту транспортного засобу в достатній кількості досить складне завдання. Найпоширенішим способом отримання водневмісних сполук є термічна конверсія метанолу або гідроліз водного розчину луку (KOH чи NaOH) [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження щодо застосування водневмісного газу, як добавки до повітряного заряду, проводяться в Національному транспортному університеті. Дослідження виконувались на різних типах дизелів та двигунах з іскровим запалюванням з різними системами живлення. Випробування проводяться в різних режимах роботи двигунів з метою встановлення оптимальної добавки газу та доцільності використання. Аналізуючи дані, отримані в ході експериментальних досліджень на двигунах з іскровим запалюванням, [3] можна зробити висновок про його позитивний вплив на паливну економічність та екологічні показники роботи двигуна на різних режимах роботи. Методика врахування затрат на електроліз, що дає можливість більш об'єктивного визначення паливної економічності наведена в [4].

**Мета досліджень:** встановити оптимальну величину добавки водневмісного газу до повітряного заряду дизеля при його роботі в режимі холостого ходу та її вплив на екологічні показники та паливну економічність. Визначити оптимальний кут випередження впорскування палива при використанні добавки водневмісного газу в цьому режимі роботи.

### **Виклад основного матеріалу.**

На кафедрі «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету проводять дослідження по використанню різних за величиною добавок водневмісного газу до повітряного заряду дизеля. Експериментальні випробування проводили при роботі двигуна 4С11,0/12,5 (Д-241) в режимі мінімальної частоти обертання холостого ходу ( $n=600 \text{ хв}^{-1}$ ) та з різним кутом випередження впорскування палива. В ході експериментів застосовували різні відсоткові значення добавки водневмісного газу, від маси палива, з метою визначення оптимальної її величини та вплив на показники паливної економічності та екологічні показники дизеля для даного режиму роботи.

Експериментальні дослідження склались з двох етапів. На першому етапі за кута випередження впорскування палива  $25-26^\circ$ , що є штатним встановлювальним кутом для даного двигуна, застосовувалась різна відсоткова величина добавки водневмісного газу для визначення оптимального її значення та визначення її впливу на екологічні показники роботи дизеля. На наступному етапі при оптимальній добавці водневмісного газу визначався оптимальний кут випередження впорскування палива, при частоті обертання колінчастого вала  $n=600 \text{ хв}^{-1}$ .

