

ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Всеукраїнський науково-технічний журнал

1'2024

Видання засновано Національним технічним університетом
"Харківський Політехнічний Інститут" у 2002 році

Держвидання

Ідентифікатор медіа R30-01093, згідно з рішенням Національної ради України з питань телебачення
і радіомовлення від 11.04.2024 № 1174

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

Марченко А.П., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, *д.т.н., проф.*

Заступники головного редактора

Єпіфанов С.В., Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут» Україна, *д.т.н., проф.*

Парсаданов І.В., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, *д.т.н., проф.*

Відповідальний секретар

Рикова І.В., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, *к.т.н., с.н.с.*

Білогуб О.В., Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», Україна, *д.т.н., проф.*

Білоусов Є.В., Херсонська державна морська академія, Україна, *д.т.н., проф.*

Варбанець Р.А., Одеський Національний Морський Університет, Україна, *д.т.н., проф.*

Гричук І.В., Херсонська державна морська академія, Україна, *д.т.н., проф.*

Грицюк О.В., Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна, *д.т.н., проф.*

Гутаревич Ю.Ф., Національний транспортний університет, Україна, *д.т.н., проф.*

Клименко Л.П., Чорноморський національний університет, Україна, *д.т.н., проф.*

Коруба З., Кельцький технологічний університет, Польща, *д.н., проф.*

Кравченко С.О., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, *д.т.н., с.н.с.*

Мацек Я., Чеський технічний університет у Празі, Чехія, *д.н., проф.*

Пильов В.О., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, *д.т.н., проф.*

Полив'ячук А.П., Вінницький національний технічний університет, Україна, *д.т.н., проф.*

Радковський С., Варшавська політехніка, Польща, *д.н., проф.*

Самойленко Д., Варшавська політехніка, Польща, *д.н.*

Сенчіла В., Литовська морська академія, Литва, *д.н., проф.*

Тимошевський Б.Г., Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна, *д.т.н., проф.*

Ткач М.Р., Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна, *д.т.н., проф.*

Ткачук М.А., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, *д.т.н., проф.*

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ

61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2, НТУ «ХПІ», кафедра «Двигуни та гібридні енергетичні установки»

Тел. (057) 707-60-89, 707-68-48

Е-mail: rykova.inna@gmail.com

Офіційний сайт видання: <http://dvs.khpi.edu.ua/>

Двигуни внутрішнього згоряння // Науково-технічний журнал. Харків: НТУ «ХПІ». – 2024. – №1. – 85 с.

Всеукраїнський науково-технічний журнал з питань теорії і практики, моделювання та експериментальних досліджень робочих процесів, конструкцій, інноваційних технологій, виготовлення і експлуатації двигунів внутрішнього згоряння. Матеріали статей були рекомендовані Програмним комітетом ХХІХ Міжнародного конгресу двигунобудівників до відкритої публікації в журналі і прийняті редакційною колегією.

З квітня 2013 р. Всеукраїнський науково-технічний журнал «Двигуни внутрішнього згоряння» включений в довідник періодичних видань бази даних *Ulrich's Periodicals Directory* (New Jersey, USA), науково-метричні системи *Google Scholar*; *WorldCat*; *DOAJ*; *DRIVER*; *BASE*, *BIHITI*. Журнал пройшов планування та згідно з наказом МОН України № 409 від 17.03.2020 включений до списку друкованих періодичних видань, які входять до Переліку наукових фахових видань України та присвоєна категорія «Б».

Видається за рішенням Вченої ради НТУ «ХПІ» протокол № 6 від 05.07.2024 р.

© Національний технічний університет "Харківський Політехнічний Інститут", 2024.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ДВИГУНОБУДУВАННЯ

A.P. Marchenko, I.V. Parsadanov

Criteria for assessing the effectiveness of transport power plants decarbonisation in accordance with implementation of the sustainable development concept. 3

КОНСТРУКЦІЯ ДВЗ

О.В. Білогуб

Профілювання поверхні пальцевого отвору в бобищі поршня. 12

О.Ю. Лінков, В.В. Пильов, А.П. Марченко, С.А. Кравченко, Г.В. Малишев, О.М. Клименко

Аналіз причин руйнування головки циліндра двигуна внутрішнього згоряння. 16

А. П. Марченко, В. В. Пильов

Проблематика забезпечення надійності бічної поверхні поршнів форсованих ДВЗ. 23

РОБОЧІ ПРОЦЕСИ ДВЗ

Ю.Ф. Гутаревич, М.Д. Гора

Вплив добавки закису азоту до повітряного заряду на показники двигуна з іскровим запалюванням за роботи з повним навантаженням. 34

Є.В. Білоусов, А.П. Марченко, В.П. Савчук, Т.П. Білоусова

Використання метанолу у якості моторного палива для суднових двигунів внутрішнього згоряння. 43

А.П. Марченко, М.Т. Міщенко

Дослідження параметрів згоряння бензину з добавкою водню в двигуні з іскровим запалюванням на режимах зовнішньої швидкісної характеристики. 52

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ДВЗ

С.С. Кравченко, Б.С. Чучуменко, Д.С. Таланін

Аналіз типів силових установок транспортних засобів: переваги та недоліки 61

ВИПРОБУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ДВЗ

Р.А. Варбанець, Д.С. Мінчев, Ю.М. Кучеренко, В.І. Залож

Параметрична діагностика суднових дизельних двигунів в режимі реального часу. 69

О. М. Kondratenko, К. R. Umerenkova, А. М. Lievtierov, О. P. Strokov, V. Yu. Koloskov, О. О. Lytvynenko

Ensuring ecological and fire safety during the operation of motor vehicles with piston pneumatic and cryo engines which using the nitrogen as working body. 76

O. M. Kondratenko, K. R. Umerenkova, A. M. Lievtierov, O. P. Stokov, V. Yu. Koloskov, O. O. Lytvynenko

ENSURING ECOLOGICAL AND FIRE SAFETY DURING THE OPERATION OF MOTOR VEHICLES WITH PISTON PNEUMATIC AND CRYO ENGINES WHICH USING THE NITROGEN AS WORKING BODY

In the study, the purpose of which is to improve the mathematical apparatus based on the modified thermodynamic theory of disturbances for describing the thermophysical characteristics of nitrogen in the gaseous and liquid states as the working fluid of fire-safe and environmentally safe motor vehicles with piston pneumatic or cryoengines, a mathematical model was suggested to describe for describing the thermodynamic properties of gaseous and liquid of nitrogen, which is intended for the development of a new type of fire-safe and environmentally efficient vehicle with a piston pneumo- or cryoengine and its application is illustrated. The object of the study is the thermophysical characteristics of nitrogen in a liquid or gaseous aggregate state, as a working fluid of fire-safe and eco-safe motor vehicles with a piston pneumatic or cryoengine. The subject of the research is a mathematical apparatus based on the modified perturbation theory for describing the thermophysical characteristics of nitrogen in gaseous and liquid states. The scientific novelty of the research results is that a mathematical apparatus based on a modified thermodynamic theory of disturbances has been improved for a comprehensive description of all thermophysical characteristics of nitrogen, which is in both liquid and gaseous aggregate state, in terms of reducing calculation time and reducing the error of obtaining thermophysical characteristics compared to reference and experimental data. The practical significance of the research results is that the improved mathematical apparatus is marketable for providing accurate information to the composition of the initial data set in studies on the use of nitrogen in various aggregate states as the working fluid of fire-safe and eco-safe motor vehicles with a piston pneumatic or cryoengine.

