

УДК 656.13/73.31.41  
UDC 656.13/73.31.41

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЯ ZAZ-1102 ПРИ РОБОТІ В РЕЖИМІ ПРОГРІВУ В ДОРОЖНІХ УМОВАХ

*Гутаревич Ю.Ф.*, доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

*Трифонов Д.М.*, Національний транспортний університет, Київ, Україна

*Сирота О.В.*, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

## A STUDY OF FUEL EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF THE CAR ZAZ-1102 WHEN WORKING IN THE MODE OF WARM-UP ON THE ROAD

*Gutarevich, Y.F.*, Doctor of Technical Science, National transport University, Kiev, Ukraine

*Trifonov D.M.*, National transport University, Kiev, Ukraine

*Syrota A.V.*, Candidate of Science (Engineering), National transport University, Kiev, Ukraine

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ ZAZ-1102 ПРИ РАБОТЕ В РЕЖИМЕ ПРОГРЕВА В ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

*Гутаревич Ю.Ф.*, доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

*Трифонов Д.М.*, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

*Сирота А.В.*, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

### Вступ.

Автомобільний транспорт є найбільш масовим видом транспорту. У розвинених Європейських державах на частку автомобільного транспорту припадає 85 – 90 % всіх перевезень та споживання понад 60 % палив нафтового походження. Збільшення кількості автомобілів на дорогах країни веде до забруднення навколишнього середовища шкідливими речовинами, які містяться у відпрацьованих газах.

Забезпечення ефективної експлуатації автомобіля, що відповідає сучасним вимогам до паливної економічності та екологічної безпеки, неможливо без урахування умов експлуатації. До умов експлуатації відносяться дорожні, транспортні і природно-кліматичні фактори. За даними ряду досліджень [1-5] найбільший вплив на паливну економічність та екологічну безпеку автомобіля чинять природно-кліматичні фактори. Ці фактори характеризуються температурою навколишнього повітря, вологістю, тиском і деякими іншими параметрами. При експлуатації автомобілів в умовах низьких температур має місце погіршення їх паливної економічності. Основними причинами зростання витрат палива є неповнота згорання, пов'язана з погіршенням випаровування і розпилювання палива та збільшенням часу прогріву холодного двигуна.

Полегшення пуску холодного двигуна та підтримання теплового режиму силової установки в умовах низьких температур може забезпечуватися: зберіганням теплоти від попередньої роботи двигуна; застосуванням різних систем передпускового підігріву; використанням відповідних палив і олів; спеціальних пристроїв для прискореного прогріву двигуна; систем теплоізоляції і підігріву акумуляторних батарей.

Останнім часом для збереження теплоти на борту автомобіля з метою її використання в процесі прискореного прогріву холодного двигуна все частіше застосовують системи акумулювання теплової енергії. До переваг теплових акумуляторів можна віднести їх повну незалежність від будь-яких джерел енергії [5,7].

Відповідно до Держстандарту, територія України знаходиться в зоні помірного кліматичного пояса. Тобто, на території держави складається помірно-континентальний тип клімату. Частина року (близько 4 – 6 місяців) автомобілі експлуатуються при температурах повітря від +5°C и нижче [6].

У зв'язку з цим, вирішення завдань, які пов'язані з експлуатацією автомобілів в умовах низьких температур навколишнього повітря, є актуальним.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Вплив природно-кліматичних факторів на паливну економічність автомобілів, емісію шкідливих речовин у відпрацьованих газах (ВГ) і надійність автомобілів в цілому досліджували багато авторів.

Природно-кліматичних фактори в різні періоди року визначаються температурою, вологістю повітря, атмосферним тиском, кількістю опадів, силою і напрямом повітря, тривалістю снігового покриву та ін. Низькі температури навколишнього повітря справляють істотний вплив на температурний режим насамперед силової установки і через його зміну на витрату палива. Аналіз впливу природно-кліматичних факторів на витрату палива та емісію шкідливих речовин з ВГ автомобілями наведено в роботах [7-12].

Як встановлено в роботах [9,13], витрата палива при зниженні температури навколишнього повітря може збільшуватися на 10...30% і більше. При цьому збільшення витрат палива пов'язане з підвищенням в'язкості палива, погіршенням його здатності до розпилення та випаровування і, як наслідок, погіршення сумішоутворення та ефективності згоряння паливоповітряної суміші.

Викиди монооксиду вуглецю (СО) і вуглеводнів ( $C_mH_n$ ) з ВГ при експлуатації автомобіля із двигуном з іскровим запалюванням в умовах низьких температурах навколишнього повітря за різними даними збільшуються в 6 - 10 разів, а в режимах пуску і прогріву холодний двигун викидає до 70...80% сумарного викиду продуктів неповного згоряння СО і  $C_mH_n$ .

Таким чином, експлуатація автомобіля в умовах низьких температур навколишнього повітря призводить до погіршення теплового стану двигуна, що чинить значний вплив на збільшення витрат палива і, як наслідок, збільшення емісії шкідливих речовин з ВГ. Одним з можливих шляхів поліпшення паливної економічності двигунів з іскровим запалюванням та зменшення емісії шкідливих речовин з ВГ в режимах пуску холодного двигуна та його прогріву, є забезпечення підігріву повітря, яке надходить в двигун та стабілізації його температури на рівні  $+35...+45^{\circ}C$  в подальшому за рахунок застосування системи акумулювання теплової енергії ВГ.

### **Постановка завдання.**

Метою експериментальних досліджень є визначення впливу температури повітря на впуску на паливну економічність та емісію шкідливих речовин з ВГ двигуна автомобіля при його прогріві в дорожніх умовах.

Об'єктом експериментальних досліджень є автомобіль ЗАЗ-1102, на якому встановлено карбюраторний, чотиритактний, чотирициліндровий рядний двигун МеМЗ-245.

Дорожні випробування автомобіля проведені в м Києві на горизонтальній ділянці дороги по маршруту з інтенсивним рухом автомобілів з системою підігріву повітря, що надходить у двигун та без неї.

Під час випробувань оцінювали концентрації шкідливих речовин у ВГ - монооксиду вуглецю СО, двооксиду вуглецю  $CO_2$ , вуглеводнів  $C_mH_n$  газоаналізатором МЕТА, витрату палива витратоміром палива ОНО SOKKI DF-311, температури повітря перед карбюратором, оливи в системі мащення, охолодної рідини за допомогою електронних термометрів з виносними датчиками WSD-10. Крім того, вимірювали час та пройдену автомобілем відстань.

Пуск та прогрів двигуна здійснювали при температурі навколишнього повітря мінус  $10^{\circ}C$ , початковій температурі оливи в системі мащення – мінус  $9,6^{\circ}C$ . Закінчення прогріву визначали досягненням температури оливи в системі мащення двигуна  $+60^{\circ}C$ .

Для забезпечення підігріву повітря на впуску використовували тепловий акумулятор фазового переходу [5]. Випробування проводили на бензині марки А-95 при однакових атмосферних умовах.

### **Результати досліджень.**

Виходячи з результатів дорожніх випробувань автомобіля ЗАЗ-1102 при температурі навколишнього повітря  $t_0 =$  мінус  $10^{\circ}C$ , без використання системи підігріву повітря на впуску (рух автомобіля почався відразу після пуску двигуна), шлях прогріву карбюраторного двигуна МеМЗ-245 до температури оливи у системі мащення  $t_m = +60^{\circ}C$  становить 7000 м (Рис. 1). Час прогріву склав – 840 секунд, при цьому було витрачено – 0,75 літрів бензину (Рис. 2).

Використання теплового акумулятора для підігріву повітря дозволило збільшити середню температуру повітря на впуску з  $0^{\circ}C$  до  $+10...+15^{\circ}C$  (Рис. 2).