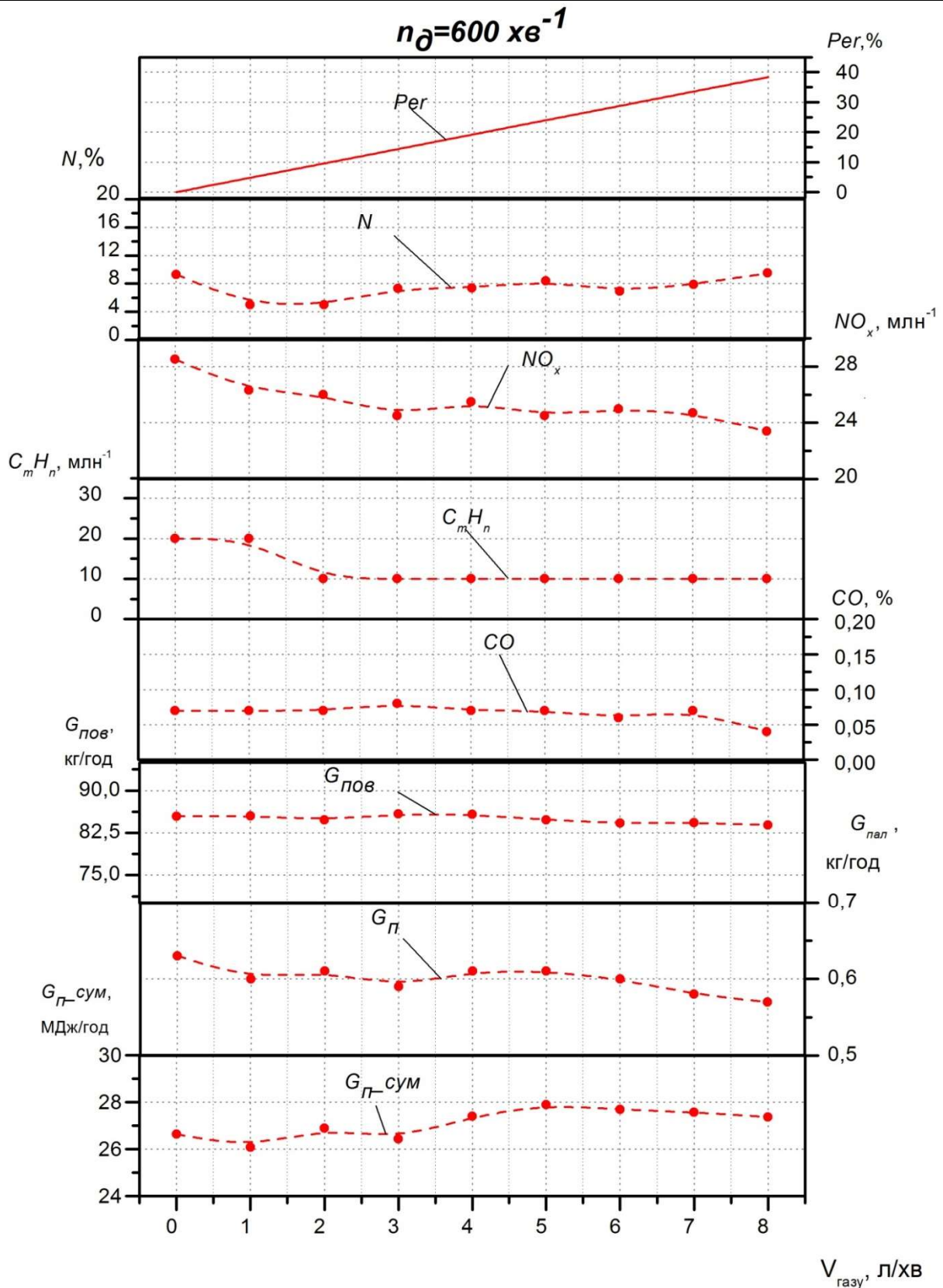


Рисунок 1 – Зміна показників роботи дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-241) в режимі холостого ходу ( $n=600 \text{ хв}^{-1}$ ) з використанням різних величин добавки водневмісного газу