Key words: *thermophysical properties; nitrogen; phase diagram; mathematical model; environmental protection technologies; environmental safety; power plants; piston engines; pneumatic engine; cryoengine.*

Relevance of the study

In previous studies, the authors improved the thermodynamic theory of disturbances and applied a mathematical model based on it to describe the thermodynamic characteristics of traditional (petroleum origin) and alternative types of motor fuel, including biodiesel and hydrogen, in different aggregate states – liquid and gaseous [1–7].

The description of the thermodynamic parameters of nitrogen as a working fluid of piston-type pneumatic and cryoengines for motor vehicles in the first approximation was carried out in the article [8].

In addition, the research of the author's team on the applicability of alternative fuels (AF) at power plants (PP) with a reciprocating internal combustion engine (RICE) and related aspects of ecological safety (ES) is presented in [9,10]. It is possible to overcome the residual ES factors, in particular, the emission of legislative regulated pollutants in the flow of exhaust gases (EG) of RICE, by to the using the appropriate executive devices of environmental protection technologies (EPT), such as particulate matter filters (DPF) [11]. The effectiveness of the application of such measures to ensure the legislative established level of ES indicators of the exploitation of such PP can be complexly assessed using the developed index of the DPF effectiveness [12]. At the same time, it is equally important to ensure the disposal of solid and liquid combustible waste [13], and solid waste from the burn-

ing of fossil fuels – coal, masute [14], as well as from the burning of waste of biological origin [15].

In the modern world, there are several ecological problems, the primary sources of which are PP with RICE, among which, given the trends in the development of the energy market, the depletion of natural resources – raw materials for the production of motor fuels – is of particular importance [1,3,4]. This problem leads to the active development of alternative energy, including the production of alternative types of motor fuel [1,2], which entails a whole set of related problems of the scientific and technical plan, in particular regarding the criteria-based assessment of the fuel and ecological efficiency of such conversion [9,10], adaptation of the diesel engine to convert it to consumption of alternative or mixed motor fuel and research of the performance of the diesel engine on such fuels [11,12], etc. A separate independent direction of research and an integral component of the mentioned research works is the determination of the properties of various types of motor fuels, in particular thermophysical ones [1,2]. The results of determining such characteristics are also suitable for use in research on providing ecological, fire, and explosion safety in the processes of processing raw materials into motor fuel and its storage [13–15]. This direction of research makes it possible to postpone the transition planned in the countries of the European Union to the complete replacement of the PP with RICE by motor vehicles with a

hybrid engine drive or electric vehicles [9].

In view of the above considerations, we can draw an unequivocal conclusion that the chosen topic of research, the results of which are presented in the article, is relevant, especially from the perspective of solving the problems of the post-war economics reconstructing of our country.

These studies will be especially useful for ensuring the operation of firefighting equipment units and emergency rescue vehicles with RICE of units of the State Emergency Service of Ukraine both during times of armed aggression and during the post-war reconstruction of the economics and infrastructure of our country, which additionally characterizes the relevance of the study.

The purpose of the study is to improve the mathematical apparatus based on the modified thermodynamic theory of disturbances to describe the thermophysical characteristics of nitrogen in gaseous and liquid states as the working fluid of fire-safe and eco-safe motor vehicles with a piston pneumatic or cryoengine.

The object of the study is the thermophysical characteristics of nitrogen, which is in a liquid or gaseous aggregate state, as a working fluid of fire-safe and eco-safe motor vehicles with a piston pneumatic or cryoengine.

The subject of the study is a mathematical apparatus based on the modified perturbation theory for describing the thermophysical characteristics of nitrogen in gaseous and liquid states.

Research methods. Analysis of scientific and technical, reference, normative, patent literature, modified scheme of thermodynamic disturbance theory, analysis of experimental data, method of least squares.

The objectives of the study are as follows:

1. Analysis of literary sources by research topic.
2. Improvement of the mathematical apparatus of the modified thermodynamic perturbation theory for the case and adjustment of its parameters for the case of nitrogen.
3. Obtaining the results of calculating the thermodynamic characteristics of nitrogen, their illustration and analysis.

This study was carried out as part of the implementation of the Scientific research work «Development of a methodology for complex assessment of the impact of exploitation and use of special equipment on the environment in conditions of military aggression» (State registration № 0124U000374, 01.2024–12.2026).

Analysis of researches and publications

The need to optimize the PP and energy recovery in the vehicle has been due for a long time, but in many

ways it was limited on the one hand by the inertia of vehicle manufacturers, and on the other – by the insufficient technological level of development of environmentally friendly, fire-safe and sufficiently capacious energy accumulators and recuperators. However, to date, a number of environmentally friendly and fire-safe engines have been developed [1,8,16,17], the design of which is constantly being improved.

Air or nitrogen is used as the working fluid in such engines. In [18] it is shown that the development of pneumatic and cryotransport is promising, technically feasible and economically justified.

When considering the problems associated with the creation and application of such PP in transport, it is necessary to have reliable data on the thermodynamic characteristics of the working fluid in liquid and gaseous states.

Works [19,20] provide an overview of existing modelling methods for calculating thermodynamic properties of substances. It is shown that these methods of calculations provided acceptable results for certain thermodynamic characteristics in limited regions of states, however, in general, they turned out to be unsatisfactory, since for a set of properties, the errors of their description significantly exceeded the experimental errors.

Reference materials that reflect some of the thermodynamic characteristics of nitrogen known from experiments and used in the mathematical model improved in this study are given in sources [21–23].

Research on the features of the design and working process of cryogenic piston engines with nitrogen as a working medium are relevant [24], pneumatic piston engines are considered as promising sources of mechanical energy in buses [25], in some PP nitrogen as a working medium is exclusively in a liquid state [26], therefore, the prospects of cryogenic piston engines are currently quite defined [27], while important issues are the flow of phase transformations of cryogenic nitrogen [28], which is an integral part of engine systems for thermal energy storage [29], including turbine units [30] and piston engines [31] on cryogenic nitrogen, as well as pneumatic piston engines [32], including hybrid PP based on diesel RICE [33] and with EG recirculation [34], or Stirling engine [35], with systems of direct injection of the working medium [36], in particular cryogenic refrigerant [37], and injection of nitrogen into water under normal [38] and supercritical pressure [39] in such PP with evaluation of thermal effects [40].

Statement of the problem and its solution

This state of the problem necessitated the development of modern statistical-mechanical methods for

describing the properties of molecular substances that use a minimum of initial data and parameters. The research is devoted to the application of the original modified scheme of the thermodynamic perturbation theory (TPT) [20] to describe the properties of nitrogen, in particular the isobaric heat capacity.

