

## ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДИЗЕЛЯ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук  
Корпач А.О., кандидат технічних наук  
Левківський О.О.

**Постановка проблеми.** Поступове виснаження світових запасів мінеральних енергоресурсів та, як наслідок, постійне зростання цін на традиційні моторні палива нафтового походження, в контексті з погіршенням екології оточуючого середовища в наслідок значних викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами автомобільних двигунів, потребує зниження обсягів споживання мінеральних енергоресурсів та покращення екологічних показників двигунів внутрішнього згоряння. Вирішення даної задачі можливе шляхом заміни палив нафтового походження альтернативними паливами. Для дизелів вантажних автомобілях, найбільш перспективним вважається біодизельне паливо (метилові ефіри ріпакової олії) [1], що має фізико-хімічні властивості подібні мінеральному дизельному паливу та виробляється з поновлюваної сировини рослинного походження. Крім того, біодизельне паливо має ряд переваг в порівнянні з мінеральним дизельним паливом: повна біологічна розчинність при потраплянні в оточуюче середовище; низький рівень емісії вуглекислого газу в атмосферу під час використання; низький вміст сірки та поліциклічних ароматичних вуглеводнів [2].

Дослідження проведенні на дизелях вантажних автомобілів підтвердили можливість самостійного використання біодизельного палива в існуючих двигунах без внесення конструктивних змін [3, 4]. Однак для покращення паливної економічності та екологічних показників автомобільних двигунів, що працюють на біодизельному паливі необхідна зміна штатних налаштувань паливної апаратури.

За результатами експериментальних досліджень дизеля 4С11,0/12,5 (Д-241) на гальмівному стенді встановлено, що робота на біодизельному паливі супроводжується підвищенням годинної витрати палива, максимальної потужності і крутного моменту (рис. 1) а також зростанням концентрації оксидів азоту в відпрацьованих газах, спричиненого відмінністю деяких властивостей біодизельного та мінерального дизельного палива. Нижча теплота згоряння біодизельного палива менша ніж мінерального дизельного палива [5], тому при згорянні біодизельного палива виділяється менше енергії ніж при згорянні еквівалентної маси мінерального дизельного палива, але за рахунок більш високої густини та кінематичної в'язкості [4] за один хід плунжера в циліндр дизеля подається більша доза палива, в наслідок, зменшення протікань, та збільшення активного ходу плунжера. Наявність вільного кисню в молекулі біодизельного палива з одного боку прискорює процес згоряння сприяючи зростанню ефективних показників двигуна, а з іншого викликає підвищення максимальну температуру в циліндрі дизеля та сприяє зростанню концентрації оксидів азоту в відпрацьованих газах. Таким чином при роботі дизеля на біодизельному паливі необхідно прийняти заходи направлені на зниження витрати біодизельного палива, зменшення концентрації оксидів азоту в відпрацьованих газах та зниження максимальної потужності дизеля, з метою збереження надійності, до рівня рекомендованого заводом виробником.

**Основна частина.** Покращити паливно-економічні та екологічних показників дизеля можливо шляхом оптимізації кута випередження впорскування при роботі на біодизельному паливі. Для дизеля 4С11,0/12,5 (Д-241) оптимальний кут випередження впорскування при роботі на біодизельному паливі на 2...3 град п.к.в. менший ніж при роботі на мінеральному

дизельному паливі [6]. Робота дизеля на біодизельному паливі з оптимальним кутом випередження впорскування дозволяє знизити витрату біодизельного палива в тепловому еквіваленті в середньому на 2% та знизити викиди оксидів азоту з відпрацьованими газами на 9% в порівнянні з мінеральним дизельним паливом.

Знизити негативний вплив біодизельного палива на надійність дизеля вантажного автомобіля, можливо, шляхом зменшення кількості біодизельного палива, що подається в циліндр дизеля за один хід плунжера.

Дослідження енергетичних, паливно-економічних та екологічних показників дизеля вантажного автомобіля, що працює на біодизельному паливі в умовах експлуатації, зважаючи на значну трудомісткість та складність, найбільш доцільно виконувати шляхом математичного моделювання. З метою вирішення поставленої задачі уточнено математичну модель, що дозволяє визначити економічні та екологічні показники вантажного автомобіля ГАЗ-53-12 з дизелем 4Ч11,0/12,5 (Д-241) при русі в режимах міського їздового циклу для ДТЗ повною масою понад 3,5 т [7].