При використанні системи підігріву повітря на впуску, при тих же умовах навколишнього середовища, результати дорожніх випробувань показали – шлях прогріву двигуна скоротився на 400 метрів (5,7%), час прогріву зменшився на 60 секунд (7,2%), витрата палива зменшилася на 0,21 л (27,9%)

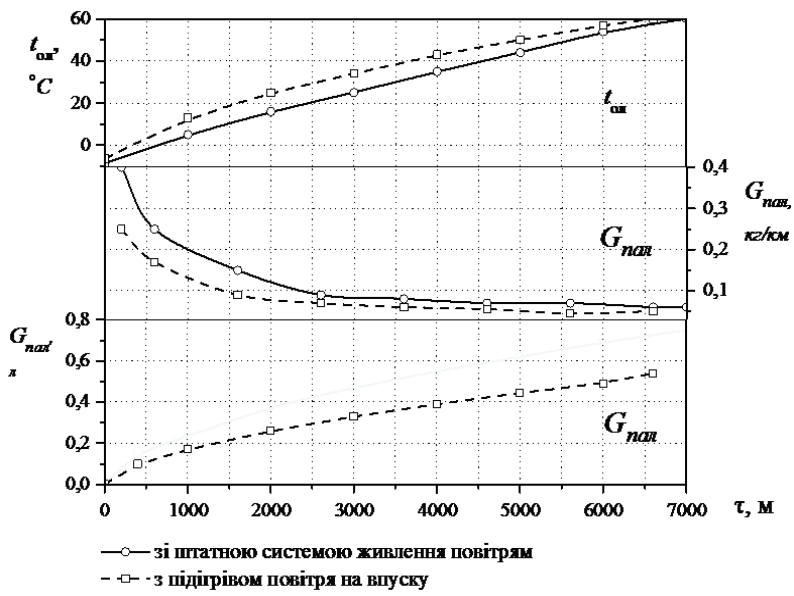


Рисунок 1 – Зміна показників роботи двигуна в режимі прогріву в дорожніх умовах в залежності від пройденого автомобілем шляху

Результати вимірювань щодо концентрації шкідливих речовин з ВГ холодного двигуна при його прогріві в дорожніх умовах обробляли за допомогою програми OriginPro. Середньоквадратичні величини концентрацій описуються поліномом четвертого порядку від часу прогріву (рис.3).

Аналіз отриманих даних щодо, концентрації шкідливих речовин показав наступне.

Концентрація монооксиду вуглецю у ВГ, без підігріву повітря на впуску стабілізувалася на рівні 4% на 480 секунді і тільки на 840 секунді після пуску досягла рівня 1,35%, з підігрівом повітря на рівні 1...1,5% на 390 секунді. Концентрація двооксиду вуглецю у ВГ, як з підігрівом повітря на впуску, так і зі штатною системою практично зрівнялися на рівні 9...10% через 330 секунд після пуску холодного двигуна (рис.3).

Концентрація вуглеводнів у ВГ в ході прогріву двигуна з підігрівом повітря на впуску була значно меншою, стабілізація відбулася після 240 секунди і до закінчення прогріву становила близько 500...600 млн<sup>-1</sup>, тоді як при роботі зі штатною системою стабілізація спостерігається після 480 секунди на рівні 900 млн<sup>-1</sup> і до закінчення прогріву становила близько 600 млн<sup>-1</sup>.