The free energy $F = N \cdot f$ of a system of N particles interacting with the help of the initial potential $u(r)$ at temperature T and particle number density $\rho = N / V$ has the form

$$\beta \cdot f = \beta \cdot f_0 + \rho^* \cdot (I_1 + I_2 / T^*) / T^* + \dots, \quad (1)$$

where $\beta = 1 / (k \cdot T)$; $\rho^* = \rho \cdot \sigma^3$ – dimensionless (reduced) density; I_1 and I_2 – group integrals of the TPT of the 1st and 2nd orders, respectively; k – Boltzmann's constant. The value f_0 represents the specific (per particle) free energy of the TC system:

$$\beta \cdot f_0 = \psi(T^*) + \ln \rho^* + \eta \cdot (4 - 3 \cdot \eta) / (1 - \eta)^2, \quad (2)$$

where $\psi(T^*)$ – temperature function in the ideal gas part f_0 ; $\eta = (\pi / 6) \cdot \rho_0^*$; $\rho_0^* = \rho \cdot d^3 = \xi^3 \cdot \rho^*$, d – TC diameter.

The advantages of the TPT scheme are, in particular, the rapid convergence of series of type (1) and the significant simplification of calculations.

The thermodynamic properties of nitrogen are obtained on the basis of the free energy surfaces $f(T, V)$ or $F(T, \rho)$ calculated according to (1) using standard thermodynamic ratios. The initial stage of calculating the properties of substances is the determination of their density D . For the two-phase region, the density of the liquid D_L and vapor D_V phases of substances on the saturation line is determined from the conditions of equality of pressures and chemical potentials of the phases:

$$\begin{cases} p(D_L, T) - p(D_V, T) = 0; \\ \mu(D_L, T) - \mu(D_V, T) = 0, \end{cases} \quad (3)$$

and the substance density $D(p, T)$ [in kg/m³] in the single-phase region in the thermodynamic state p [in MPa] and T [in K] is from the equation

$$p(D, T) - p = 0. \quad (4)$$

We will give expressions for the main properties.

Pressure $p = \tilde{P} T^* \rho^*$.

Compressibility factor $z = 10^3 p / RTD$

$$z = 1 + 2\eta \frac{2 - \eta}{(1 - \eta)^3} + \chi_1 [i + 1]. \quad (5)$$

Free energy $F = RT(\beta f)$

$$\beta f = \beta h_0 - s_0 - 1 - \ln z_N + \eta \frac{4 - 3\eta}{(1 - \eta)^2} + \chi_1 [1] + \chi_2 [1]. \quad (6)$$

Gibbs energy $G = RT(\beta \mu)$ ($\mu = f + z/\beta$ – chemical potential)

$$\beta \mu = \beta h_0 - s_0 - \ln z_N + \eta \frac{8 - 9\eta + 3\eta^2}{(1 - \eta)^3} + \quad (7)$$

$$+ \chi_1 [i + 2] + \chi_2 [1].$$

Isochoric heat capacity $C_v = R c_v$

$$c_v = c_{p_0} - 1 - \chi_1 [k(k + 1)] - \chi_2 [j(j + 1)] \quad (8)$$

Isobar heat capacity $C_p = R c_p$

$$c_p = c_v + \rho^* T^* \beta_T^* \left\{ \begin{array}{l} 1 + 2\eta \frac{2 - \eta}{(1 - \eta)^2} - \\ - \chi_1 [(i + 1)k] \end{array} \right\}^2. \quad (9)$$

Here $\eta = 0,4177 \rho^*$, $\rho^* = D / \tilde{D}$, $T^* = T / E$, $p^* = p / \tilde{P}$, $\tilde{D} = M / (N_A \sigma^3)$, $E = \varepsilon / k$, $\tilde{P} = RE\tilde{D}$, $\beta_T^* = \tilde{m} \cdot \beta_T$ – given coefficient of isothermal compression [20]. The values are expressed in the following units: gas constant R – kJ/(kg·K); pressure p , parameter \tilde{P} – in MPa; D – in kg/m³; T , E – in K; β_T – in 1/MPa; F , G – in kJ/kg; C_p , C_v – in kJ/(kg·K). For nitrogen $E = 97,55$ K, $\sigma = 3,5996 \cdot 10^{-10}$ m [21], $\tilde{D} = 997,38$ kg/m³, $\tilde{P} = 8,877$ MPa, $R = 0,2968$ kJ/(kg·K).

In expressions (5)–(9) $z_N = 10^3 p_{st} / RTD$ is the normalization function for the standard pressure $p_{st} = 0,101325$ MPa, and the values h_0, c_{p_0}, s_0 are the specific (per molecule) enthalpy, isobaric heat capacity, and entropy in the ideal gas state.

The Passat–Danner expressions were used for the determination of h_0, c_{p_0}, s_0 :

$$\begin{cases} \beta h_0 = 4,1868 \left(\frac{A + Bt + Ct^2 +}{+ Dt^3 + Et^4 + Ft^5} \right) / RT + \beta h_0^0, \\ s_0 = 4,1868 \left(\frac{B \ln t + 2Ct + 3Dt^2/2 +}{+ 4Et^3/3 + 5Ft^4/4 + G} \right) / R + s_0^0, \\ c_{p_0} = 4,1868 (B + 2Ct + 3Dt^2 + 4Et^3 + 5Ft^4) / R, \end{cases}$$

where $t = 1,8T^*$, reference constants $h_0^0 = s_0^0 = 0$, and the used references, parameters and limits of applicability are given in the paper [22]. Expressions (5)–(9) for the main thermodynamic characteristics are easily translated into computer language and do not contain fitting parameters or empirical correlations. Calculations of thermodynamic properties (isobaric heat capacity) were performed on the basis of these expressions along the liquid–vapor equilibrium lines from the triple point to the critical point and are presented in Fig. 1. It can be seen that the ideal gas approximation for heat capacity is rough and does not describe the observed temperature dependences.

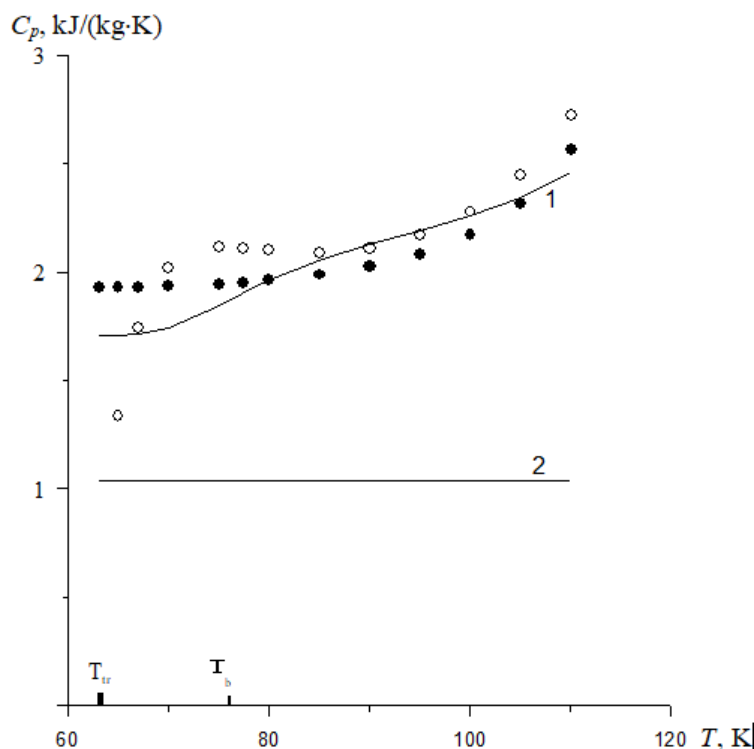


Fig. 1. Thermal capacity of average nitrogen C_p on the line of equal nitrogen-vapor: 1 – development according to the MTD scheme; 2 – ideal gas ($C_p = 1.0388 \text{ kJ/(kg K)}$); ● [22] and ○ [23] – experimental data

Conclusions

The analysis of the obtained results shows the possibility of successful application of strict statistical-mechanical methods to describe the properties of molecular systems in different phase states. The proposed calculation method makes it possible to obtain thermodynamic characteristics of liquid and gaseous nitrogen, which are used for the development of promising types of fire-safe and environmentally friendly engines for vehicles.