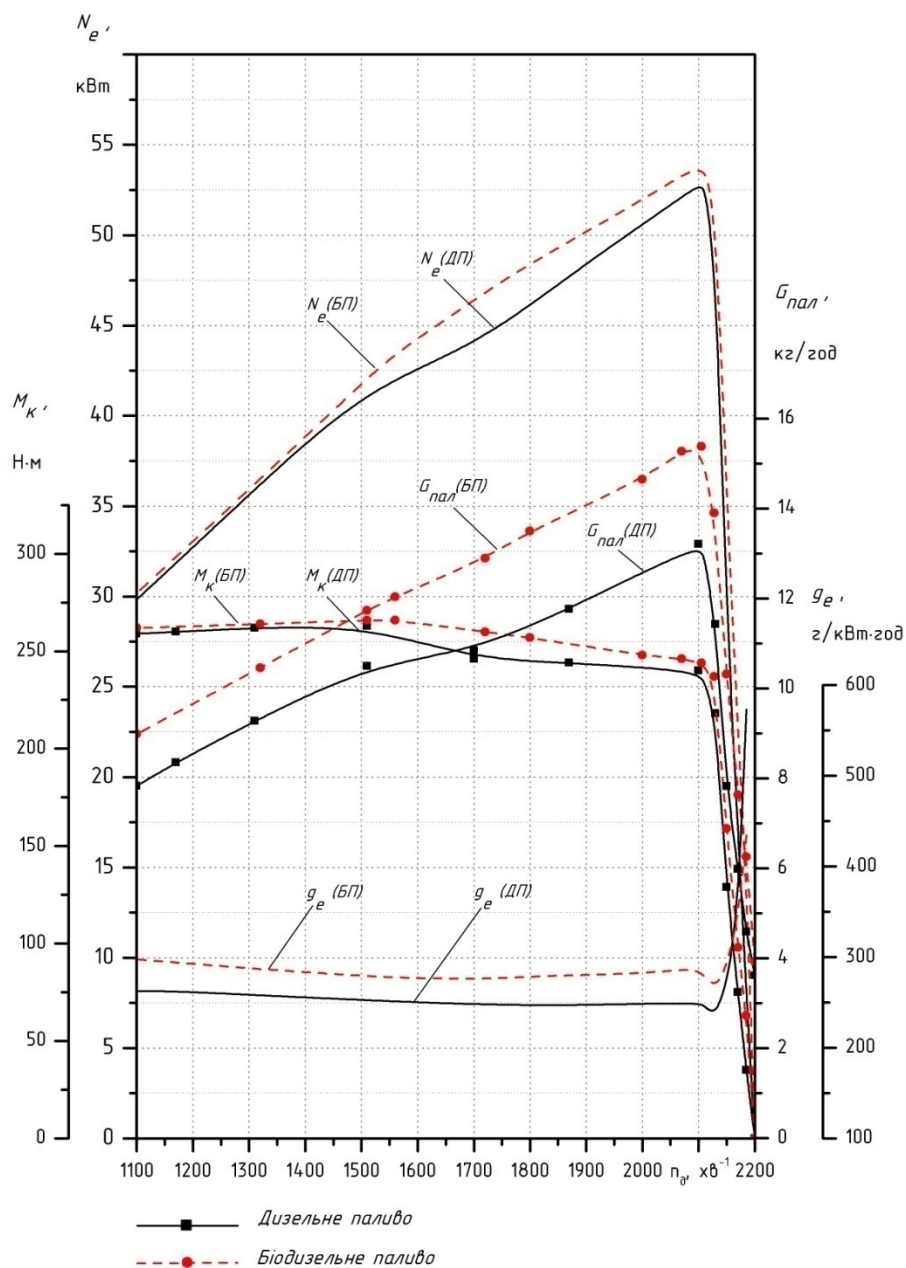


Рисунок 1. – Зовнішня швидкісна характеристика дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-241) при роботі на дизельному та біодизельному паливах

В табл. 1. показано результати розрахунку витрати біодизельного при штатному та оптимальному куті випередження впорскування палива у випадках: штатного регулювання ПНВТ дизеля; зменшення номінальної циклової подачі біодизельного палива для забезпечення номінальної потужності еквівалентної дизелю, що працює на мінеральному дизельному паливі ( $N_{ном ДП} = N_{ном БП}$ ); зменшення номінальної циклової подачі біодизельного палива для забезпечення продуктивності вантажного автомобіля з дизелем еквівалентної автомобілю, що працює на мінеральному дизельному паливі ( $P_{авт ДП} = P_{авт БП}$ ).

З таблиці видно, що зниження номінальної циклової подачі біодизельного палива ( $q_u$ ) на 3% і 3,6% відповідно при штатному і оптимальному куті випередження впорскування забезпечує зниження продуктивності до рівня автомобіля, що працює на мінеральному дизельному паливі. При цьому витрата біодизельного палива за цикл, при штатному куті випередження впорскування палива, знижується на 0,7%, що на 15,1% перевищує витрату мінерального дизельного палива в масових одиницях ( $G_{нал}$ ) та рівна витраті дизельного палива в тепловому еквіваленті ( $Q_{нал}$ ). Витрата біодизельного палива при оптимальному куті випередження впорскування палива, знижується на 0,8%, що на 11,9% перевищує витрату дизельного палива в масових одиницях та на 2,5% нижче в тепловому еквіваленті.

Таблиця 1. – Зміна паливно-економічних та екологічних показників вантажного автомобіля з дизелем в залежності від зміни циклової подачі палива ПНВТ

Показник	Паливо						
	Дизельне паливо	Біодизельне паливо (штатне регулювання ПНВТ)		Біодизельне паливо ( $N_{ном ДП} = N_{ном БП}$ )		Біодизельне паливо ( $P_{авт ДП} = P_{авт БП}$ )	
$\theta$ , град п.к.в.	26	26	24	26	24	26	24
$q_u$ , мм <sup>3</sup> /цикл	67,146	74,552	74,552	72,390	72,912	72,390	71,868
$G_{нал}$ , г/км	0,175	0,203	0,198	0,202	0,197	0,202	0,1963
$Q_{нал}$ , МДж/км	7,452	7,524	7,327	7,474	7,292	7,474	7,2683
$G_{CO}$ , г/км	15,829	17,029	18,718	15,752	17,691	15,752	17,025
$G_{CH}$ , г/км	0,093	0,078	0,076	0,076	0,076	0,076	0,0754
$G_{NO}$ , г/км	7,462	8,052	6,899	8,215	7,020	8,215	7,0994
$G_C$ , г/км	0,796	0,562	0,640	0,548	0,629	0,548	0,6220
$G_{\Sigma CO}$ , г/км	482,063	460,705	430,454	463,169	432,269	463,169	433,46

Викиди продуктів неповного згоряння ( $G_{CO}$ ,  $G_{CH}$ ) зі зниженням номінальної циклової подачі біодизельного палива знижуються на 1...9%. Викиди оксидів азоту ( $G_{NO}$ ) при цьому підвищуються на 10% при роботі на біодизельному паливі зі штатним кутом, в порівнянні мінеральним дизельним паливом. При оптимальному куті випередження впорскування викиди оксидів азоту знижуються на 4,9% в порівнянні з мінерального дизельного палива. Викиди сажі ( $G_C$ ) при роботі на біодизельному паливі на 21...31% нижче рівня викидів сажі при використанні мінерального дизельного палива.

Сумарна масові викиди шкідливих речовин приведені до  $CO$  при роботі на біодизельному паливі зі штатним кутом випередження впорскування палива, підвищується на 0,5%, що на 3,9% нижче сумарної токсичності відпрацьованих газів при використанні мінерального дизельного палива. Сумарна масові викиди шкідливих речовин приведені до  $CO$  при роботі на біодизельному паливі з оптимальним кутом випередження впорскування палива, підвищуються на 0,7%, що на 10% нижче сумарної токсичності відпрацьованих газів при використанні мінерального дизельного палива.

За результатами проведених дослідження встановлено, що окрім збереження надійності дизеля, зниження номінальної циклової подачі біодизельного палива дозволяє знизити витрату палива зі збереженням продуктивності на рівні автомобіля, що працює на мінеральному дизельному паливі та незначному підвищенні викидів оксидів азоту, що компенсується зміною кута випередження впорскування палива. Зміна номінальної циклової подачі палива на задану величину штатним регулятором ПНВТ 4УТНМ, що серійно

встановлено на дизелі 4Ч11,0/12,5 (Д-241), виконується на стенді і потребує демонтажу ПНВТ [8], що не допустимо для автомобілів які знаходяться в експлуатації. На практиці, заміна мінерального дизельного палива біодизельним і навпаки може виконуватись досить часто, при цьому також можлива зміна їх взаємного співвідношення в паливному баку автомобіля.

Вирішення даної проблеми можливе шляхом заміни гвинта 7 (рис. 2а) тягою 7 (рис. 2б) один кінець якої закріпленій на основному важелі 11 а інший за допомогою фіксатора 14 в пазах 15. Вертикальне та поперечне переміщення тяги 7 обмежено направляючими 16. Крайні положення тяги 7 забезпечують необхідну номінальну циклову при роботі на дизельному або біодизельному паливах, проміжні положення – при використанні сумішей дизельного та біодизельного палива.

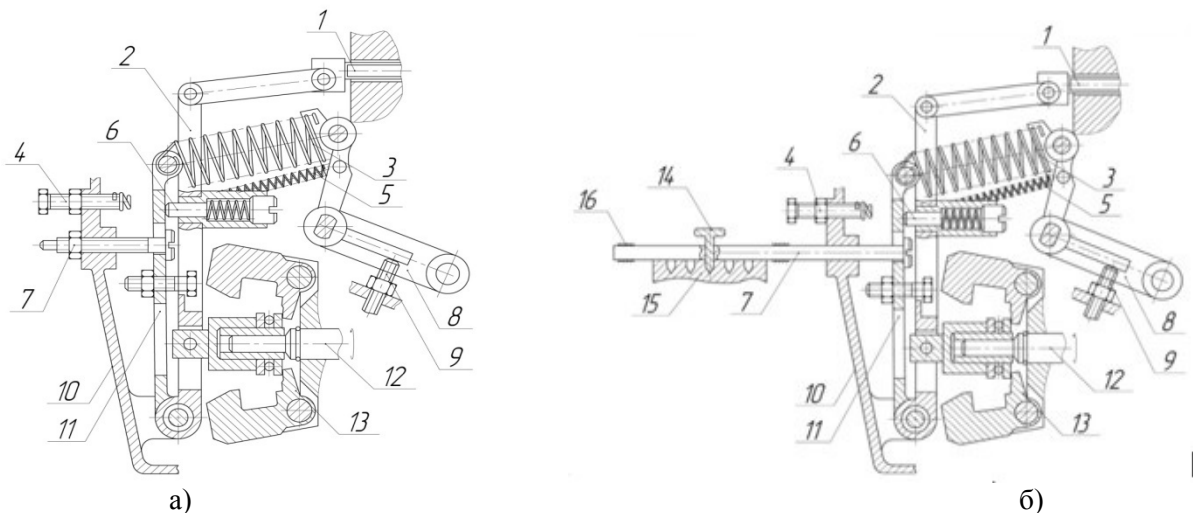


Рисунок 2. – а) штатний відцентровий регулятор ПНВТ 4УТНМ,  
б) модернізований відцентровий регулятор ПНВТ 4УТНМ.

1 – рейка; 2 – проміжний важіль; 3 – головна пружина; 4 – гвинт регулювання мінімальної частоти обертання холостого ходу; 5 - пружина пускового збагачувача; 6 – коректор; 7 – тяга; 8 – важіль керування; 9 – гвинт регулювання максимальної частоти обертання холостого ходу; 10 – корпус регулятора; 11 – основний важіль; 12 – вал ПНВТ; 13 – відцентрова муфта; 14 – фіксатор; 15 – пази; 16 – направляючі.

**Висновок.** Покращити паливно-економічні та екологічні показники вантажного автомобіля з дизелем при використанні біодизельного палива зі збереження надійності та продуктивності на рівні автомобіля, що працює на мінеральному дизельному паливі, можливо шляхом зменшення кута випередження впорскування палива на 2...3 град. п.к.в. та номінальної циклової подачі палива на 3...3,6%.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Корпач А. А. Метилловый эфир рапсового масла как топливо для автотракторных дизелей / А. А. Корпач, А. А. Левковский // Автомобильная промышленность. – 2012. – № 9. – С. 32–33.
2. Марков В. А. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях: Монография / В. А. Марков, С. Н. Девянин В. Г. Семенов и др. – М.: ООО НИЦ “Инженер” (Союз НИО), ООО “Онико-М”, 2011. – 536 с.
3. Васильев И. П. Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля: монография / И. П. Васильев. – Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2009. – 240 с.
4. Корпач А. О. Оцінка ефективності роботи автотракторного дизеля на метиловому ефірі ріпакової олії / А. О. Корпач, О. О. Левківський // Автошляховик України.