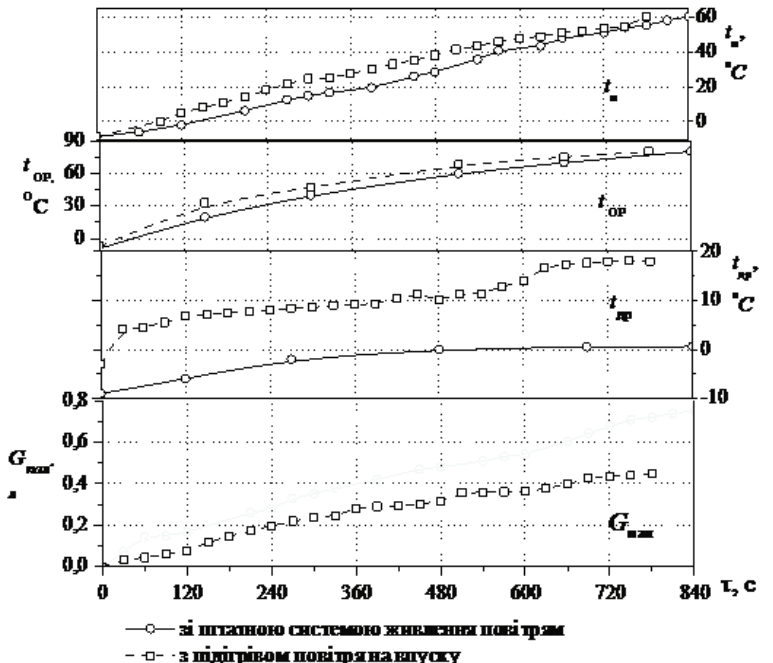
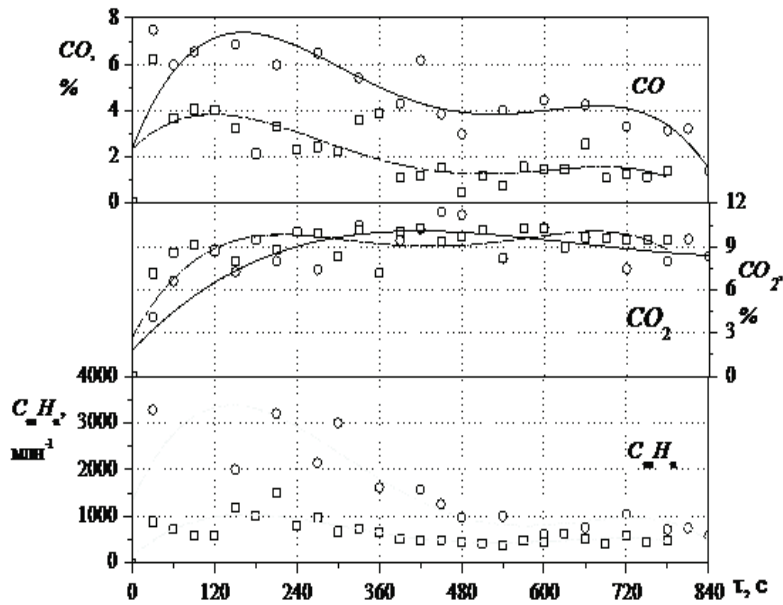


Рисунок 2 – Зміна показників роботи двигуна в режимі прогріву в дорожніх умовах в залежності від часу прогріву

Концентрації шкідливих речовин з ВГ двигуна не характеризують повністю шкідливий вплив автомобіля на довкілля, так, як кількість шкідливих речовин, що надходить в атмосферу, залежить від кількості продуктів згоряння, що утворюються в циліндрах двигуна та часу прогріву.

Розрахунок масових викидів шкідливих речовин показав, що при використанні підігріву повітря на впуску їх кількість зменшується в порівнянні зі штатною системою (рис. 4).

Аналіз залежності сумарної зведеної токсичності ВГ від пройденого шляху під час прогріву двигуна в дорожніх умовах, показав, що використання підігріву повітря на вході в карбюратор дозволяє зменшити середню сумарну токсичність ВГ на 14,3%.