Scientific novelty of the results of the study.

The mathematical apparatus based on the modified thermodynamic theory of disturbances for the comprehensive description of all thermophysical characteristics of nitrogen, which is in both liquid and gaseous state, has been improved, in terms of reducing the calculation time and reducing the error of obtaining thermophysical characteristics compared to reference and experimental data.

Practical significance of results of the study.

The improved mathematical apparatus is suitable for providing accurate information to the composition of the initial data set in research on the use of nitrogen in various aggregate states as a working fluid of fire-safe and eco-safe motor vehicles with a piston pneumatic or cryoengine.

Anknoignments

This study was carried out as part of the scientific and research work of the Department of Applied Mechanics and Environmental Protection Technologies (now Environmental Protection Technologies) of the Faculty of Technogenic and Ecological Safety (now Management and Population Protection) of the National University of Civil Protection of Ukraine of State Emergency Service of Ukraine «Development of a methodology for complex assessment of the impact of exploitation and application of special equipment on the environment in conditions of military aggression» (State Registration № 0124U000374, 01.2024–12.2026). At the same time, materials from the VCU library system were used, including electronic versions of journals and other materials, databases, interlibrary subscription as part of participation in Non-Resident Academic Associates program co-sponsored by the College of Humanities and Sciences at Virginia Commonwealth University (VCU) and the Davis Center for Eurasian Studies at Harvard University in 2024–2025 academic year.

Bibliography:

1. Умеренкова К.Р. Перспективи використання альтернативних палив і методика визначення їх теплофізичних характеристик: монографія / К.Р. Умеренкова, В.Г. Бо-

- рисенко. – Х.: НУЦЗУ, 2022. – 92 с. 2. Umerenkova K. Determination of Thermophysical Properties of Alternative Motor Fuels as an Environmental Aspect of Internal Combustion Engines / K. Umerenkova, V. Borysenko, O. Kondratenko, A. Lievtierov // *Engineering Innovations*. – 2023. – Vol. 7, pp. 51–59. – DOI: <https://doi.org/10.4028/p-4VM7ff>. 3. Кондратенко О.М. Удосконалення математичного описання теплофізичних властивостей альтернативних моторних палив на основі модифікованої термодинамічної теорії збурень. Частина 1 / О.М. Кондратенко, К.Р. Умеренкова, А.М. Левтеров, О.П. Строков, В.Ю. Колосков // *Двигуни внутрішнього згоряння*. – 2023. – № 1. – pp. 25–32. – DOI: 10.20998/0419-8719.2023.1.04. 4. Кондратенко О.М. Удосконалення математичного описання теплофізичних властивостей альтернативних моторних палив на основі модифікованої термодинамічної теорії збурень. Частина 2 / О.М. Кондратенко, К.Р. Умеренкова, А.М. Левтеров, О.П. Строков, В.Ю. Колосков // *Двигуни внутрішнього згоряння*. – Х.: НТУ «ХПІ», 2023. – № 2. – pp. 54–63. – DOI: 10.20998/0419-8719.2022.2.07. 5. Development and generalization of the method for calculating thermodynamic properties and phase equilibrium in hydrocarbon mixtures as fuels for reciprocating ICE with the purpose of their ecologization / O.M. Kondratenko, K.R. Umerenkova, V.Yu. Koloskov, H.M. Koloskova, O.P. Strokov, O.O. Lytvynenko // *Technogenic and ecological safety*. – 2023. – 14(2/2023). – pp. 3–15. – DOI: 10.52363/2522-1892.2023.2.1. 6. Umerenkova K. Study of the role of alternative fuels in the energy balance of Ukraine and the countries of the European Union during armed aggression and in the post-war reconstruction of the country's economy and infrastructure / K. Umerenkova, V. Borysenko, O. Kondratenko, V. Koloskov, O. Strokov, O. Lytvynenko // *Technogenic and ecological safety*. – 2024. – № 15(1/2024). – pp. 45–69. – doi: 10.52363/2522-1892.2024.1.3. 7. Umerenkova K. Using of Hydrogen Sorbtion Storing Technology based on Metal Hydrides for Cooling of High-Power Electric Generators with Steam Turbines / K. Umerenkova, O. Kondratenko, H. Koloskova, O. Lytvynenko, V. Borysenko // *Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 16 травня 2024 р., НУЦЗУ, Харків, 2024*. – pp. 345–346. 8. Умеренкова К.Р. Вычисление теплоемкости азота, используемого на пожаробезопасном транспорте / К.Р. Умеренкова // *Проблеми пожежної безпеки*. – 2012. – № 31. – С. 216–221. 9. Kondratenko O. Criteria based assessment of efficiency of conversion of reciprocating ICE of hybrid vehicle on consumption of biofuels / O. Kondratenko, V. Koloskov, S. Kovalenko, Y. Derkach, O. Strokov // 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2020. 05–10 October 2020. – Conference Proceedings, 2020. Kharkiv, Ukraine. – Pp. 177–182. – DOI: 10.1109/KhPIWeek.2020.9250118. 10. Kondratenko O. Criteria based assessment of the level of ecological safety of exploitation of electric generating power plant that consumes biofuels / O. Kondratenko, I. Mishchenko, G. Chernobay, Yu. Derkach, Ya. Suchikova // 2018 IEEE 3rd International International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS-2018): Book of Papers. 10–14 September, 2018. Kharkiv, Ukraine. pp. 57-1–57-6. – DOI: 10.1109/IEPS.2018.8559570. 11. Kondratenko O.M. The place of DPF with a liquid working body in the classification of atmospheric air protection technologies from the complex negative influence of power plants with reciprocating ICE / O.M. Kondratenko, V.A. Krasnov, V.M. Semykin // *Technogenic and ecological safety*. – 2023. – 14(2/2023). – С. 67–91. – DOI: 10.52363/2522-1892.2023.2.8. 12. Kondratenko O. Development and Use of the Index of Particulate Matter Filter Efficiency in Environmental Protection Technology for Diesel-Generator with Consumption of Biofuels / O. Kondratenko, V. Andronov, V. Koloskov, O. Strokov // 2021 IEEE KhPI Week on Advanced Technology: Conference Proceedings (13–17 September 2021, NTU «KhPI», Kharkiv). – 2021. – pp. 239–244. – DOI: 10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570034. 13. Kondratenko O. Research of Technical and Economic Properties of Material of Porous Fuel Briquettes from the Solid Combustible Waste Impregnated with Liquid Combustible Waste / O. Kondratenko, V. Koloskov, S. Kovalenko, Y. Derkach // *Materials Science Forum*. – 2021. – № 1038. – pp. 303–314. – DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1038>. 14. Kondratenko O. Research of Properties and Rational Composition of Ecosafe Building Materials with Ash-and-Slag Waste from Masute Fuel And Coal Combustion / O. Kondratenko, V. Koloskov, H. Koloskova, V. Babakin // *Key Engineering Materials*. – 2023. – Vol. 935, pp. 85–97. – DOI: 10.4028/p-RwzP9p. 15. Зольне гранулювання насіння у пакуванні насіння з використанням небезпечних відходів тваринництва / В.Ю. Колосков, Г.М. Колоскова, О.М. Кондратенко, С.В. Стороженко // *Technogenic and ecological safety*. – 2022. – № 12(2/2022). – С. 65–71. – DOI: 10.52363/2522-1892.2022.2.8. 16. Plummer M.C. Cryogenic heat engine experiment / M.C. Plummer, C.P. Koehler, D.R. Flanders // *Proc. of 1997 Cryogenic Eng. Conf., Portland, July 1997, USA*. – P. 7. 17. Туренко А.Н. Экологически чистый криогенный транспорт: современное состояние проблемы / А.Н. Туренко, А.И. Пятак, И.Н. Кудрявцев // *Вестн. Харьк. автомоб.-дорожн. техн. ун-та*. – 2000. – Вып. 12–13. – С. 42–47. 18. Бондаренко С.И. Новый вид пожаробезопасного и экологически чистого транспортного средства для аэропортов / С.И. Бондаренко, И.Н. Кудрявцев, А.И. Пятак, И.И. Тимченко // III Международная научно-техн. конф. АВИА-2001, Украина, Киев, 24–26 апреля, 2001. – С. 176–180. 19. Маринин В.С. Теплофизика альтернативных энергоносителей / В.С. Маринин. – Х.: Форм. – 1999. – 212 с. 20. Маринин В.С. О возможной модификации метода теории возмущений в статистической физике жидкостей / В.С. Маринин, В.В. Пашков // *Укр. физ. журн.* – 1976. – Т.21. – №10. – С. 1695–1700. 21. Гуревич Г.Р. Справочное пособие по расчету фазового состояния и свойств газоконденсатных смесей / Г.Р. Гуревич, А.И. Брусилковский. – М.: Недра, 1984. – 264 с. 22. Сычев В.В. Термодинамические свойства азота / В.В. Сычев, А.А. Вассерман, А.Д.Козлов. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 352 с. 23. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н.Б. Варгафтик. – М.: Наука, 1972. – 720 с. 24. Ordonez C.A. Liquid nitrogen fueled, closed Brayton cycle cryogenic heat engine / C.A. Ordonez // *Energy Conversion and Management*. – 2000. – Volume 41. – Issue 4. – pp. 331–341, – [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(99\)00117-X](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(99)00117-X). 25. Karaca A.E. Development and analysis of new pneumatic based powering options for transit buses: A comparative assessment / A.E. Karaca, I. Dincer, M. Nitefor // *Energy Conversion and Management*. – 2022. – Volume 256. – 115399. – <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115399>. 26. Christodoulou F. Performance of a novel liquid nitrogen power system / F. Christodoulou, V. Sechenyh, H. Zhao, C.P. Garner, H. Clarke // *Applied Thermal Engineering*. – 2021. – Volume 191. – 116896, – <https://doi.org/10.1016/>

