

УДК 621.436.12

doi: 10.18698/0536-1044-2022-3-53-59

Пуск дизельного двигателя 1Ч9,5/8,0 путем принудительной подачи предварительно разогретого воздушного заряда

Д.В. Павлов

Тульский государственный университет

Starting the Diesel Engine 1H9.5/8.0 by Forced Preheated Air Charge Supply

D.V. Pavlov

Tula State University

Использование малогабаритных дизельных двигателей с воздушным охлаждением в составе мобильных агрегатов для работы в суровых климатических условиях Арктики является достаточно сложной задачей. С понижением температуры внешней среды существенно уменьшается температура в конце такта сжатия, необходимая для появления первых вспышек в цилиндре дизеля. При температуре внешней среды $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ пуск дизеля становится невозможным. Этап появления первых вспышек очень важен для последующей раскрутки коленчатого вала и выхода дизеля на самостоятельную работу без привлечения вспомогательных пусковых устройств. Предложены способ и устройство, позволяющие повысить температуру в камере сгорания в конце такта сжатия. Приведены результаты пуска дизеля при различных отрицательных температурах внешней среды. Установлены закономерности динамики пуска дизеля 1Ч9,5/8,0 и зависимости частоты вращения коленчатого вала при пуске от температуры внешней среды. Определен рациональный диапазон температуры впускного воздуха, необходимый для пуска дизеля предлагаемым способом при температуре внешней среды от -50 до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Предложенные способ и устройство могут быть применены в дизелях подобного типа с меньшим рабочим объемом.

Ключевые слова: пуск дизеля, низкие температуры, принудительная подача, впускной воздух, пусковая частота

The use of small-sized air-cooled diesel engines as part of mobile units for operation in the harsh climatic conditions of the Arctic is a rather difficult task. As the ambient temperature decreases, the temperature at the compression stroke end, which is necessary for the appearance of the first flashes in the diesel cylinder, decreases significantly. At the ambient temperature of minus $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, start of a diesel engine becomes impossible. The stage of the appearance of the first flashes is very important for the subsequent spin-up of the crankshaft and the onset of a diesel engine independent operation on fuel without the involvement of auxiliary starting devices. The article proposes a method and device for increasing the temperature in the combustion chamber at the compression stroke end. The results of a diesel engine start at various negative ambient temperatures are given. The regularities of the dynamics of starting a diesel engine 1Ch9.5/8.0 and the dependence of the crankshaft speed during start-up on the ambient temperature is established. The rational range of intake air temperature required for the diesel engine start-up by the proposed method at an ambient temperature from minus 50 to minus $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ is determined. The proposed method and device can be applied in similar diesel engines with a smaller working volume.

Keywords: diesel engine start, low temperatures, forced supply, intake air, starting frequency

Актуальность разработки и применения агрегатов на базе отечественных малогабаритных дизельных двигателей (далее дизели) с воздушным охлаждением для освоения Арктической зоны [1] определила первоочередную задачу, связанную с пуском дизеля в условиях низких температур внешней среды (до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Анализ научных трудов [2–9] позволил установить, что в таких условиях основными причинами затрудненного пуска дизеля являются низкие значения температуры в конце такта сжатия и пусковой частоты вращения коленчатого вала. Зачастую сочетание этих причин приводит к невозможности пуска дизеля.

Так, в статье [10] отмечено, что для устойчивого воспламенения топливовоздушной смеси в цилиндре дизеля температура в конце такта сжатия должна составлять $+450\dots+500\text{ }^{\circ}\text{C}$. По данным работы [11], пуск дизеля возможен лишь, когда температура в конце такта сжатия в камере сгорания достигает $+350\dots+400\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Анализ литературных источников показал, что задачи связанные, с пуском малогабаритного дизеля с воздушным охлаждением при температуре внешней среды $T = -60\text{ }^{\circ}\text{C}$, не решены в полном объеме.

Цель статьи — разработка способа и средства, позволяющих повысить температуру в камере сгорания дизеля для облегчения его пуска в условиях низких температур внешней среды (до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Расчетные исследования в режиме пуска малогабаритного дизеля 1Ч9,5/8,0 при температуре внешней среды $T = -60\text{ }^{\circ}\text{C}$, показали, что с учетом прогретого масла в картере температура в цилиндре в конце такта сжатия не превышает $+280\text{ }^{\circ}\text{C}$, а средняя температура в цилиндре — $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$ [12]. Экспериментально подтверждено, что в рассматриваемых условиях пуск дизеля при полученных расчетных значениях невозможен.

Чтобы обеспечить надежный пуск дизеля в условиях низких температур, следует организовать своевременный подвод необходимого количества тепловой энергии в зону воспламенения топливовоздушной смеси [5]. Эффективным решением этой задачи является предварительный разогрев впускного воздуха [13–16].

Для создания условий устойчивого воспламенения топливовоздушной смеси в камере сгорания дизеля с целью облегчения пуска в условиях низких температур внешней среды

предложен способ принудительной подачи предварительно разогретого впускного воздуха в зону воспламенения и устройство для его реализации (рис. 1) [17].

Схемы циркуляции впускного воздуха в корпусе 1 воздушного фильтра с устройством его подогрева 2 приведены на рис. 2, где движение холодного и прогретого воздуха отмечено стрелками синего и красного цвета соответственно.

Способ подразумевает размещение в обводном воздуховоде корпуса воздушного фильтра устройства подогрева впускного воздуха (см. рис. 2). Устройство предполагает наличие вентилятора, с помощью которого происходит подача разогретого воздуха непосредственно во впускной канал головки цилиндра дизеля. Более детально этот способ и устройство для его реализации рассмотрены в работе [17].

Апробацию предлагаемого способа и устройства подогрева впускного воздуха проводили в климатической камере КТВВ 8000 при температуре внешней среды $T = -50\dots-68\text{ }^{\circ}\text{C}$. При экспериментальном исследовании определяли пусковую частоту вращения коленчатого вала и температуру впускного воздуха.

Результаты экспериментального исследования пуска дизеля 1Ч9,5/8,0 при средней пусковой частоте вращения коленчатого вала $n = 130\dots140\text{ мин}^{-1}$ приведены в таблице.

Пуск дизеля осуществляли с помощью аккумуляторных батарей 12СТ85Р1, подключенных параллельно и вынесенных за пределы климатической камеры. В системе смазки использовали смесь моторного масла М-4з/14Д и бензина в пропорции 4:1, которая предварительно

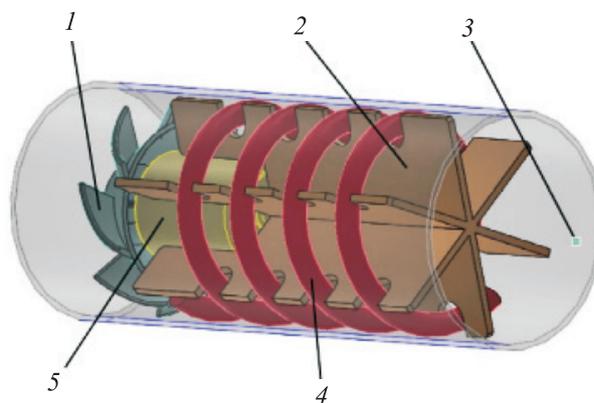


Рис. 1. 3D-модель устройства для принудительной подачи предварительно разогретого впускного воздуха в зону воспламенения топливовоздушной смеси:

1 — крыльчатка вентилятора; 2 — изолятор; 3 — корпус; 4 — спираль-нагреватель; 5 — электродвигатель

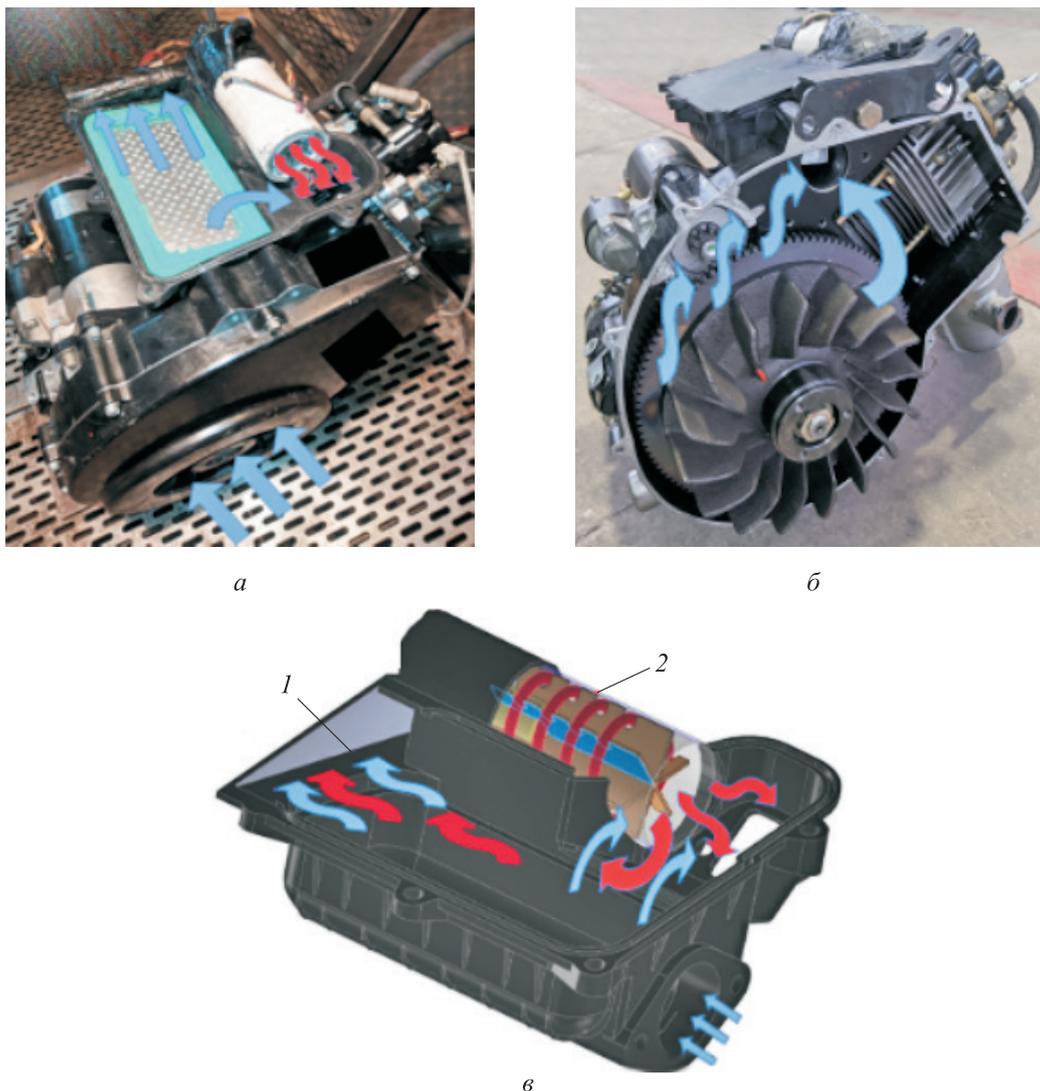


Рис. 2. Схемы циркуляции впускного воздуха в корпусе воздушного фильтра с устройством его подогрева: а — движение воздуха в режиме прогрева и принятия нагрузки; б — забор впускного воздуха в корпус воздушного фильтра; в — движение воздуха в режиме предпускового прогрева и пуска до раскрутки коленчатого вала

Результаты экспериментального исследования пуска дизеля

Температура внешней среды T , °C	Параметры впускного воздуха			Мощность нагревательного элемента, Вт	Число попыток пуска дизеля
	Температура t , °C	Время прогрева τ , мин	Создаваемый поток, л/мин		
-50	75	5	~160	300	5
-60	70	5	~160	300	4
-65	170	1	~190	1000	2
-68	35	4	~160	300	6...8

подогревалась штатным подогревателем, расположенным в картере дизеля. Температура масла при перемешивании в процессе стартерных прокруток составляла $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Пуск осуществляли с использованием свечи накаливания в камере сгорания, которая вклю-

чалась за 40 с до его начала. В качестве топлива применяли смесь дизельного топлива ЕВРО по ГОСТ Р 52368–2005 (ЕН 590:2009, класс 4) с керосином ТС-1 в соотношении 1:4. Динамика процесса пуска дизеля 1Ч9,5/8,0 при температуре внешней среды $T = -60\text{ }^{\circ}\text{C}$ приведена на рис. 3.

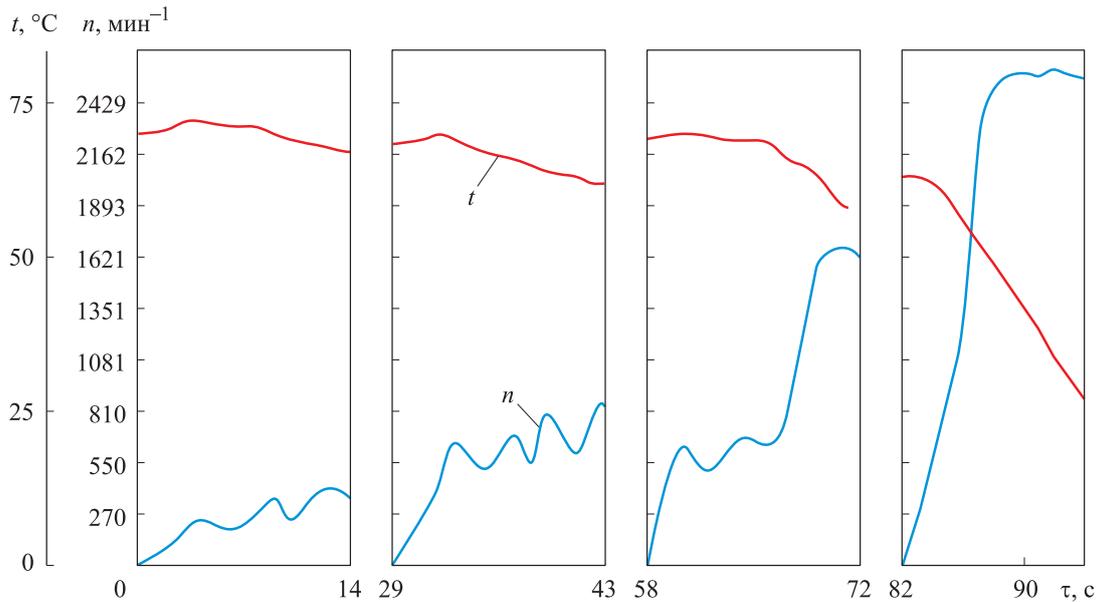


Рис. 3. Динамика процесса пуска дизеля 1Ч9,5/8,0 при температуре внешней среды $T = -60\text{ }^{\circ}\text{C}$

Анализ результатов экспериментального исследования показал, что пусковая частота вращения коленчатого вала (рис. 4) составляет 130...140 мин^{-1} и изменяется по линейному закону с увеличением температуры внешней среды. Измерение частоты вращения коленчатого вала проводили с учетом работы подогревателя масла. Температура масла в картере дизеля при прокрутках коленчатого вала электростартером в заданных условиях внешней среды ($T \leq -10\text{ }^{\circ}\text{C}$) поддерживалась в пределах $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ включением подогревателя масла.

Установлено, что при температуре впускного воздуха более $+180\text{ }^{\circ}\text{C}$ вспышки в цилиндре дизеля во время его пуска приобретали менее устойчивый характер и исчезали полностью

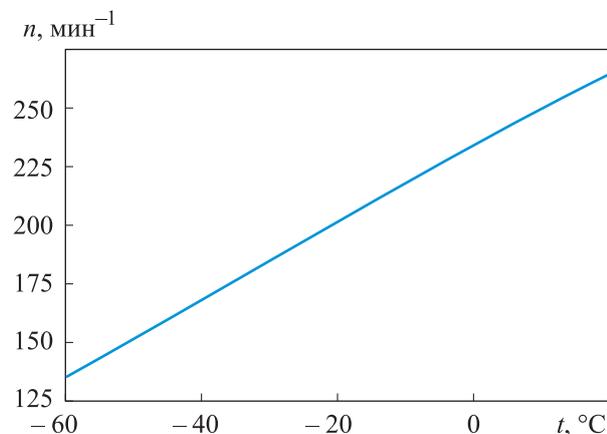


Рис. 4. Зависимость частоты вращения коленчатого вала n от температуры внешней среды T при пуске дизеля

при достижении $T = +200\text{ }^{\circ}\text{C}$. При температуре впускного воздуха менее $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ значительно увеличивалось число стартерных прокруток и, соответственно, время пуска дизеля.

Для предлагаемого способа принудительной подачи и подогрева воздушного заряда определен рациональный диапазон температуры впускного воздуха для пуска дизеля 1Ч9,5/8,0 при температуре внешней среды $T = -50\text{...}-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Минимальная температура впускного воздуха составила $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$, максимальная — $+180\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом температура воздушного заряда на впуске существенно влияет на продолжительность пуска дизеля и расход энергии аккумуляторных батарей.

Таким образом, при сравнительно низкой мощности нагревательного элемента устройства подогрева впускного воздуха, равной 250 Вт, подтверждена эффективность предложенного способа облегчения пуска дизеля в рассмотренных в условиях внешней среды.

Выводы

1. Предложены способ и устройство для облегчения пуска дизеля в условиях низких температур ($-60\text{ }^{\circ}\text{C}$).
2. Для пуска дизеля таким способом определен диапазон температур впускного воздуха и пусковая частота вращения коленчатого вала.
3. Полученные данные могут быть распространены на дизели подобного типа с меньшим рабочим объемом.

Литература

- [1] Павлов Д.В., Хмелев Р.Н. Особенности эксплуатации малоразмерных дизельных двигателей в условиях Арктики. *Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования*, 2016, т. 3, № 3, с. 241–247.
- [2] Харитонов В.В. Повышение эффективности пуска автотракторного дизеля в условиях низких температур окружающего воздуха. Москва, РУДН, 2005. 19 с.
- [3] Новопашин Л.А., Денежко Л.В., Кочетков П.В. и др. *Исследование пусковых свойств автотракторных дизелей при отрицательных температурах*. Екатеринбург, УрГАУ, 2018. 204 с.
- [4] Волков В.С., Хрипченко М.С., Буряк А.А. О проблеме затрудненного запуска дизельных двигателей при пониженной температуре окружающего воздуха. *Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования*, 2014, т. 1, с. 187–190.
- [5] Бабичев А.А., Смолин А.А. Мероприятия по улучшению пуска поршневого двигателя при низких температурах. *Архитектура. Строительство. Транспорт. Инновации. Мат. межд. конг.* Омск, СибАДИ, 2013, с. 26–29.
- [6] Бондарь В.Н. Оценка пусковых характеристик дизелей размерности 13/14 с индивидуальными головками цилиндров. *АПК России*, 2017, т. 24, № 2, с. 397–401.
- [7] Манзин Н.Ю., Заикин А.А., Рослов С.В. и др. К вопросу обеспечения надежного пуска дизельных двигателей в условиях низких температур. *Вестник СибАДИ*, 2017, № 3, с. 88–94, doi: [https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-3\(55\)-88-94](https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-3(55)-88-94)
- [8] Тышкевич Л.Н., Журавский Б.В. Повышение эффективности эксплуатации транспортных машин в условиях низких отрицательных температур. *Вестник СибАДИ*, 2016, № 3, с. 36–41.
- [9] Чудов В.И. Оценка пусковых качеств автомобильных двигателей. *Научные чтения*. Сыктывкар, СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, 2009, с. 440–442.
- [10] Новопашин Л.А., Денешко Л.В., Кочетков П.В. Мобильное устройство облегчения автотракторных дизелей. *Аграрный вестник Урала*, 2014, № 12, с. 42–44.
- [11] Карташевич А.Н., Кухаренок Г.М., Гордеенко А.В. и др. *Улучшение пусковых качеств автотракторных дизелей в зимний период эксплуатации*. Минск, Краси-ко-Принт, 2005. 180 с.
- [12] Елагин М.Ю., Павлов Д.В., Хмелев Р.Н. Разработка и апробация математической модели предпускового режима работы дизеля при низких температурах окружающей среды. *Известия МГТУ МАМИ*, 2020, № 2, с. 78–84.
- [13] Боровиков В.Ф. *Расчетная оценка возможности пуска тракторного дизеля и эффективность облегчения пуска подогревом впускного воздуха*. Автореф. дисс. ... канд. тех. наук. Санкт-Петербург, РУДН, 1993. 21 с.
- [14] Козлов А.А. К вопросу о повышении эффективности пуска дизеля. *Вестник СибАДИ*, 2018, т. 15, № 5, с. 650–659, doi: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2018-5-650-659>
- [15] Новопашин Л.А., Денешко Л.В., Кочетков П.В. Комплексный разогрев дизельного двигателя. *Аграрный вестник Урала*, 2015, № 7, с. 48–50.
- [16] Шишков В.В. *Улучшение показателей рабочего цикла дизеля при пуске подогревом впускного заряда*. Автореф. дисс. ... канд. тех. наук. Челябинск, ЮУрГУ, 2000. 20 с.
- [17] Павлов Д.В. Интегрированный подогреватель впускного воздуха для малоразмерного дизеля с воздушным охлаждением. *Современные инновации в науке и технике. Сб. науч. тр. 11-й Всерос. науч.-тех. конф.* Курск, ЮЗГУ, 2021, с. 199–204.

References

- [1] Pavlov D.V., Khmelev R.N. Features of operation of the low-sized diesel engine in arctic conditions. *Al'ternativnye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskome komplekse: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya* [Alternative fuel sources in transport and technological complex: problems and prospects of rational use], 2016, vol. 3, no. 3, pp. 241–247. (In Russ.).

- [2] Kharitonov V.V. *Povyshenie effektivnosti puska avtotraktornogo dizelya v usloviyakh nizkikh temperatur okruzhayushchego vozdukha* [Raising efficiency of tractor diesel starting at air temperatures below zero]. Moscow, RUDN Publ., 2005. 19 p. (In Russ.).
- [3] Novopashin L.A., Denezhko L.V., Kochetkov P.V. et al. *Issledovanie puskovykh svoystv avtotraktornykh dizeley pri otritsatel'nykh temperaturakh* [Study on torque properties of tractor diesels at temperature below zero]. Ekaterinburg, UrGAU Publ., 2018. 204 p. (In Russ.).
- [4] Volkov V.S., Khripchenko M.S., Buryak A.A. On problem of difficult engine firing at low ambient temperatures. *Al'ternativnye istochniki energii na avtomobil'nom transporte: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya* [Alternative fuel sources in transport and technological complex: problems and prospects of rational use], 2014, vol. 1, pp. 187–190. (In Russ.).
- [5] Babichev A.A., Smolin A.A. Measures for improving piston engine firing at low temperatures. *Arkhitektura. Stroitel'stvo. Transport. Inovatsii. Mat. mezhd. kong.* [Architecture. Construction. Transport. Innovations. Proc. Int. Kong.]. Omsk, SibADI Publ., 2013, pp. 26–29. (In Russ.).
- [6] Bondar' V.N. The evaluation of starting characteristics of diesel engines by 13/14 dimension with individual cylinder heads. *APK Rossii*, 2017, vol. 24, no. 2, pp. 397–401. (In Russ.).
- [7] Manzin N.Yu., Zaikin A.A., Roslov S.V. et al. To a question of ensuring reliable launch of diesel engines in the conditions of low temperatures. *Vestnik SibADI* [The Russian Automobile and Highway Industry Journal], 2017, no. 3, pp. 88–94, doi: [https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-3\(55\)-88-94](https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-3(55)-88-94) (in Russ.).
- [8] Tyshkevich L.N., Zhuravskiy B.V. Increase of efficiency of operation of transport vehicles in the conditions of low negative temperatures. *Vestnik SibADI* [The Russian Automobile and Highway Industry Journal], 2016, no. 3, pp. 36–41. (In Russ.).
- [9] Chudov V.I. [Assessment of starting characteristics of car engines]. *Nauchnye chteniya* [Scientific Readings]. Syktyvkar, SPbGLTU im. S.M. Kirova Publ., 2009, pp. 440–442. (In Russ.).
- [10] Novopashin L.A., Deneshko L.V., Kochetkov P.V. Mobile device launching of automobile and tractor engines. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2014, no. 12, pp. 42–44. (In Russ.).
- [11] Kartashevich A.N., Kukharenok G.M., Gordeenko A.V. et al. *Uluchshenie puskovykh kachestv avtotraktornykh dizeley v zimniy period ekspluatatsii* [Improving starting characteristics of tractor diesels in winter]. Minsk, Krasi-ko-Print Publ., 2005. 180 p. (In Russ.).
- [12] Elagin M.Yu., Pavlov D.V., Khmelev R.N. Development and testing of a mathematical model of the engine pre-start operation at low ambient temperatures. *Izvestiya MGTU MAMI*, 2020, no. 2, pp. 78–84. (In Russ.).
- [13] Borovikov V.F. *Raschetnaya otsenka vozmozhnosti puska traktornogo dizelya i effektivnost' oblegcheniya puska podogrevom vpusknogo vozdukha*. Avtoref. diss. kand. tekh. nauk [Estimation of starting possibility for tractor diesel and efficiency of starting aid by input air heating. Kand. tach. sci. diss.]. Sankt-Petersburg, RUDN Publ., 1993. 21 p. (In Russ.).
- [14] Kozlov A.A. Increasing efficiency of the diesel engine starting. *Vestnik SibADI* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2018, vol. 15, no. 5, pp. 650–659, doi: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2018-5-650-659> (in Russ.).
- [15] Novopashin L.A., Deneshko L.V., Kochetkov P.V. Extensive heating of the diesel engine. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2015, no. 7, pp. 48–50. (In Russ.).
- [16] Shishkov V.V. *Uluchshenie pokazateley rabocheho tsikla dizelya pri puske podogrevom vpusknogo zaryada*. Avtoref. diss. kand. tekh. nauk [Improving working cycle characteristics of a diesel at starting by heating of input charge. Kand. tach. sci. diss.]. Chelyabinsk, YuUrGU Publ., 2000. 20 p. (In Russ.).
- [17] Pavlov D.V. [Integrated intake air heater for a small-size diesel engine with air by cooling]. *Sovremennye innovatsii v nauke i tekhnike. Sb. nauch. tr. 11-y Vseros. nauch.-tekh. konf.* [Modern Technologies in Science and Technics. Proc. 11th Russ. Sci.-tech. Conf.]. Kursk, YuZGU Publ., 2021, pp. 199–204. (In Russ.).

Информация об авторе

ПАВЛОВ Денис Викторович — аспирант кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство». Тульский государственный университет (300012, Тула, Российская Федерация, проспект Ленина, д. 92, e-mail: pa.denis81@mail.ru).

Information about the author

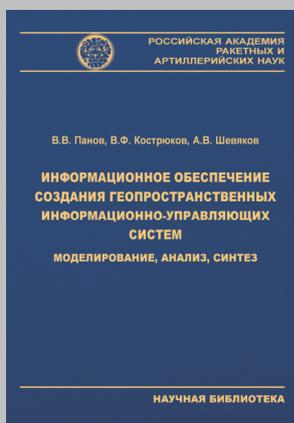
PAVLOV Denis Viktorovich — Post-graduate, Department of Automobiles and automobile economy. Tula State University (300012, Tula, Russian Federation, Lenin Avenue, 92, e-mail: pa.denis81@mail.ru).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Павлов Д.В. Пуск дизельного двигателя 1Ч9,5/8,0 путем принудительной подачи предварительно разогретого воздушного заряда. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2022, № 3, с. 53–59, doi: 10.18698/0536-1044-2022-3-53-59

Please cite this article in English as:

Pavlov D.V. Starting the diesel engine 1H9.5/8.0 by forced preheated air charge supply. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2022, no. 3, pp. 53–59, doi: 10.18698/0536-1044-2022-3-53-59



Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана предлагает читателям монографию «Информационное обеспечение создания геопространственных информационно-управляющих систем: моделирование, анализ, синтез»

Авторы: В.В. Панов, В.Ф. Кострюков, А.В. Шевяков

Процесс создания геопространственных информационно-управляющих систем, представляющих собой организационную и материально-техническую основу современных и перспективных наземных и аэрокосмических территориально распределенных систем различных классов и назначения, построенных на разных физических принципах и решающих широкий спектр задач хозяйственной сферы и обороны, рассмотрен с точки зрения специалиста по информационным технологиям, решающего задачи информационного обеспечения процесса их разработки.

Для научных работников и инженеров, специалистов научно-исследовательских организаций и конструкторских бюро, ведущих инновационные разработки в высокотехнологичных гражданских областях промышленности, работающих в космической области и выполняющих исследования и разработки в структуре оборонно-промышленного комплекса. Представленные в монографии материалы и разработки по актуальным проблемам моделирования, анализа и синтеза геопространственных информационно-управляющих систем могут быть адресованы представителям заказчиков и ведущих научно-исследовательских организаций при научном сопровождении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке и информационному обеспечению их создания. Научно-методические материалы монографии будут полезны преподавателям технических (исследовательских) университетов и институтов, а также академий и высших военных училищ.

По вопросам приобретения обращайтесь:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.
Тел.: +7 499 263-60-45, факс: +7 499 261-45-97;
press@baumanpress.ru; <https://bmstu.press>