експериментальні значення:

- зі штатною системою живлення повітрям
- з підігрівом повітря на впуску

апроксимація значень:

- зі штатною системою живлення повітрям
- - - з підігрівом повітря на впуску

Рисунок 3 – Концентрації шкідливих речовин у ВГ двигуна в режимі прогріву в дорожніх умовах

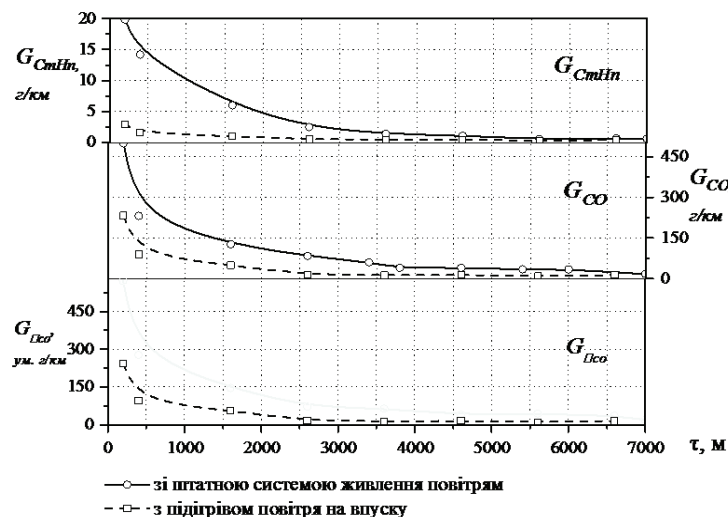


Рисунок 4 – Питомі викиди шкідливих речовин та сумарної зведеної токсичності ВГ при прогріві двигуна автомобіля ЗАЗ-1102 в дорожніх умовах

### Висновки.

За результатами досліджень можна зробити висновок про ефективність системи з підігріву повітря на впуску, що можна пояснити поліпшенням протікання робочого процесу в камері згоряння двигуна з іскровим запалюванням в умовах низької температури навколишнього повітря.

Експериментальні дослідження, які були проведені з метою визначення впливу температури повітря на впуск на паливну економічність та емісію шкідливих речовин у ВГ карбюраторного двигуна з іскровим запалюванням МЕМЗ-245 автомобіля ЗАЗ-1102 при його прогріві в дорожніх умовах, дозволяють зробити наступні висновки:

1. Час прогріву двигуна до температури оливи в системі мащення двигуна +60°C скоротився на 7,2%, при цьому економія палива склала близько 27,9%;
2. Сумарні масові викиді шкідливих речовин з ВГ з підгрівом повітря на впуск в порівнянні зі штатною системою зменшились в середньому на 15,3%.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Roberts A. Internal Combustion Engine Cold-Start Efficiency: A review of the Problem, Causes and Potential Solutions / A. Roberts, R. Brooks, P. Shipway // *Energy Conversion and Management*. – 2014. – Vol. 82. – P. 327–350.
2. Баженов С.П. Основы эксплуатации автомобилей и тракторов: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / С.П. Баженов, Б.Н. Казьмин, С.В. Носов; под ред. С.П. Баженова. — М.: Издательский центр «Академия», 2014. — 384 с. — (Сер. Бакалавриат).
3. Laurikko, Juhani, Nils-Olof Nylund a Kai Sipilä. Automotive exhaust emissions at low ambient temperature. Espoo: Technical Research Centre of Finland, 1987, 38 s: il. Tutkimuksia forskningrapporter
4. Шарипов А. Улучшение экологических показателей автомобильного двигателя с искровым зажиганием в период прогрева после холодного пуска: диссертация кандидата технических наук: 05.04.02 / - Москва, 2012 - 136 с.: ил.  
<http://www.dslib.net/teplo-dvigateli/uluchshenie-jekologicheskikh-pokazatelej-avtomobilnogo-dvigatelja-s-iskrovym.html>
5. Трифонов Д.М. Використання теплового акумулятора фазового переходу для забезпечення пуску холодного двигуна та його прогрівання за рахунок поліпшення сумішоутворення / Трифонов Д.М., Вербовський В.С., Грицук І.В. // Збірник наукових праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. – ПолтНТУ, 2015. Вип. 3 (45). – С. 18-27.  
[http://znp.pntu.edu.ua/files/archive/ua/45\\_2015/5.pdf](http://znp.pntu.edu.ua/files/archive/ua/45_2015/5.pdf)
6. Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. ГОСТ 16350-80. – М., 1981. – 140 с.  
[http://www.cogeneration.com.ua/img/zstored/gost\\_16350-80.pdf](http://www.cogeneration.com.ua/img/zstored/gost_16350-80.pdf)
7. «Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник» / Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г. та ін. - К.: Арістей, 2006. - 292 с.
8. Покровский А.Н. Эксплуатация автомобилей с карбюраторными двигателями в условиях низких температур / Покровский А.Н., Букин А.А., Гаврилов Д.Ф. М.: Автотрансиздат, 1961. - 112 с.
9. Семёнов Н.В. Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур — М.: Транспорт, 1993. - 190 с.  
<http://www.tnu.in.ua/study/refs/d196/file1484473.html>
10. Castiglione T. A Novel Cooling System Control Strategy for Internal Combustion Engines / T. Castiglione, F. Pizzonia, S. Bova // *SAE Int. J. Mater. Manf.* – 2016. – Vol. 9(2). – P. 294-302
11. Bielaczyc P. Cold Start Emissions of Spark-Ignition Engines at Low Ambient Temperatures as an Air Quality Risk / P. Bielaczyc, A. Szczotka, J. Woodburn // *Archives of Environmental Protection*. – 2014. – Vol. 40. – Pages 87–100
12. Matthew S. Reiter The problem of cold starts: A closer look at mobile source emissions levels / Matthew S. Reiter, Kara M. Kockelman // *Transportation Research Part D: Transport and Environment* – 2016. – Vol. 43. – P. 123-132  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2015.12.012>
13. Туревский И. С. Техническое обслуживание автомобилей. Книга 2. Организация хранения, технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта: учебное пособие. - М.: ИД «ФОРУМ», ИНФРА-М, 2008. - 256с.: ил. — (Профессиональное образование).

#### REFERENCES

1. Roberts A. Internal Combustion Engine Cold-Start Efficiency: A review of the Problem, Causes and Potential Solutions / A. Roberts, R. Brooks, P. Shipway // *Energy Conversion and Management*. – 2014. – Vol. 82. – P. 327–350.



2. Bazhenov, S. P. Fundamentals of operating trucks and tractors: proc. a manual for students. institutions higher. Professor of education / S. P. Bazhenov, B. N. Kazmin, V. S. Nosov; ed. by S. P. Bazhenova. — M.: Publishing center "Academy", 2014. — 384 p. — (Ser. Bachelor's degree). (Rus)
3. Laurikko, Juhani, Nils-Olof Nylund a Kai Sipilä. Automotive exhaust emissions at low ambient temperature. Espoo: Technical Research Centre of Finland, 1987, 38 s: il. Tutkimuksia forskningrapporter
4. Sharipov A. improving the environmental performance of the automobile engine with spark ignition in the warm-up period after a cold start-up: thesis of candidate of technical Sciences: 05.04.02 / - Moscow, 2012 - 136 p. (Rus)  
<http://www.dslib.net/teplo-dvigateli/uluchshenie-jekologicheskikh-pokazatelej-avtomobilnogo-dvigatelja-s-iskrovym.html>
5. Trifonov D. M. the Use of the heat accumulator phase transition to ensure a cold start of the engine and its warming by improving mixture formation / D. M. Trifonov, V. S. Verbovskiy, Gritsuk I. V. // Collection of scientific works. Series: engineering and construction. – Polntu, 2015. Vol. 3 (45). – S. 18-27. (Rus)  
[http://znp.pntu.edu.ua/files/archive/ua/45\\_2015/5.pdf](http://znp.pntu.edu.ua/files/archive/ua/45_2015/5.pdf)
6. The climate of the USSR. Zoning and statistical parameters of climatic factors for technical purposes. GOST 16350-80. – M., 1981. – 140 p. (Rus)  
[http://www.cogeneration.com.ua/img/zstored/gost\\_16350-80.pdf](http://www.cogeneration.com.ua/img/zstored/gost_16350-80.pdf)
7. "Ecology and road transport: a tutorial" / Gutarevich Y. F., zerkalov D. V., Govorun A. G., et al. - Kyiv: Aristey, 2006. - 292 p. (Ukr)
8. Pokrovsky A. N. Operation of vehicles with petrol engines in conditions of low temperatures / Pokrovskiy A. N., Bukin, A. A., Gavrilov D. F. M.: Autotransmit, 1961. - 112 p. (Rus)
9. Semenov N. V. Operation of vehicles at low temperatures — M.: Transport, 1993. - 190 p. (Rus)  
<http://www.tnu.in.ua/study/refs/d196/file1484473.html>
10. Castiglione T. A Novel Cooling System Control Strategy for Internal Combustion Engines / T. Castiglione, F. Pizzonia, S. Bova // SAE Int. J. Mater. Manf. – 2016. – Vol. 9(2). – P. 294-302
11. Bielaczyc P. Cold Start Emissions of Spark-Ignition Engines at Low Ambient Temperatures as an Air Quality Risk / P. Bielaczyc, A. Szczotka, J. Woodburn // Archives of Environmental Protection. – 2014. – Vol. 40. – Pages 87–100
12. Matthew S. Reiter The problem of cold starts: A closer look at mobile source emissions levels / Matthew S. Reiter, Kara M. Kockelman // Transportation Research Part D: Transport and Environment – 2016. – Vol. 43. – P. 123-132  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2015.12.012>
13. Turevski I. S. maintenance vehicles. Book 2. Organization of storage, maintenance and repair of road transport: a tutorial. - Moscow: publishing house "FORUM": INFRA-M, 2008. - 256с. — (Professional education). (Rus)

## РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф. Дослідження паливної економічності та екологічних показників автомобіля ЗАЗ-1102 при роботі в режимі прогріву в дорожніх умовах / Ю.Ф. Гутаревич, Д.М. Трифонов, О.В. Сирота // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

У статті розглянуто питання, пов'язане з підвищенням ефективності згоряння паливоповітряної суміші в умовах низьких температур навколишнього середовища, застосуванням системи підігріву впускного повітря і забезпеченням стабілізації його температури.

Метою експериментальних досліджень є визначення впливу температури повітря на впуску на паливну економічність та емісію шкідливих речовин з ВГ двигуна автомобіля при його прогріву в дорожніх умовах.

Об'єктом експериментальних досліджень є автомобіль ЗАЗ-1102, на якому встановлено карбюраторний, чотиритактний, чотирициліндровий рядний двигун МеМЗ-245.

Для забезпечення підігріву повітря на впуску використовували тепловий акумулятор фазового переходу.

Метод дослідження – проведення експериментальних випробувань.

З метою зниження тривалості теплової підготовки двигуна з іскровим запалюванням до прийняття навантаження в період його прогріву, в умовах низьких температур, запропоновано

застосовувати підігрів повітря, яке надходить у двигун. Це дозволяє підвищити ефективність використання енергії палива, що спалюється й знизити емісію токсичних речовин у відпрацьованих газах при прогріві.

Результати статті можуть бути використані для подальших досліджень, пов'язаних із поліпшенням паливної економічності силових установок та підвищення їх екологічної безпеки в умовах низької температури навколишнього повітря.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ДОРОЖНІ УМОВИ, ПРОГРІВ ДВИГУНА, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ЕМІСІЯ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН.

#### **ABSTRACT**

Gutarevich Y.F., Trifonov D.M., Sirota A.V. A Study of fuel efficiency and environmental performance of the car ZAZ-1102 when working in warm-up mode on the road. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article considers the issue of improving the efficiency of combustion of the fuel / air mixture at low ambient temperatures, the use of heated inlet air and ensure the stabilization of its temperature.