- j.applthermaleng*.2021. 116896. 27. Palerm S. The future of cryogenic propulsion / S. Palerm, C. Bonhomme, Y. Guelou, J.N. Chopinet, P. Danous // *Acta Astronautica*. – 2015. – Vol. 112. – pp. 166–173. – <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2015.02.015>. 28. Gärtner J.W. Numerical and experimental analysis of flashing cryogenic nitrogen / J.W. Gärtner, A. Kronenburg, A. Rees, J. Sender, M. Oswald, G. Lamanna // *International Journal of Multiphase Flow*. – 2020. – Vol. 130. – 103360. – <https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2020.103360>. 29. Moore J. Chapter 6 – Heat engine-based storage systems, Thermal, Mechanical, and Hybrid Chemical Energy Storage Systems / J. Moore, N.R. Smith, G. Brett, J. Kerth, R. Kurz, S. Freund, M. Abarr, J. Goldmeier, E. Jacquemoud, C.N. Markides, K. Wygant, M. Simpson, R. Riley, S. Hume, J.D. McTigue. – Academic Press, 2021. – pp. 293–450. – <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819892-6.00006-X>. 30. Wang K. Experimental study of cryogenic liquid turbine expander with closed-loop liquefied nitrogen system / K. Wang, J. Sun, P. Song // *Cryogenics*. – 2015. – Volume 67. – pp. 4–14. – <https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2015.01.004>. 31. Korbut M. Modelling of piston pneumatic engine operation using the lumped method / M. Korbut, D. Szpica, M.R.O. Parão // *Energy Conversion and Management*. – 2024. – Vol. 306. – 118310. – <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118310>. 32. Fang Y. Experimental study of a pneumatic engine with heat supply to improve the overall performance / Y. Fang, Y. Lu, X. Yu, A.P. Roskilly // *Applied Thermal Engineering*. – 2018. – Vol. 134 – pp. 78–85. – <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.01.113>. 33. Basbous T. A new hybrid pneumatic combustion engine to improve fuel consumption of wind–Diesel power system for non-interconnected areas / T. Basbous, R. Younes, A. Ilinca, J. Perron // *Applied Energy*. – 2012. – Vol. 96. – pp. 459–476. – <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.03.005>. 34. Huang K.D. Hybrid pneumatic-power system which recycles exhaust gas of an internal-combustion engine / K.D. Huang, Sh-Ch. Tzeng, W-P. Ma, W-Ch.Chang // *Applied Energy*. – 2005. – Vol. 82. – Issue 2. – pp. 117–132. – <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2004.10.006>. 35. Stanek W. Thermo-ecological assessment of Stirling engine with regenerator fed with cryogenic exergy of liquid natural gas (LNG) / W. Stanek, T. Simla, B. Rutczyk, A. Kabaj, Z. Bułiński, I. Szczygieł, L. Czarnowska, T. Krysiński, P. Gładysz // *Energy*. – 2019. – Vol. 185. – pp. 1045–1053. – <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.07.116>. 36. Mutumba A. Design and development of a direct injection system for cryogenic engines / A. Mutumba, K. Cheeseman, H. Clarke, D. Wen // *Cryogenics*. – 2018. – Vol. 91. – pp. 77–86. – <https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2017.12.009>. 37. Li Y. Fundamentals and applications of cryogen as a thermal energy carrier: A critical assessment / Y. Li, H. Chen, Y. Ding // *International Journal of Thermal Sciences*. – 2010. – Vol. 49. – Issue 6. – pp. 941–949. – <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2009.12.012>. 38. Clarke H. Experimental study of jet structure and pressurisation upon liquid nitrogen injection into water / H. Clarke, A. Martinez-Herasme, R. Crookes, D.S. Wen // *International Journal of Multiphase Flow*. – 2010. – Vol. 36. – Issues 11–12. – pp. 940–949. – <https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2010.07.005>. 39. Kim T. Numerical study of cryogenic liquid nitrogen jets at supercritical pressures / T. Kim, Y. Kim, S-K. Kim // *The Journal of Supercritical Fluids*. – 2011. – Vol. 56. – Issue 2. – pp. 152–163. – <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2010.12.008>. 40. Wen D.S. Liquid nitrogen injection into water: Pressure build-up and heat transfer / D.S. Wen, H.S. Chen, Y.L. Ding, P. Dearman // *Cryogenics*. – 2006. – Vol. 46. – Issue 10. – pp. 740–748. – <https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2006.06.007>.