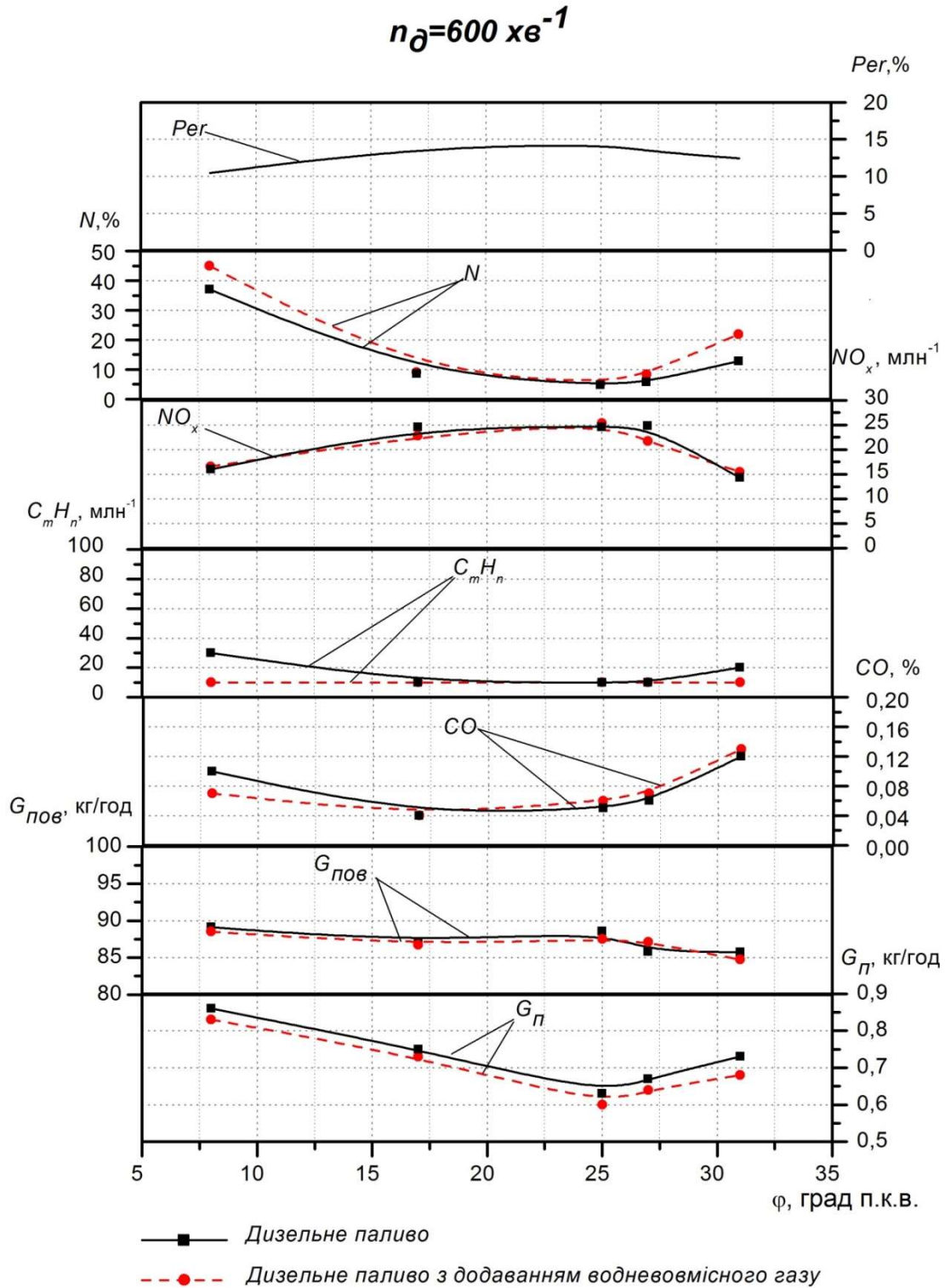


Рисунок 2 – Характеристика за кутом випередження впорскування палива дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-241) ( $n=600 \text{ хв}^{-1}$ ) з використанням сталої добавки водневмісного газу

В ході досліджень визначали: годинні витрати повітря ( $G_{пов}$ , кг/год) та палива ( $G_n$ , кг/год або МДж/год), концентрації оксиду вуглецю ( $CO$ , %), вуглеводнів ( $C_mH_n$ , млн<sup>-1</sup>), оксидів азоту ( $NO_x$ , млн<sup>-1</sup>), димність ( $N$ , %), а також відсоткове значення величини добавки водневмісного газу ( $Per$ ), від маси витрати дизельного палива. Зміна паливної економічності виражено з використанням теплових одиниць витрати палива. Сумарна теплота згоряння сумішевого палива ( $G_{n_{сум}}$ ) розраховували за формулою:

$$G_{\text{п.сум}} = G_{\text{п}} * h_{\text{н.д.}} + V_{\text{газу}} * \frac{60}{1000} * \rho_{\text{в.г.}} * h_{\text{н.в.г.}} \quad (1)$$

де,  $G_{\text{п}}$  – годинна витрата дизельного палива, кг/год;

$h_{\text{н.д.}}$  – нижча теплота згоряння дизельного палива, МДж/кг ( $h_{\text{н.д.}} = 42,5$  МДж/кг);

$V_{\text{газу}}$  – об'єм добавки водневмісного газу, л/хв;

$\rho_{\text{в.г.}}$  – густина водневмісного газу, кг/м<sup>3</sup>;

$h_{\text{н.в.г.}}$  – нижча теплота згоряння водневмісного газу, МДж/кг ( $h_{\text{н.в.г.}} = 13,2$  МДж/кг).

В ході досліджень величина добавки водневмісного газу змінювалась до 8 л/хв, при цьому відсоткове значення змінювалось до 38,36% по масі годинної витрати палива. Як видно з характеристики (рис. 1), на штатному дизельному паливі годинна витрата палива складає 0,63кг/год. При використанні добавки газу 8 л/хв годинна витрата палива зменшилась до 0,57 кг/год. Зменшення годинної витрати дизельного палива складало 9%. При використанні добавки водневмісного газу до 3 л/хв спостерігається практично однакова витрата сумарного палива в теплових одиницях в порівнянні із роботою дизеля на штатному паливі. Подальше збільшення добавки призводить до перевитрати енергії, тому прийнято вважати добавку 3 л/хв – оптимальною, при цьому зменшення годинної витрати дизельного палива складає 5,26%.

Димність відпрацьованих газів за коефіцієнтом ослаблення світлового потоку  $N$  знизилась майже вдвічі при добавці водневмісного газу 1-2 л/хв, проте із збільшенням величини добавки водневмісного газу вона підвищується аж до рівня, який відповідає роботі дизеля на штатному дизельному паливі. Концентрації  $C_m H_n$  також знизилась. Концентрації  $CO$  залишилась практично на тому ж рівні, що і при роботі на штатному дизельному паливі. Лише при використанні добавки 8 л/хв вони знизилась із 0,07% до 0,04%. Концентрації  $NO_x$  при цьому знизилась на 12,3%, що можна пояснити додатковим збідненням паливоповітряної суміші.

Наступним етапом досліджень було визначення оптимального кута випередження впорскування палива при використанні добавки водневмісного газу 3 л/хв при роботі двигуна 4Ч11,0/12,5 (Д-241) в режимі мінімальної частоти обертання холостого ходу.

Перед початком досліджень за допомогою моментоскопа встановлювали кут 25-26 град. п. к. в. Інші значення кута випередження впорскування палива встановлювались шляхом зміни положення шайби в приводі паливного насоса високого тиску. Поточне значення кута випередження впорскування визначалось електронним стробоскопом із використанням спеціальної приставки, що обладнана п'єзодатчиком, який встановлювався на паливопроводі високого тиску першого циліндра за шкалою, нанесеною на маховик колінчатого вала дизеля.

Як видно з рис. 2 найменші значення годинної витрати дизельного палива  $G_n$  та дизельного палива з добавкою відповідають куту 25-26 град. п.к.в.. При цьому витрата дизельного палива зменшилась на 4,35% при використанні добавки водневмісного газу. Концентрації  $CO$  у відпрацьованих газах при роботі двигуна 4Ч11,0/12,5 (Д-241) на дизельному паливі за пізніх та ранніх кутів були дещо вищими ніж за оптимального кута. Зміна концентрації  $CO$  при роботі на дизельному паливі з добавкою водневмісного газу має схожий характер із зміною при роботі на чистому дизельному паливі, за більш пізніх кутів концентрації нижчі. Спостерігається незначне зростання за більш ранніх кутів. Концентрації  $StHn$  залишаються, практично, сталими при роботі на дизельному паливі з добавкою водневмісного газу у всьому діапазоні величин кутів випередження впорскування, при роботі на чистому дизельному паливі- за ранніх та пізніх кутів вони дещо вищі за значення, що отримані за оптимального кута. Концентрації оксидів азоту  $NO_x$  практично однакові. Димність при роботі двигуна 4Ч11,0/12,5 (Д-241) на чистому дизельному паливі знижувалась при зміні кута випередження впорскування палива від більш пізнього до оптимального і потім знову зростала за ранніх кутів. Зміна димності при роботі на дизельному паливі з добавкою водневмісного газу має такий же характер як і при роботі на чистому дизельному паливі, за пізніх кутів максимальне зниження складало близько 30%, за ранніх кутів - на 50%.

**Висновок.** Використання добавок водневмісного газу до повітряного заряду дизеля зменшує годинну витрату дизельного палива при роботі двигуна в режимі мінімальної частоти обертання холостого ходу в середньому на 3-5%. Оптимальною добавкою водневмісного газу для двигуна 4Ч11,0/12,5 (Д-241) при роботі в режимі холостого ходу ( $n=600$  хв<sup>-1</sup>) є добавка – 3 л/хв. Оптимальним кутом випередження впорскування палива при додаванні водневмісного газу 3 л/хв можна вважати кут у 25-26 град. п.к.в., дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-241) ( $n=600$  хв<sup>-1</sup>). Тобто, зміна встановлювального кута для даного двигуна в режимі мінімальної частоти обертання холостого ходу є недоцільною.



1. Сирота А.А. Повышение экономичности судовых ДВС путем использования водорода в качестве добавок к топливу./ А.А. Сирота//Двигатели внутреннего сгорания. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2006.-№1.-С.63-67
2. Фомин В.М., Хахимов Р.Р., Шевченко Д.В. Водород как химический реагент в кинетическом механизме образования углерода в дизеле / Международный научно-технический журнал «Транспорт на альтернативном топливе» - № 3 (21) - 2011 г.- с.10-14
3. Гутаревич Ю.Ф. Вплив додавання суміші водню з киснем на паливну економічність і токсичність бензинового двигуна в режимі холостого ходу. / Ю. Ф. Гутаревич, А. О. Корпач, Є.В. Шуба, О. Д. Філоненко, І. В. Самойленко // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2014. –Вип. 29.
4. Гутаревич Ю.Ф. Ефективність використання добавок водневмісного газу до повітряного заряду бензинових двигунів./ Ю.Ф. Гутаревич, А.О. Корпач, С.В. Карев, О.Д. Філоненко, Є.В. Шуба // Сучасні технології в машинобудуванні на транспорті. Науковий журнал. – Луцьк. Луцький НТУ, 2015.- №1(3). С. 59-63.

#### REFERENCES

1. Sirota, A. (2006). Increase of economic of marine engines by using hydrogen as additive to fuel. *Internal combustion engines*. Kharkiv: NTU «KPI» Publ., no 1, pp. 63-67.
2. Fomin, V., Nakymov, R. & Shevchenko, D. (2011). Hydrogen as chemic reagent in kinematic mechanism of forming carbon in diesel. *Transport on alternative fuel*, no 3 (21), pp. 10-14.
3. Gutarevych, Yu., Korpach, A., Shuba, Ye., Filonenko, O. & Samoilenko, I. (2014). The impact of adding a mixture of hydrogen and oxygen to fuel efficiency and toxicity gasoline engine idling. *Proceedings of the National Transport University*, No. 29. Kyiv, NTU Publ.
4. Gutarevych, Yu., Korpach, A., Karev, S., Filonenko, O. & Shuba, Ye. (2015). Efficiency additives hydrogenincluding gas to air charge gasoline engines. *Advances in Mechanical Engineering and Transport*, No. 1 (3), Lutsk, pp. 59-63.

**Говорун А.Г., Корпач А.А., Філоненко А.Д. Эффективность использования добавок водородсодержащего газа к воздушному заряду дизеля.**

Проанализированы результаты экспериментальных испытаний дизель 4СН11,0 / 12,5 (Д-241) при работе в режиме минимальной частоты вращения холостого хода и при изменении угла опережения впрыска топлива и при использовании добавки водородсодержащего газа к воздушному заряду.

**Ключевые слова:** дизель, холостой ход, коленчатый вал, установочный угол, добавка водородсодержащего газа.

**A. Govorun, A. Korpach, A. Filonenko. Efficiency of additives hydrogen-containing gas to diesel air charge.**

The results of experimental testing diesel 4СН11,0 / 12.5 (D-241) when operating mode the minimum frequency of idling and when you change the angle of fuel injection with additives hydrogen-containing gas to air charge.

**Keywords:** diesel, idling, crankshaft, the installation angle, additive of hydrogen-containing gas.

#### АВТОРИ:

**ГОВОРУН** *Анатолій Григорович*, кандидат технічних наук, професор кафедри «Двигуни і теплотехніка», Національний транспортний університет;

**КОРПАЧ** *Анатолій Олександрович*, кандидат технічних наук, професор кафедри «Двигуни і теплотехніка», Національний транспортний університет;

**ФІЛОНЕНКО** *Олександр Дмитрович*, аспірант кафедри «Двигуни і теплотехніка», Національний транспортний університет.

#### AUTHORS:

**Anatolii HOVORUN**, Ph.D. in Engineering, Professor of Engines and Heating Engineering Department, National Transport University;

**Anatoly KORPACH**, Ph.D. in Engineering, Professor of Engines and Heating Engineering Department, National Transport University;

**Olexander FILONENKO**, Postgraduate student of Engines and Heating Engineering Department, National Transport University.

Стаття надійшла в редакцію 05.03.2016р.