The purpose of the experimental research is determination of influence of temperature of intake air on fuel efficiency and emissions of harmful substances from the EXHAUST gas of the car engine when it is warming up on the road.

The object of experimental research is the car ZAZ-1102, which has a carbureted, four-stroke, four-cylinder in-line engine MeMZ-245.

To provide heated intake air used heat accumulator phase transition.

Research method – experimental test.

With the aim of reducing the duration of thermal preparation of the engine with spark ignition to accept the load during its warm-up in low temperatures, it is proposed to use heated air entering the engine. This improves the energy efficiency of fuel combusted and reduce the emission of toxic substances in exhaust gases during warm-up.

The results of this paper can be used for further research related to the improvement of fuel efficiency of power plants and increasing their ecological safety in conditions of low ambient air temperature.

**KEY WORDS:** EXPERIMENTAL STUDY, ROAD CONDITIONS, WARMING UP OF THE ENGINE, FUEL EFFICIENCY, EMISSION OF HARMFUL SUBSTANCES.

#### **РЕФЕРАТ**

Гутаревич Ю.Ф. Исследование топливной экономичности и экологических показателей автомобиля ЗАЗ-1102 при работе в режиме прогрева в дорожных условиях / Ю.Ф. Гутаревич, Д.М. Трифонов, А.В. Сирота // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье рассмотрен вопрос, связанный с повышением эффективности сгорания топливовоздушной смеси в условиях низких температур окружающей среды, применением системы подогрева впускного воздуха и обеспечением стабилизации его температуры.

Целью экспериментальных исследований является определение влияния температуры воздуха на впуске на топливную экономичность и эмиссию вредных веществ с ОГ двигателя автомобиля при его прогреве в дорожных условиях.

Объектом экспериментальных исследований является автомобиль ЗАЗ-1102, на котором установлен карбюраторный, четырехтактный, четырехцилиндровый рядный двигатель MeMZ-245.

Для обеспечения подогрева воздуха на впуске использовали тепловой аккумулятор фазового перехода.

Метод исследования – проведение экспериментальных испытаний.

С целью снижения продолжительности тепловой подготовки двигателя с искровым зажиганием к принятию нагрузки в условиях низких температур, предложено применять подогрев воздуха, поступающего в двигатель. Это позволяет повысить эффективность использования энергии сжигаемого топлива и снизить эмиссию токсичных веществ в отработавших газах при прогреве.

Результаты статьи могут быть использованы для дальнейших исследований, связанных с улучшением топливной экономичности силовых установок и повышения их экологической безопасности в условиях низкой температуры окружающего воздуха.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ДОРОЖНЫЕ УСЛОВИЯ, ПРОГРЕВ ДВИГАТЕЛЯ, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ, ЭМИССИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ.

**АВТОРИ:**

Гутаревич Юрій Феодосійович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач 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, 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.

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.

**AUTHOR:**

Gutarevich Yuriy, doctor of technical Sciences, Professor, National Transport University, head of the Department "Engines engineering", e-mail: kafedradvzntu@gmail.com tel. 280 47 16, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorov St. 1, room 303a.

Trifonov Dmitrij, 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.

Syrota Alexander, candidate of 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.

**АВТОРЫ:**

Гутаревич Юрий Феодосиевич, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедрой «Двигатели и теплотехника», e-mail: kafedradvzntu@gmail.com тел. 280 47 16, Украина, 01010, г. Киев, ул., Суворова 1, к.303а.

Трифонов Дмитрий Николаевич, 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.

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.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

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

Назаренко І.І., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Машини і обладнання технологічних процесів» Київський національний університет будівництва і архітектури.

**REVIEWER:**

Sakhno V.P., Doctor of Technical Science, Professor, head of department of cars, National Transport University, Kyiv, Ukraine.

Nazarenko I. I., Doctor of Technical Science, head of the Department "Machines and equipment technological processes" Professor, Kyiv national University of construction and architecture, Kyiv, Ukraine