Bibliography (transliterated):

1. Umerenkova, K.R., Borysenko, V.G. (2022). *Prospects for the use of alternative fuels and methods of determining their thermophysical characteristics: monograph [Perspektyvy vykorystannia alternatyvnykh palyv i metodyka vyznachennia yikh teplofizychnykh kharakterystyk: monohrafiia]*. Kharkiv, NUCDU, 92 p. 2. Umerenkova K., Borysenko V., Kondratenko O., Lievtierov A. (2023) «Determination of Thermophysical Properties of Alternative Motor Fuels as an Environmental Aspect of Internal Combustion Engines». *Engineering Innovations*. Vol. 7, pp. 51–59. <https://doi.org/10.4028/p-4VM7ff>.
3. Kondratenko O.M., Umerenkova K.R., Lievtierov A.M., Strokov O.P., Koloskov V.Yu (2023) «Improvement of the mathematical description of the thermophysical properties of alternative motor fuels based on the modified thermodynamic theory of disturbances. Part 1» [Udoskonalennia matematychnoho opysannia teplofizychnykh vlastyvoستي alternatyvnykh motornykh palyv na osnovi modyfikovanoi termodynamichnoi teorii zburen. Chastyna 1]. *Internal Combustion Engines*. № 1. pp. 25–32. <https://doi.org/10.20998/0419-8719.2023.1.04>.
4. Kondratenko O.M., Umerenkova K.R., Lievtierov A.M., Strokov O.P., Koloskov V.Yu (2023) «Improvement of the mathematical description of the thermophysical properties of alternative motor fuels based on the modified thermodynamic theory of disturbances. Part 2» [Udoskonalennia matematychnoho opysannia teplofizychnykh vlastyvoستي alternatyvnykh motornykh palyv na osnovi modyfikovanoi termodynamichnoi teorii zburen. Chastyna 2]. *Internal Combustion Engines*. № 2. pp. 54–63. <https://doi.org/10.20998/0419-8719.2022.2.07>.
5. Kondratenko O.M., Umerenkova K.R., Koloskov V.Yu, Koloskova H.M., Strokov O.P., Lytvynenko O.O. (2023) «Development and generalization of the method for calculating thermodynamic properties and phase equilibrium in hydrocarbon mixtures as fuels for reciprocating ICE with the purpose of their ecologization». *Technogenic and ecological safety*. 14(2/2023). pp. 3–15. <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2023.2.1>.
6. Umerenkova K., Borysenko V., Kondratenko O., Koloskov V., Strokov O., Lytvynenko O. (2024) «Study of the role of alternative fuels in the energy balance of Ukraine and the countries of the European Union during armed aggression and in the post-war reconstruction of the country's economy and infrastructure». *Technogenic and ecological safety*, 15(1/2024), pp. 45–69. doi: 10.52363/2522-1892.2024.1.3.
7. Umerenkova K., Kondratenko O., Koloskova H., Lytvynenko O., Borysenko V. (2024) «Using of Hydrogen Sorbtion Storing Technology based on Metal Hydrides for Cooling of High-Power Electric Generators with Steam Turbines», *Problems of Emergency Situations: Materials of the International Scientific and Practical Conference*, 16 May 2024, NUCDU, Kharkiv. pp. 345–346.
8. Umerenkova K. (2012) «Calculation of the heat capacity of nitrogen used in fireproof transport» [Vychyslenye teploemkosty azota, yspolzuemoho na požarobezopasnom transporte]. *Problems of Fire Safety*. № 31. pp. 216–221.
9. Kondratenko, O., Mishchenko, I., Chernobay, G., Derkach, Yu., Suchikova, Ya. (2018), «Criteria based assessment of the level of ecological safety of exploitation of electric generating power plant that consumes biofuels», 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS–2018) (10–14 September 2018): *Book of Papers*, Publ. NTU «KhPI», Kharkiv, pp. 185–189, DOI: 10.1109/IEPS.2018.8559570.
10. Kondratenko, O., Koloskov, V., Strokov O., Kovalenko, S., Derkach, Yu. (2020), «Criteria based assessment of efficiency of conversion of reciprocating ICE of hybrid vehicle on consumption of biofuels», 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (05 – 10 October 2020): *Conference Proceedings*, Publ. NTU «KhPI», Kharkiv, pp. 177–182, DOI: 10.1109/KhPI Week 51551.2020.9250118.
11. Kondratenko O.M. Krasnov V.A., Semykin V.M. (2023) «The place of DPF with a liquid working body in the

- classification of atmospheric air protection technologies from the complex negative influence of power plants with reciprocation ICE». *Technogenic and ecological safety*. № 14(2/2023). pp. 67–91. DOI: 10.52363/2522-1892.2023.2.8. 12. Kondratenko, O., Andronov, V., Koloskov, V., Stokov, O. (2021), «Development and Use of the Index of Particulate Matter Filter Efficiency in Environmental Protection Technology for Diesel-Generator with Consumption of Biofuels», 2021 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (13–17 September 2021): Conference Proceedings, Publ. NTU «KhPI», Kharkiv, 2021, pp. 239–244, DOI: 10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570034. 13. Kondratenko O., Koloskov V., Kovalenko S., Derkach Y. (2021) «Research of Technical and Economic Properties of Material of Porous Fuel Briquettes from the Solid Combustible Waste Impregnated with Liquid Combustible Waste». *Materials Science Forum*, № 1038, pp. 303–314. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1038.303>. 14. Kondratenko O., Koloskov V., Koloskova H., Babakin V. (2023) «Research of Properties and Rational Composition of Ecosafe Building Materials with Ash-and-Slag Waste from Masute Fuel And Coal Combustion». *Key Engineering Materials*. Vol. 935, pp. 85–97. DOI: 10.4028/p-Rwz:P9p. 15. Koloskov V., Koloskova H., Kondratenko O., Storozhenko Ye. (2022) «Ash granulation of seeds in seed packaging using hazardous livestock waste» [Zolne hranulivannia nasinnia u pakuvanni nasinnia z vykorystanniam nebezpechnykh vidkhodiv tvarynyntstva]. *Technogenic and ecological safety*. № 12(2/2022). pp. 65–71. DOI: 10.52363/2522-1892.2022.2.8. 16. Plummer M.C., Koehler C.P., Flanders D.R. (1997) «Cryogenic heat engine experiment», *Proc. of 1997 Cryogenic Eng. Conf., Portland, July 1997, USA*. p. 7. 17. Turenko A.N., Piatak A.I., Kudriavtsev I.N. (2000) «Environmentally friendly cryogenic transport: current state of the problem» [Ekolohychesky chystyi kryohennyi transport: sovremennoe sostoianye problemy]. *Herald of KhNADU*. Vol. 12–13. pp. 42–47. 18. Bondarenko S.I., Kudriavtsev I.N., Piatak A.I., Timchenko I.I. (2001) «A new type of fireproof and environmentally friendly vehicle for airports» [Novyyi vyd pozharobezopasnoho y ekolohychesky chystoho transportnoho sredstva dlia aeroportov]. III International Scientific and Technical. conf. AVIA-2001, Kyiv 24–26 April, 2001. pp. 176–180. 19. Marinin V.S. (1999) «Thermophysics of alternative energy carriers» [Teplofizika alternativnykh energonositeley]. Kharkiv, Fort, 212 p. 20. Marinin V.S., Pashkov V.V. (1976) «On a possible modification of the perturbation theory method in the statistical physics of fluids» [O vozmozhnoy modifikatsii metoda teorii vozmushcheniy v statisticheskoy fizike zhidkostey], *Ukr. Phys. Journal*, Vol. 21, № 10, pp. 1695–1700. 21. Gurevich G.R., Brusilovskii A.I. (1984) «Reference help for calculating the phase state and properties of gas-condensate mixtures» [Spravochnaya pomoshch po raschetu fazovogo sostoyaniya i svoystv gazokondensatnykh smesey], Moscow, Nedra, 264 p. 22. Sychev V.V., Wasserman A.A., Kozlov A.D. and etc. (1977) «Thermodynamic properties of nitrogen» [Termodinamicheskie svoystva azota] Moscow, Publ. Izd-vo Standartov, 352 p. 23. Vargaftik N.B. (1972) «Handbook on thermophysical properties of gases and liquids» [Spravochnik po teplofizicheskim svoystvam gazov i zhidkostey], Moscow, Nauka, 720 p. 24. Ordenez C.A (2000) «Liquid nitrogen fueled, closed Brayton cycle cryogenic heat engine», *Energy Conversion and Management*, Volume 41, Issue 4, pp. 331–341, [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(99\)00117-X](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(99)00117-X). 25. Karaca A.E., Dincer I., Nitefor M. (2022) «Development and analysis of new pneumatic based powering options for transit buses: A comparative assessment», *Energy Conversion and Management*, Volume 256, 115399, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115399>. 26. Christodoulou F., Sechenyh V., Zhao H., Garner C.P., Clarke H. (2021) «Performance of a novel liquid nitrogen power system», *Applied Thermal Engineering*, Volume 191, 2021, 116896, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.116896>. 27. Palerm S., Bonhomme C., Guelou Y., Chopinet J.N., Danous P. (2015) «The future of cryogenic propulsion», *Acta Astronautica*, Volume 112, pp. 166–173, <https://doi.org/10.1016/j.actastro.2015.02.015>. 28. Gärtner J.W., Kronenburg A., Rees A., Sender J., Oschwald M., Lamanna G. (2020) «Numerical and experimental analysis of flashing cryogenic nitrogen», *International Journal of Multiphase Flow*, Volume 130, 103360, <https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2020.103360>. 29. Moore J., Smith N.R., Brett G., Kerth J., Kurz R., Freund S., Abarr M., Goldmeier J., Jacquemoud E., Markides C.N., Wygant K., Simpson M., Riley R., Hume S., McTigue J.D. (2021) «Chapter 6 – Heat engine-based storage systems, Thermal, Mechanical, and Hybrid Chemical Energy Storage Systems», *Academic Press*, pp. 293–450, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819892-6.00006-X>. 30. Wang K., Sun J., Song P. (2015) «Experimental study of cryogenic liquid turbine expander with closed-loop liquefied nitrogen system», *Cryogenics*, Volume 67, pp. 4–14, <https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2015.01.004>. 31. Korbut M., Szpica D., Panão M.R.O. (2024) «Modelling of piston pneumatic engine operation using the lumped method», *Energy Conversion and Management*, Volume 306, 118310, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118310>. 32. Fang Y., Lu Y., Yu X., Roskilly A.P. (2018) «Experimental study of a pneumatic engine with heat supply to improve the overall performance», *Applied Thermal Engineering*, Volume 134, pp. 78–85, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.01.113>. 33. Basbous T., Younes R., Ilinca A., Perron J. (2012) «A new hybrid pneumatic combustion engine to improve fuel consumption of wind-Diesel power system for non-interconnected areas», *Applied Energy*, Vol. 96, pp. 459–476, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.03.005>. 34. Huang K.D., Tzeng Sh-Ch., Ma W-P., Chang W-Ch. (2005) «Hybrid pneumatic-power system which recycles exhaust gas of an internal-combustion engine», *Applied Energy*, Volume 82, Issue 2, pp. 117–132, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2004.10.006>. 35. Stanek W., Simla T., Rutczyk B., Kabaj A., Buliński Z., Szczygiel I., Czarnowska L., Krysiński T., Gładysz P. (2019) «Thermo-ecological assessment of Stirling engine with regenerator fed with cryogenic exergy of liquid natural gas (LNG)», *Energy*, Volume 185, pp. 1045–1053, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.07.116>. 36. Mutumba A., Cheeseman K., Clarke H., Wen D. (2018) «Design and development of a direct injection system for cryogenic engine», *Cryogenics*, Volume 91, pp. 77–86, <https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2017.12.009>. 37. Li Y., Chen H., Ding Y. (2010) «Fundamentals and applications of cryogen as a thermal energy carrier: A critical assessment», *International Journal of Thermal Sciences*, Volume 49, Issue 6, pp. 941–949, <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2009.12.012>. 38. Clarke H., Martinez-Herasme A., Crookes R., Wen D.S. (2010) «Experimental study of jet structure and pressurisation upon liquid nitrogen injection into water», *International Journal of Multiphase Flow*, Volume 36, Issues 11–12, pp 940–949, <https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2010.07.005>. 39. Kim T., Kim Y., Kim S-K. (2011) «Numerical study of cryogenic liquid nitrogen jets at supercritical pressures», *The Journal of Supercritical Fluids*, Volume 56, Issue 2, pp. 152–163, <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2010.12.008>. 40. Wen D.S., Chen H.S., Ding Y.L., Dearman P. (2006) «Liquid nitrogen injection into water: Pressure build-up and heat transfer», *Cryogenics*, Volume 46, Issue 10, pp. 740–748, <https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2006.06.007>.

Received by the editorial office 30.05.2024

Kondratenko Olexandr Mykolaiovych (Кондратенко Олександр Миколайович) – D.Sc.(Eng.), Professor, Professor of Department of Environment Protection Technologies of Faculty of Management and Population Protection, National University of Civil Protection of Ukraine of SES of Ukraine, Kharkiv, Ukraine, e-mail: kongratenkoom2016@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9687-0454, Scopus ID: 57144373800, ResearcherID: D-7346-2018, Google Scholar ID: 0IbJMcAAAAJ.

Umerenkova Ksenia Rostyslavivna (Умеренкова Ксенія Ростиславівна) – Cand.Sc.(Eng.), Associate Professor, Lecturer of Department of Physical and Mathematical Disciplines of Faculty of Management and Population Protection, National University of Civil Protection of Ukraine of SES of Ukraine, Kharkiv, Ukraine, e-mail: kruukr1946@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3654-4814, Scopus ID: 16318085300, Google Scholar ID: 0JdUAAAAAJ.

Lievterov Anton Mykhailivych (Левтеров Антон Михайлович) – Cand.Sc.(Eng.), Senior Researcher, Senior Researcher of Department of Thermogasdynamics of Power Machines of A.M. Pidgorny Institute of Mechanical Engineering Problems of NAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine, e-mail: antmix1947@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5308-1375, Scopus ID: 55795527600, Google Scholar ID: 7tyvcX0AAAAAJ.

Strokov Olexandr Petrovych (Строков Олександр Петрович) – D.Sc.(Eng.), Professor, Professor of Department of Automobile Transport and Transport Technologies of the Kremenchuk Branch of the Classical Private University, Kremenchuk, Ukraine, Full Member of the Engineering Academy of Ukraine, Member of the National Union of Journalists of Ukraine, e-mail: ataman1946@ukr.net, Scopus ID: 57144561500.

Koloskov Volodymyr Yuriiovych (Колосков Володимир Юрійович) – Cand.Sc.(Eng.), Associate Professor, Head of Department of Environment Protection Technologies of Faculty of Management and Population Protection, National University of Civil Protection of Ukraine of SES of Ukraine, Kharkiv, Ukraine, e-mail: koloskov_v@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-9844-1845, Scopus ID: 57203686820, Google Scholar ID: gP6w7a8AAAAAJ

Lytvynenko Olha Oleksandrivna (Литвиненко Ольга Олександрівна) – Cand.Sc.(Philol.), Associate Professor, Associate Professor of Department of the Language Training of Faculty of Management and Population Protection, National University of Civil Protection of Ukraine of SES of Ukraine, Kharkiv, Ukraine, e-mail: olytv77@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3322-8805, Scopus ID: 58304078300, Google Scholar ID: vKG898sAAAAAJ&hl

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОТРАНСПОРТУ З ПОРШНЕВИМИ ПНЕВМО- ТА КРІОДВИГУНАМИ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ АЗОТ ЯК РОБОЧЕ ТІЛО

О. М. Кондратенко, К. Р. Умеренкова, А. М. Левтеров, О. П. Строков, В. Ю. Колосков, О. О. Литвиненко

У дослідженні, метою якого було вдосконалення математичного апарату на основі модифікованої термодинамічної теорії збурень для описання теплофізичних характеристик азоту в газоподібному та рідинному станах як робочого тіла пожежобезпечних та екобезпечних автотранспортних засобів з поршнеvim пневмо- або кріодвигуном, запропоновано й описано математичну модель для опису термодинамічних властивостей газоподібного та рідкого азоту, яка призначена для розробки нового виду пожежобезпечного та екологічно ефективного транспортного засобу з поршнеvim пневмо- або кріодвигуном та проілюстровано її застосування. Об'єктом дослідження є теплофізичні характеристики азоту, що перебуває в рідинному чи газоподібному агрегатному стані, як робочого тіла пожежобезпечних та екобезпечних автотранспортних засобів з поршнеvim пневмо- або кріодвигуном. Предметом дослідження є математичний апарат на основі модифікованої теорії збурень для описання теплофізичних характеристик азоту в газоподібному та рідинному станах. Наукова новизна результатів дослідження полягає в тому, що вдосконалено математичний апарат на основі модифікованої термодинамічної теорії збурень для вичерпного описання всіх теплофізичних характеристик азоту, який перебуває як у рідинному, так і в газоподібному агрегатному стані, у частині зменшення часу розрахунку та зниження похибки отримання теплофізичних характеристик порівняно з довідниковими та експериментальними даними. Практичне значення результатів дослідження полягає у тому, що вдосконалений математичний апарат придатний для надання точної інформації до складу набору вихідних даних у дослідженнях щодо використання азоту в різних агрегатних станах як робочого тіла пожежобезпечних та екобезпечних автотранспортних засобів з поршнеvim пневмо- або кріодвигуном.

Ключові слова: теплофізичні властивості; азот; фазова діаграма; математична модель; технології захисту навколишнього середовища; екологічна безпека; енергоустановки; поршневі двигуни; пневмодвигун, кріодвигун.

Науково-технічний журнал "Двигуни внутрішнього згорання" випускається 2 рази в рік. Основна мета видання – надати можливість опублікувати результати наукових праць і статті науковим співробітникам, викладачам, аспірантам і здобувачам наукових ступенів, а також розширити можливості для обміну науково-технічною інформацією в Україні та за її межами.

До опублікування приймаються статті українською, російською, англійською, німецькою мовами за наступними науковими напрямками:

- Загальні проблеми двигунобудування;
- Конструкція ДВЗ;
- Робочі процеси ДВЗ;
- Екологізація ДВЗ;
- Випробування та експлуатація ДВЗ;
- Технологія виробництва ДВЗ;
- Гібридні силові установки;
- Історія двигунобудування, особистості, ювілеї;
- Методологія вищої освіти зі спеціальності ДВЗ.

Матеріал (стаття) подається редколегії в 2-х примірниках. До матеріалів повинен додаватися електронний варіант статті, набраної в текстовому редакторі MS Word.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТТІ можна завантажити на офіційному сайті журналу <http://dvs.khpi.edu.ua/>, а також на сайті кафедри "Двигуни та гібридні енергетичні установки" за посиланням <http://web.kpi.kharkov.ua/diesel/nauka/zhurnal-dvz/> в розділі «Наука», «Журнал ДВЗ».

СТРУКТУРА СТАТТІ:

– УДК; І.Б.Ф. Заголовок статті. Анотація мовою тексту статті. Текст статті. Список літератури. Список літератури, оформлений транслітерацією. Відомості про авторів. Анотації українською (російською), англійською мовами.

Стаття повинна мати такі необхідні елементи:

- постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливим науковим чи практичними задачами;
- аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми, на які спирається автор,
- виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття;
- формулювання цілей статті (постановка завдання);
- виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;
- висновки з даного дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямку.

До статті додаються:

- рецензія,
- акт експертизи про можливість опублікування.

СТАТТІ, ОФОРМЛЕННЯ ЯКИХ НЕ ВІДПОВІДАЄ ВИМОГАМ, РЕДКОЛЕГІЄЮ НЕ РОЗГЛЯДАЮТЬСЯ

УМОВИ ОПУБЛІКУВАННЯ:

Оформлена відповідно до вимог, стаття направляється авторами в редколегію за адресою: 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2. НТУ "ХПІ". Кафедра "Двигуни та гібридні енергетичні установки". Редакційна колегія журналу "Двигуни внутрішнього згорання". Відповідальному секретарю редколегії. Тел. (057) 707-60-89, E-mail: rykova.inna@gmail.com.

Після прийняття рішення про опублікування автор інформується про це редколегією.