Вісник центрального наукового центру транспортної академії України. Окремий випуск. – 2011. – №14. – С. 25–28.

5. Семенов В.Г. Определение цетанового числа и теплоты сгорания биодизельного топлива / В.Г. Семенов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – №4 (22). – С. 50 – 53.

6. Корпач А. О. Вибір оптимального кута випередження впорскування для автотракторного дизеля за роботи на біодизельному паливі / А. О. Корпач, О. О. Левківський // Вісник СевНТУ. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2011. – Вип. 121. – С. 118 – 120.

7. Гутаревич Ю. Ф. Уточнена модель руху вантажного автомобіля з дизелем в режимах їздового циклу при роботі на дизельному та біодизельному паливах / Ю. Ф. Гутаревич, А. О. Корпач, О. О. Левківський // Управління проектами, системний аналіз і логістика: Науковий журнал. – 2012. – Вип. 9. – С. 46 – 51.

8. Семенов В. Н. ТНВД серии УТН / В. Н. Семенов. – М.: Легион-Автодата, 2005. – 80 с.: ил.

#### РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф., Корпач А.О., Левківський О.О. Покращення показників роботи дизеля вантажного автомобіля при застосуванні біодизельного палива / Юрій Феодосійович Гутаревич, Анатолій Олександрович Корпач, Олександр Олександрович Левківський // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ – 2013. – Вип. 27.

На основі проведених досліджень запропоновано шляхи покращення паливної економічності та екологічних показників вантажного автомобіля з дизелем, що працює на біодизельному паливі.

Об'єкт дослідження – вплив біодизельного палива на енергетичні, паливно-економічні і екологічні показники вантажного автомобіля з дизелем.

Мета роботи – поліпшення паливної економічності та екологічних показників дизелів вантажних автомобілів.

Методи дослідження – експериментальні та розрахункові.

Результати статті можуть бути використанні при розробці методів адаптації дизеля для роботи на біодизельному паливі.

Прогнозні припущення щодо подальших досліджень – пошук оптимальних налаштувань паливної системи дизеля при роботі на біодизельному паливі.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** БІОДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО, ДИЗЕЛЬ, ВАНТАЖНИЙ АВТОМОБІЛЬ, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ.

#### ABSTRACT

Gutarevych Y.F., Korpach A.O., Levkivs'ky O.O. Improvement performance of a diesel truck when using biodiesel fuel / Yuri Gutarevych, Anatoly Korpach, Alexander Levkivs'ky // Herald of the National Transport University. – K.: NTU - 2013. - Issue. 27.

Based on the research suggested ways to improve fuel efficiency and environmental performance of the truck with a diesel engine that works on biodiesel fuel.

Object of research - impact biodiesel on energy, fuel economic and environmental performance of the truck with a diesel engine.

Purpose - to improve fuel efficiency and environmental performance of diesel trucks.

Methods - experimental and calculated.

The results of the article may be used in the development methods for adapting diesel engines to works on biodiesel.

Forecast assumptions for future research - the search for optimal settings of the fuel system a diesel engine when operating on biodiesel.

**KEYWORDS:** BIODIESEL FUEL, DIESEL, TRUCKS, FUEL EFFICIENCY.

## РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф., Корпач А.А., Левковский А.А. Улучшение показателей работы дизеля грузового автомобиля при использовании биодизельного топлива / Юрий Феодосьевич Гутаревич, Анатолий Олександрович Корпач, Александр Александрович Левковский // Вестник Национального транспортного университета. - К.: НТУ – 2013. – Вып. 27.

На основе проведенных исследований предложены пути улучшения топливной экономичности и экологических показателей грузового автомобиля с дизелем, который работает на биодизельном топливе.

Объект исследования - влияние биодизельного топлива на энергетические, топливно-экономические и экологические показатели грузового автомобиля с дизелем.

Цель работы - улучшение топливной экономичности и экологических показателей дизелей грузовых автомобилей.

Методы исследования - экспериментальные и расчетные.

Результаты статьи могут быть использованы при разработке методов адаптации дизеля для работы на биодизельном топливе.

Прогнозные предположения о дальнейших исследованиях - поиск оптимальных настроек топливной системы дизеля при работе на биодизельном топливе.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** БИОДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО, ДИЗЕЛЬ, ГРУЗОВЫЕ АВТОМОБИЛИ, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ.