

ПОЛІПШЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ В РЕЖИМІ ПРОГРІВУ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛООВОГО АКУМУЛЯТОРА ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ

Шуба Є.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, shuba90@i.ua, orcid.org/0000-0003-2036-8024

Сирота О.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, cirshu@gmail.com, orcid.org/0000-0001-8715-7307

Трифонов Д.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, voin1@i.ua, orcid.org/0000-0001-8744-8657

IMPROVING FUEL EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF A TRACTOR DIESEL ENGINE IN WARM-UP MODE USING A PHASE TRANSITION HEAT ACCUMULATOR

Shuba Y.V., Ph.D. in Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, shuba90@i.ua, orcid.org/0000-0003-2036-8024

Syrota A.V., Ph.D. in Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, cirshu@gmail.com, orcid.org/0000-0001-8715-7307

Trifonov D.N., Ph.D. in Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, voin1@i.ua, orcid.org/0000-0001-8744-8657

УЛУЧШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ В РЕЖИМЕ ПРОГРЕВА ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛООВОГО АКУМУЛЯТОРА ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА

Шуба Е.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, shuba90@i.ua, orcid.org/0000-0003-2036-8024

Сирота А.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, cirshu@gmail.com, orcid.org/0000-0001-8715-7307

Трифонов Д.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, voin1@i.ua, orcid.org/0000-0001-8744-8657

Вступ. Двигуни внутрішнього згорання є основними джерелами енергії для більшості видів наземної техніки. У якості силової установки спеціальної техніки та машин сільськогосподарського призначення використовують дизелі. Двигуни цього типу мають ряд переваг, порівняно з двигунами з іскровим запалюванням, для виконання покладених на таку техніку завдань. Зокрема, більший запас крутного моменту, нижчу питому ефективну витрату палива. Одним з недоліків дизелів є ускладнення запуску в умовах низьких температур навколишнього середовища. Основними причинами цього є погіршення процесу розпилу палива та досягнення температури в циліндрі двигуна, необхідної для забезпечення самозаймання палива. Гранична температура надійного пуску залежить від пускових обертів – частоти прокручування колінчастого вала. Ця частота у холодного дизеля знижується, так як зростає опір прокручування колінчастого вала, знижується ємність акумуляторної батареї. Низька температура повітря в циліндрі в кінці такту стиснення призводить до проблеми з самозайманням паливоповітряної суміші. Впорскування палива при низьких температурах навколишнього повітря негативно впливає на його розпилювання, сповільнюється нагрівання і випаровування палива, що ускладнює пуск двигуна. Велика частина палива під час пуску холодного двигуна, конденсується на холодних поверхнях циліндропоршневої групи, що призводить до змивання плівки оливи зі стінок циліндрів.

Разом з тим, умови експлуатації таких машин висувають жорсткі вимоги щодо забезпечення надійного запуску двигуна за різних температурних умов навколишнього середовища. Крім того, важливими питаннями є економія паливо-енергетичних ресурсів та зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Тому актуальним є пошук шляхів поліпшення пускових якостей, паливної економічності та екологічних показників дизелів в умовах експлуатації.

Останнім часом для полегшення пуску холодного двигуна автомобіля та підтримування

теплого режиму силової установки в умовах низьких температур навколишнього повітря все частіше застосовують системи акумулювання теплової енергії. Відомо, що з відпрацьованими газами (ВГ) ДВЗ втрачається до 40% теплової енергії отриманої від згорання палива і їх температура може становити +350...700°C. Тому одним із шляхів поліпшення показників двигунів в режимах пуску і прогріву є використання теплоти відпрацьованих газів для підігріву впускного повітря за допомогою теплового акумулятора фазового переходу (ТАПФ).

Мета досліджень: визначення впливу підігріву повітря на впуску за допомогою теплового акумулятора фазового переходу на паливну економічність та екологічні показники дизеля трактора при його пуску та прогріву за умов низьких температур навколишнього повітря.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багато дослідників визнають, що рекуперация частини теплової енергії ВГ двигуна є однією з найбільш ефективних, що дозволяє знизити загальну питому витрату палива, забезпечуючи при цьому збільшення загальної потужності енергетичної установки і зменшення негативного впливу транспортного засобу на навколишнє середовище. Проведені дослідження [1-3], показали, що перетворення 6% теплової енергії ВГ в електричну дозволяє скоротити споживання палива до 10%.

Як зазначалося вище, рекуперация теплової енергії ВГ двигуна вважається одним з найбільш ефективних засобів підвищення енергоефективності енергетичної установки і може бути досягнута за допомогою численних методів, що відображено в роботах багатьох дослідників [4-8].

В роботах [4, 5] наведено результати досліджень використання пристрою для відновлення тепла відпрацьованих газів двигуна, що працює на основі циклу Ренкіна. Встановлено, що цей пристрій може знизити споживання палива на 12,5%. Компанія Cummins провела дослідження системи рекуперации тепла на двигунах вантажних автомобілів, і результати показали, що утилізація теплоти відпрацьованих газів може підвищити термічний ККД двигуна на 5,4% [6].

В роботі [7] встановлено, що використання теплоти відпрацьованих газів для нагрівання впускного повітря приводить до більш повного згорання і зменшення викидів CO. В роботі [8] запропоновано використовувати теплоту відпрацьованих газів для підігріву біодизельного палива з метою зменшення його в'язкості, поліпшення процесу розпилення і сумішоутворення.

Виклад основного матеріалу.

На кафедрі двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету проведено дослідження впливу підігріву повітря тепловим акумулятором фазового переходу на паливну економічність та екологічні показники дизеля в процесі прогріву. Об'єктом експериментальних досліджень є дизель 495BT трактора Foton 454, який показано на рис. 1.



Рисунок 1 – Об'єкт експериментальних досліджень – трактор Foton 454 з дизелем 495BT
Figure 1 – The object of experimental research is the Foton 454 tractor with a 495BT diesel engine

Двигун обладнано апаратурою для вимірювання витрати палива, температур оливи, охолоджуючої рідини, відпрацьованих газів, повітря на впуск. Для дослідження екологічних показників використовували газоаналізуючу апаратуру. Для підігріву повітря, що подається на впуск використано тепловий акумулятор фазового переходу.

Випробування проводили за температури навколишнього середовища від $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Під час випробувань заміряли час запуску двигуна, частоту обертання колінчастого вала, тривалість прогріву в режимі холостого ходу та витрату палива за період і в процесі прогріву без підігріву повітря на впуск та з підігрівом. Для дослідження впливу підігріву повітря на впуск на екологічні показники дизеля в режимі прогріву вимірювали димність та концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах.

Частоту обертання колінчастого вала дизеля вимірювали за допомогою мотортестера DIESEL INJECTION SYSTEM JT 181D. У якості вихідного сигналу використовували сигнал накладного датчика, який прикріпили на трубопровід високого тиску паливного насоса.

Контроль температури повітря на впуск у впускному колекторі двигуна здійснювали портативним електронним термометром WSD10 з виносним датчиком.

Вимірювання витрати палива проводили масовим методом за допомогою електронних ваг МЕРА ВМ 2/3. Час витрати палива вимірювали електронним секундоміром.

Для встановлення впливу підігріву повітря на впуск на час пуску двигуна в холодну пору року записували зміну частоти обертання колінчастого вала і час, який пройде з моменту увімкнення стартера до моменту стабільного samozапалювання палива і значного зростання частоти обертання вала двигуна.

Димність відпрацьованих газів оцінювали за величиною коефіцієнта ослаблення світлового потоку та натурального показника ослаблення світлового потоку, які вимірювали переносним димоміром типу МЕТА-01МП, фотометрична база якого складає $0,43\text{ м}$. Принцип дії приладу базується на методі просвічування ВГ.

Визначення концентрацій оксидів вуглецю CO , сумарних вуглеводнів C_mH_n (за гексаном C_6H_{14}) та оксидів азоту NO_x у ВГ дизеля під час запуску та при прогріві здійснювали за допомогою діагностичного газоаналізатора Bosch BEA060 V1.14 6E795EEC / АММ D6 F54В.

Проведені попередні дослідження показали, що за тривалого перебування трактора в умовах низьких температур навколишнього середовища ($-12\text{ }^{\circ}\text{C}$) неможливо запустити дизель без використання спеціальних заходів. Використання ТАПФ дозволило запустити двигун за даних умов. При температурі навколишнього середовища $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ тривалість запуску двигуна скорочується на 2 секунди (з 4 до 2 с).

Прогрів двигуна виконували в режимі холостого ходу з початковою частотою обертання колінчастого вала близько 800 хв^{-1} до досягнення температури охолодної рідини $t_{OP}\text{ }40\text{ }^{\circ}\text{C}$. При прогріві двигуна частота обертання колінчастого вала підвищилась до близько 950 хв^{-1} . Подальше прогрівання двигуна в режимі холостого ходу недоцільне, оскільки після досягнення даного значення температура практично не змінюється, що свідчить про стабілізацію теплового режиму для режиму холостого ходу в даних температурних умовах навколишнього середовища. Під час прогріву записували значення температури повітря, що подається на впуск двигуна, температури охолодної рідини і відпрацьованих газів та витрату палива кожні 30 секунд.

Результати досліджень показані на рис. 2.

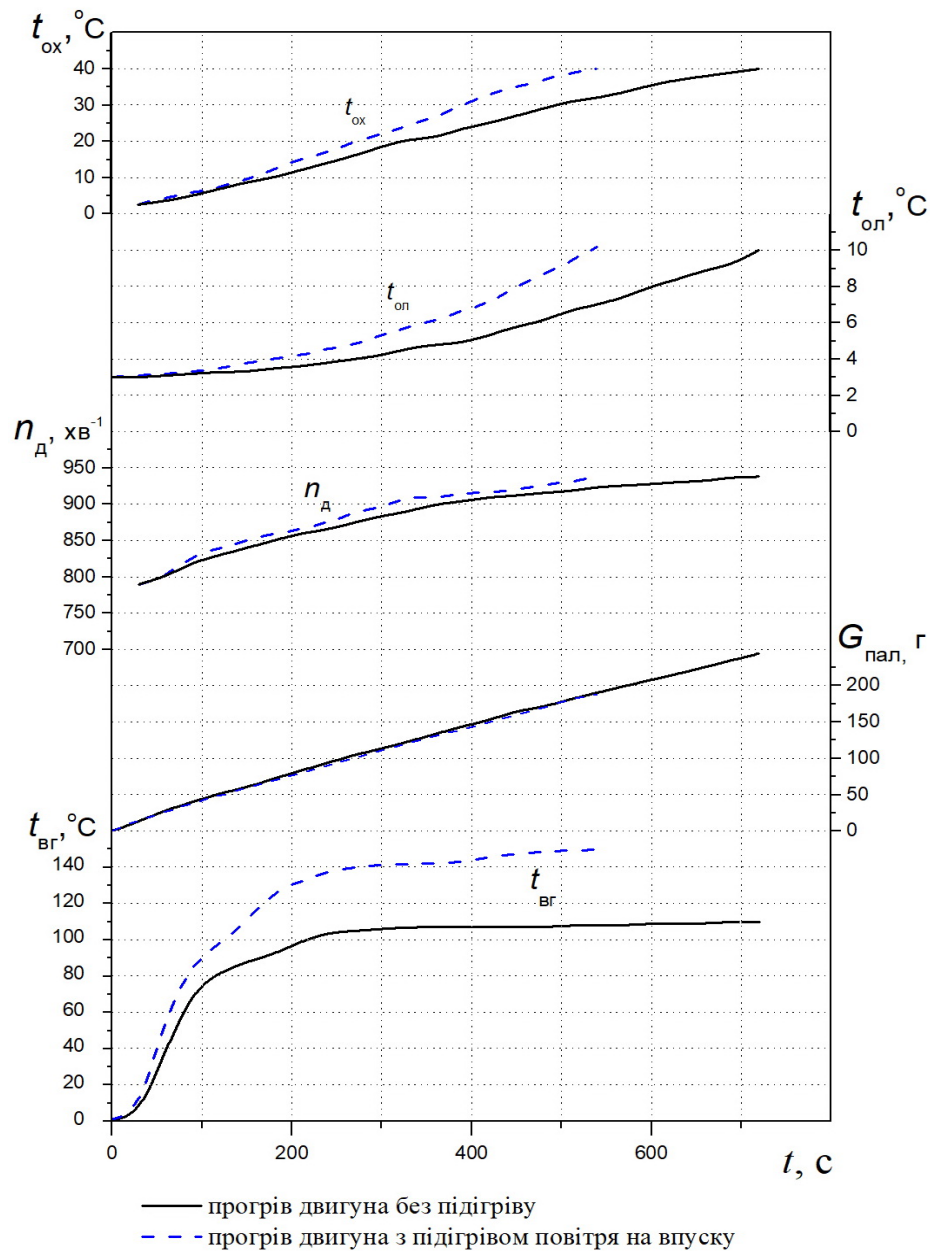


Рисунок 2 – Зміна параметрів роботи двигуна 495BT від часу прогрівання в режимі холостого ходу
 Figure 2 – Changing the parameters of the engine 495BT from warm-up time at idle

Як видно з рис. 2, час прогріву двигуна τ з підігрівом повітря на впуску скорочується на 25 % з 720 секунд без підігріву повітря до 540 секунд з підігрівом повітря на впуску. Витрата палива $G_{\text{пал}}$ за період прогріву без підігріву повітря на впуску становить 243,5 грам, з підігрівом повітря на впуску – 188 грам. Економія палива в процесі прогріву становить близько 23 %. При використанні ТАПФ забезпечувалась температура повітря на пуску $t_{\text{нов}}$ на рівні 30 – 45 °C, що сприяє більш інтенсивному прогріву двигуна. Температура повітря на впуску без підігріву становила 3 °C. Інтенсивність прогріву оцінювали по швидкості підвищення температури оливи $t_{\text{ол}}$ і охолоджуючої рідини $t_{\text{ох}}$. З графіків видно, що при підігріві повітря на впуску температура охолоджуючої рідини, починаючи з другої хвилини прогріву, підвищується більш інтенсивно. Разом з тим зростає температура відпрацьованих газів $t_{\text{вг}}$. За роботи дизеля з підігрівом повітря на впуску температура відпрацьованих газів вище в середньому на 30 °C, ніж за роботи без підігріву.

Результати досліджень впливу підігріву повітря на впуску на екологічні показники дизеля в режимі прогріву показані на рис. 3.

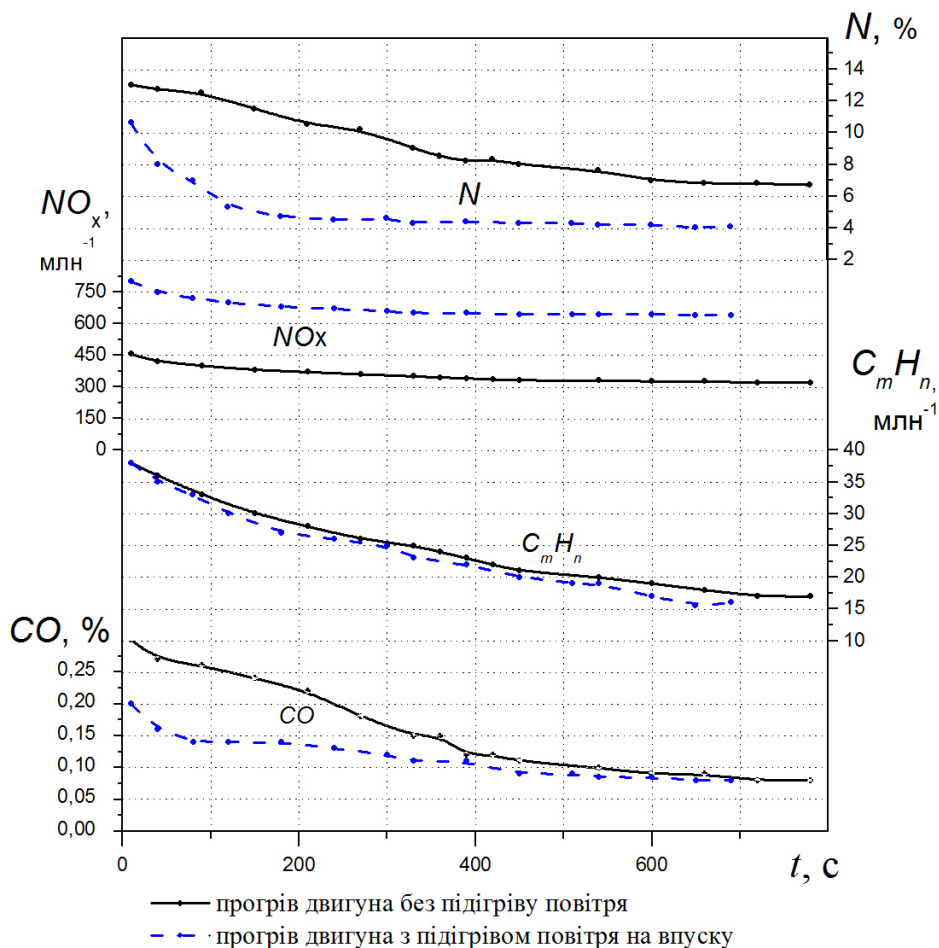


Рисунок 3 – Вплив підігріву повітря на впуску на склад відпрацьованих газів двигуна 495BT під час прогрівання в режимі холостого ходу

Figure 3 – Influence of air heating at the inlet to the composition of the exhaust gases of the 495BT engine during warm-up in idling mode

Як видно з показаних залежностей, при підігріві повітря на впуску знижується димність відпрацьованих газів. Зокрема, коефіцієнт ослаблення світлового потоку N зменшується з 7 % до 4%. Крім того, знижуються концентрації продуктів неповного згорання CO і C_mH_n , що свідчить про більш повне згорання порівняно з роботою двигуна без підігріву. Зокрема, концентрації CO зменшуються в середньому на 35 % на початку прогріву, починаючи з сьомої хвилини прогріву концентрації CO стають практично однаковими. Концентрації C_mH_n знижуються в середньому на 16 %. Через підвищення температури в циліндрі двигуна при підігріві повітря на впуску, зростають концентрації оксидів азоту NO_x . Зокрема, при підігріві повітря на впуску концентрації NO_x зростають в середньому на 87 % (з 375 млн⁻¹ до 700 млн⁻¹).

Висновки. В результаті досліджень встановлено, що підігрів повітря на впуску при температурі навколишнього середовища близько 3 °C сприяє скороченню тривалості процесів пуску та прогріву дизеля. При підігріві повітря на впуску тривалість пуску непрогрітого двигуна скорочується на 2 секунди (з 4 до 2 секунд). Процес прогріву скорочується на 25 %. Зокрема, тривалість прогріву двигуна без підігріву повітря на впуску становить 720 секунд, з підігрівом – 540 секунд. За рахунок скорочення тривалості процесу прогріву та поліпшення процесу згорання в двигуні витрата палива зменшується на 23 % (з 243,5 до 188 г).

При підігріві повітря на впуску температура відпрацьованих газів в середньому на 30 °C вище, ніж за роботи без підігріву

Підігрів повітря на впуску приводить до зменшення концентрації CO в середньому на 35 % на початку прогріву, починаючи з п'ятої хвилини прогріву концентрації CO стають практично однаковими. Концентрації C_mH_n знижуються в середньому на 16 %. Разом з тим через підвищення температури в циліндрі двигуна при підігріві повітря на впуску зростають концентрації оксидів азоту NO_x на 87 %.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. J. Vazquez, M.A. Zanz-Bobi, R. Palacios, A. Arenas, "State of the art of thermoelectric generators based on heat recovered from the exhaust gases of automobiles," Proceedings of 7th European workshop on thermoelectric, 2002.S.
2. Gritsuk, I., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Volkov, V., "Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator," SAE Technical Paper 2016-01-0204, 2016, <https://doi.org/10.4271/2016-01-0204>.
3. Трифонов Д.М. Аналіз напрямів рекуперації теплової енергії відпрацьованих газів двигуна внутрішнього згорання / Д.М. Трифонов // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. 9-а Міжнародна науково-практична конференція – Херсон: Херсонська державна морська академія. 2018. С. 194-199
4. Sprouse C. Iii and Depcik C., "Review of organic Rankine cycles for internal combustion engine exhaust waste heat recovery," Applied Thermal Engineering, vol. 51, pp. 711-722, 2013.
5. E.F. Doyle, P.S. Patel, "Compounding the truck diesel engine with an organic rankine cycle system," 760343, Society of Automotive Engineers (SAE), 1976.
6. Jadhao J.S., Thombare D.G. «Review on exhaust gas heat recovery for I.C. Engine». International journal of engineering and innovative technology (IJEIT) Volume 2, Issue 12, June 2013.
7. Mhia Md. Zaglul Shahadat, Md. Nurun Nabi And Md. Shamim Akhter, "Diesel Nox Reduction By Preheating Inlet Air", Proceedings Of The International Conference On Mechanical Engineering 2005.
8. F. Karaosmanoglu, "Vegetable oil fuels: a review," Energy Sources 21,(1999) 221–231.

REFERENCES

1. J. Vazquez, M.A. Zanz-Bobi, R. Palacios, A. Arenas, "State of the art of thermoelectric generators based on heat recovered from the exhaust gases of automobiles," Proceedings of 7th European workshop on thermoelectric, 2002.S.
- 2 Gritsuk, I., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Volkov, V., "Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator," SAE Technical Paper 2016-01-0204, 2016, <https://doi.org/10.4271/2016-01-0204>.
3. Trifonov D.M. Analiz napriamiv rekuperatsii teplovoi enerhii vidpratsovanykh haziv dvyhuna vnutrishnoho zghorannia / D.M. Trifonov // Suchasni enerhetychni ustanovky na transporti i tekhnolohii ta obladnannia dlia yikh obsluhovuvannia. 9-a Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia – Kherson: Khersonska derzhavna morska akademiia. 2018. S. 194-199 [in Ukraine]
4. Sprouse C. Iii and Depcik C., "Review of organic Rankine cycles for internal combustion engine exhaust waste heat recovery," Applied Thermal Engineering, vol. 51, pp. 711-722, 2013.
5. E.F. Doyle, P.S. Patel, "Compounding the truck diesel engine with an organic rankine cycle system," 760343, Society of Automotive Engineers (SAE), 1976.
6. Jadhao J.S., Thombare D.G. «Review on exhaust gas heat recovery for I.C. Engine». International journal of engineering and innovative technology (IJEIT) Volume 2, Issue 12, June 2013.
7. Mhia Md. Zaglul Shahadat, Md. Nurun Nabi And Md. Shamim Akhter, "Diesel Nox Reduction By Preheating Inlet Air", Proceedings Of The International Conference On Mechanical Engineering 2005.
8. F. Karaosmanoglu, "Vegetable oil fuels: a review," Energy Sources 21,(1999) 221–231.

РЕФЕРАТ

Шуба Є.В. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників тракторного дизеля в режимі прогріву використанням теплового акумулятора фазового переходу. / Є.В. Шуба, О.В. Сирота, Д.М. Трифонов // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник – К.: НТУ, 2019. – Вип. 3 (45).

У статті розглянуто результати досліджень впливу підігріву повітря на впуску на тривалість прогріву, витрату палива та екологічні показники тракторного дизеля під час прогріву в режимі холостого ходу.

Об'єкт експериментальних досліджень – дизель 495ВТ трактора Foton 454.

Мета роботи – визначення впливу підігріву повітря на впуску за допомогою теплового акумулятора фазового переходу на паливну економічність та екологічні показники дизеля трактора при його пуску та прогріву за умов низьких температур навколишнього повітря.

Метод дослідження – експериментальний.

В результаті досліджень встановлено, що підігрів повітря на впуску при температурі навколишнього середовища близько 3 °С сприяє скороченню тривалості процесів пуску та прогріву

дизеля. При підігріві повітря на впуску тривалість пуску непрогрітого двигуна скорочується на 2 секунди (з 4 до 2 секунд). Процес прогріву скорочується на 25 %. Зокрема, тривалість прогріву двигуна без підігріву повітря на впуску становить 720 секунд, з підігрівом – 540 секунд. За рахунок скорочення тривалості процесу прогріву та поліпшення процесу згоряння в двигуні витрата палива зменшується на 23 % (з 243,5 до 188 г). При підігріві повітря на впуску підвищується температура відпрацьованих газів в середньому на 30 °С, ніж за роботи без підігріву

Підігрів повітря на впуску приводить до зменшення концентрації СО в середньому на 35 % на початку прогріву, починаючи з п'ятої хвилини прогріву концентрації СО стають практично однаковими. Концентрації C_mH_n знижуються в середньому на 16 %. Разом з тим через підвищення температури в циліндрі двигуна при підігріві повітря на впуску зростають концентрації оксидів азоту NO_x .

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПІДІГРІВ, ДИЗЕЛЬ, ПРОЦЕС ПРОГРІВУ, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ТРИВАЛІСТЬ ПУСКУ.

ABSTRACT

Shuba Y.V., Sirota A.V., Trifonov D.N. Improving fuel efficiency and environmental performance of a tractor diesel engine in warm-up mode using a phase transition heat accumulator. Visnyk of National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2019. Vol. 3 (45).

The article describes the results of studies on the effect of air preheating at the inlet on the warm-up time, fuel consumption and environmental performance of a tractor diesel engine during warm-up in idle mode.

The object of experimental research is the diesel 495W tractor Foton 454.

The purpose of the work is to determine the effect of heating the intake air with the help of a thermal accumulator of the phase transition to fuel efficiency and environmental performance of the tractor diesel engine during its start-up and warming up in conditions of low ambient temperatures.

The research method is experimental.

As a result of research, it has been established that heating the intake air at an ambient temperature of about 3 °C contributes to a reduction in the duration of the processes for starting and warming up the diesel. When the intake air is heated, the duration of the start of a cold engine is reduced by 2 seconds (from 4 to 2 seconds). The warm-up process is reduced by 25%. In particular, the warm-up time of the engine without heating the intake air is 720 seconds, with heating it is 540 seconds. By reducing the duration of the warm-up process and improving the combustion process in the engine, fuel consumption is reduced by 23% (from 243.5 to 188 g). When the intake air is heated, the exhaust gas temperature is on average 30 °C higher than when operating without heating

Heating intake air leads to a decrease in CO concentration by an average of 35% at the beginning of warming up, and starting from the fifth minute of warming up the concentration of CO becomes almost the same. C_mH_n concentrations are reduced by an average of 16%. At the same time, due to the increase in the temperature in the engine cylinder, when the intake air is heated, the concentrations of nitrogen oxides NO_x increase.

KEYWORDS: HEATING, DIESEL, HEATING PROCESS, FUEL ECONOMY, STARTING DURATION.

РЕФЕРАТ

Шуба, Е.В. Улучшение топливной экономичности и экологических показателей тракторного дизеля в режиме прогрева использованием теплового аккумулятора фазового перехода. / Е.В. Шуба, А.В. Сирота, Д.Н. Трифонов // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник – К.: НТУ, 2019. – Вып. 3 (45).

В статье рассмотрены результаты исследований влияния подогрева воздуха на впуске на продолжительность прогрева, расход топлива и экологические показатели тракторного дизеля при прогреве в режиме холостого хода.

Объект экспериментальных исследований - дизель 495ВТ трактора Foton 454.

Цель работы - определение влияния подогрева воздуха на впуске с помощью теплового аккумулятора фазового перехода на топливную экономичность и экологические показатели дизеля трактора при его пуске и прогреве в условиях низких температур окружающего воздуха.

Метод исследования - экспериментальный.

В результате исследований установлено, что подогрев воздуха на впуске при температуре окружающей среды около 3 °С способствует сокращению продолжительности процессов пуска и

прогрева дизеля. При подогреве воздуха на впуске продолжительность пуска непрогретого двигателя сокращается на 2 секунды (с 4 до 2 секунд). Процесс прогрева сокращается на 25%. В частности, продолжительность прогрева двигателя без подогрева воздуха на впуске составляет 720 секунд, с подогревом - 540 секунд. За счет сокращения продолжительности процесса прогрева и улучшения процесса сгорания в двигателе расход топлива уменьшается на 23% (с 243,5 до 188 г). При подогреве воздуха на впуске температура отработанных газов в среднем на 30 °С выше, чем при работе без подогрева

Подогрев воздуха на впуске приводит к уменьшению концентрации СО в среднем на 35% в начале прогрева, начиная с пятой минуты прогрева концентрации СО становятся практически одинаковыми. Концентрации СmНn снижаются в среднем на 16%. Вместе с тем из-за повышения температуры в цилиндре двигателя при подогреве воздуха на впуске растут концентрации оксидов азота NOx.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПОДОГРЕВ, ДИЗЕЛЬ, ПРОЦЕСС ПРОГРЕВА, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ, ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПУСКА.

АВТОРИ:

Шуба Євгеній Васильович., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, асистент кафедри «Двигуни і теплотехніка», e-mail: shuba90@i.ua, тел. +380688147423, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

Сирота Олександр Вадимович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Двигуни і теплотехніка», e-mail: kafedradvzntu@gmail.com, тел. 280 47 16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к.303а.

Трифонов Дмитро Миколайович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри «Двигуни і теплотехніка», e-mail: kafedradvzntu@gmail.com, тел. 280 47 16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к.303а.

AUTHORS:

Shuba Yevgeniy, Ph.D. in Technical Sciences, National Transport University, assistant of department of "Engines and Heating", e-mail: shuba90@i.ua, tel. +380688147423, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 303a.

Syrota Alexander, Ph.D. in Technical Sciences, associate Professor, National Transport University, associate Professor of the Department "Engines engineering", e-mail: kafedradvzntu@gmail.com tel. 280 47 16, Ukraine, 01010, Kyiv, vul. Suvorov 1, room 303a.

Trifonov Dmitrij, Ph.D. in Technical Sciences, National Transport University, senior lecturer of the Department "Engines engineering", e-mail: kafedradvzntu@gmail.com tel. 280 47 16, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorov St. 1, room 303a.

АВТОРЫ:

Шуба Евгений Васильевич, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры «Двигатели и теплотехника», e-mail: shuba90@i.ua, тел. +380688147423, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 303а.

Сирота Александр Вадимович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Двигатели и теплотехника», e-mail: kafedradvzntu@gmail.com тел. 280 47 16, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к.303а.

Трифонов Дмитрий Николаевич, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, старший преподаватель кафедры «Двигатели и теплотехника», e-mail: kafedradvzntu@gmail.com тел. 280 47 16, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к.303а.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілі, Київ, Україна.

Назаренко І.І., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Sakhno V. P., Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, head department of automobiles, Kyiv, Ukraine.

Nazarenko I. I., Doctor of Technical Sciences, professor, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine.