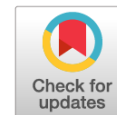


# РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС С ФУНКЦИЕЙ ПРЕПУСКОВОГО РАЗОГРЕВА



## DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE COOLING SYSTEM WITH A PRE-STARTING HEATING FUNCTION

**Н.А. ИВАНОВ**, д.т.н.  
**Д.В. ОТМАХОВ**, к.т.н.  
**С.П. ЗАХАРЫЧЕВ**, к.т.н.  
**О.В. КАЗАННИКОВ**, к.т.н.  
Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск,  
Россия, 003290@pnu.edu.ru, fic51@mail.ru

**N.A. IVANOV**, Dsc in Engineering  
**D.V. OTMAKHOV**, PhD in Engineering  
**S.P. ZAKHARYCHEV**, PhD in Engineering  
**O.V. KAZANNIKOV**, PhD in Engineering  
Pacific National University, Khabarovsk, Russia,  
003290@pnu.edu.ru

Главная тема статьи – разработка эффективной конструкции системы предпускового разогрева двигателя внутреннего сгорания для условий ограниченного энергоснабжения.

В Тихоокеанском государственном университете ведется работа по совершенствованию конструкции легких колесных вездеходов на пневматиках низкого давления. Опытные образцы легких колесных вездеходов используются в основном в сельском хозяйстве и для лесопромышленного производства. Существуют предпосылки для их применения на нефте- и газопромыслах, в условиях Крайнего Севера. Данная техника эксплуатируется круглый год, в условиях полного отсутствия энергоснабжения, хранится под открытым небом, поэтому проблема запуска холодного двигателя стоит достаточно остро, а тема создания конструкции системы предпускового разогрева ДВС в условиях ограниченного либо полного отсутствия энергоснабжения является актуальной.

Цель работы – разработка системы предпускового разогрева двигателя внутреннего сгорания с жидкостным охлаждением для условий ограниченного энергоснабжения и исследование эффективности ее функционирования.

Разработана собственная конструкция системы охлаждения с функцией предпускового разогрева на базе бензиновой горелки. Для оценки эффективности процесса разогрева двигателя схема была собрана на легком колесном вездеходе. Проведены экспериментальные исследования по определению закономерности изменения температуры охлаждающей жидкости двигателя в ходе предпускового разогрева при различных температурах окружающей среды.

Результаты проведенного эксперимента свидетельствуют о высокой эффективности разработанной системы на базе бензиновой горелки. Средняя скорость нагрева охлаждающей жидкости двигателя в процессе разогрева составила 2,1–2,8 °С в минуту, что говорит об интенсивном темпе предпускового разогрева.

**Ключевые слова:** предпусковой разогрев двигателя, легкий колесный вездеход, система охлаждения, горелка бензиновая, теплообменник.

**Для цитирования:** Иванов Н.А., Отмахов Д.В., Захарычев С.П., Казанников О.В. Разработка конструкции системы охлаждения ДВС с функцией предпускового разогрева // Тракторы и сельхозмашины. 2021. № 1. С. 51–56. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-51-56.

The main topic of the article is the development of an effective design for a pre-starting heating system for an internal combustion engine for conditions of limited power supply. The work to improve the design of light wheeled all-terrain vehicles on low pressure pneumatics is done at Pacific National University. Prototypes of light wheeled off-road vehicles are used mainly in agriculture and for forestry production. There are prerequisites for their use in oil and gas fields in the Far North conditions. This vehicle is operated all year round, in the absence of power supply, it is stored in the open air, so the problem of starting a cold engine is quite important, and the topic of creating a design for a pre-starting heating system for an internal combustion engine under conditions of limited or complete absence of power supply is relevant.

The purpose of the work is to develop and study the efficiency of the pre-starting heating system for an internal combustion engine with liquid cooling for conditions of limited power supply.

Our own design of the cooling system with a pre-starting heating function based on a gasoline burner was developed. To assess the efficiency of the engine warm-up process, the circuit was assembled on a light wheeled all-terrain vehicle. The experimental studies were carried out to determine the regularity of changes in the temperature of the engine coolant during pre-starting heating at different ambient temperatures.

The results of the experiment indicate the high efficiency of the developed system based on a gasoline burner. The average heating rate of the engine coolant during the warm-up process was 2.1–2.8 °C per minute, which indicates an intensive pace of pre-starting heating.

**Keywords:** engine pre-starting heating, light wheeled all-terrain vehicle, cooling system, gasoline burner, heat exchanger.

**Cite as:** Ivanov N.A., Otmakhov D.V., Zakharychev S.P., Kazannikov O.V. Development of the design of an internal combustion engine cooling system with a pre-starting heating function. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2021. No 1, pp. 51–56 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-51-56.

## Введение

При эксплуатации транспортно-технологических машин в условиях низких температур окружающей среды в последнее время получают распространение различные системы предпускового подогрева двигателя. Разработкой систем предпускового разогрева автомобильного двигателя и исследованием их эффективного применения занимаются такие вузы, как МАДИ, РВАИ, СибАДИ, СГТУ, ТюмГНГУ и др. [1].

В Тихоокеанском государственном университете под руководством профессора Н.А. Иванова ведется работа по совершенствованию конструкции легких колесных вездеходов (ЛКВ) на пневматиках низкого давления. Проводятся исследования тяговых свойств, совершенствуется конструкция рамы вездехода, модернизируется трансмиссия.

Уникальные параметры движителя вездехода на шинах сверхнизкого давления позволяют сочетать такие необходимые для машины, эксплуатируемой по бездорожью в непосредственном контакте с природой, свойства, как высокая проходимость и экологическая безопасность по отношению к почве [2].

В настоящее время опытные образцы ЛКВ используются в основном в сельском хозяйстве и для лесопромышленного производства. Однако существуют все предпосылки для их применения на нефте- и газопромыслах в условиях тундры и вечной мерзлоты, в качестве экспедиционного транспорта в условиях Крайнего Севера, вплоть до обслуживания метеостанций в Арктике и т.д.

Данная техника эксплуатируется круглый год, поэтому проблема запуска холодного двигателя стоит достаточно остро. Техника используется вдали от «цивилизации», в условиях полного отсутствия энергоснабжения, хранится под открытым небом или, в лучшем случае, в неотапливаемом помещении.

В настоящее время для решения этой проблемы – затрудненного пуска двигателей – разработаны самые разнообразные устройства.

При всех достоинствах автономных предпусковых подогревателей установка их на подобную технику вследствие высокой стоимости не всегда приемлема для владельцев. Применение электрообогревателей вообще не представляется возможным из-за отсутствия энергоснабжения в условиях эксплуатации ЛКВ, поэтому тема создания конструкции системы

предпускового разогрева ДВС в условиях ограниченного, либо полного отсутствия энергоснабжения является актуальной.

## Цель исследований

Целью данной работы являлось разработка системы предпускового разогрева двигателя внутреннего сгорания с жидкостным охлаждением для условий ограниченного энергоснабжения и исследование эффективности ее функционирования.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: разработана и смонтирована на опытный образец вездехода система для предпускового разогрева двигателя в условиях ограниченного энергоснабжения; проведены исследования эффективности работы системы разогрева при отрицательных температурах окружающей среды.

## Материалы и методы

В настоящее время известен целый ряд конструкций систем предпускового разогрева двигателей внутреннего сгорания, которые характерны для двух основных направлений деятельности в данной области. Одно направление – это разработка устройств, сберегающих тепло, полученное при работе двигателя, для дальнейшего его запуска после непродолжительных остановок [3–5]. Недостатком этих конструкций, по мнению авторов, является ограниченное время простоя транспортного средства, в течение которого сохраняется тепло в сберегающих тепло устройствах и необходимость питания от сети 220 В для подогрева теплоносителя в случае его остывания. Кроме того, разогрев смазочной системы двигателя предполагает дополнительные затраты на установку теплообменника в масляный поддон двигателя.

Второе направление – это работы, связанные с применением внешнего источника тепла [6, 7]. В условиях ограниченного или полного отсутствия энергоснабжения применение бензиновых горелок в качестве источника тепловой энергии, на наш взгляд, является достаточно актуальным решением.

Технической задачей, на решение которой была направлена работа, является расширение возможности предпускового разогрева двигателя в условиях отсутствия энергоснабжения 220 В в зимнее время. Для ее реализации достаточно иметь аккумуляторную батарею на 12 В.

На рис. 1 показана разработанная схема системы охлаждения двигателя. Здесь представлены как традиционные элементы системы жидкостного охлаждения двигателя внутреннего сгорания, такие как расширительный бачок 1, радиатор 2, вентилятор 3, насос охлаждающей жидкости 4, термостат 7, так и установленные дополнительно – подводящие и отводящие к рубашке охлаждения шланги 5 и 6, бензиновая горелка 8, теплообменник 9, электрический насос 10 с питанием от 12 В, отводящий шланг от насоса к рубашке охлаждения двигателя 11, шланг отвода охлаждающей жидкости из рубашки охлаждения к теплообменнику 12, шланг отвода охлаждающей жидкости от теплообменника к электрическому насосу 13.

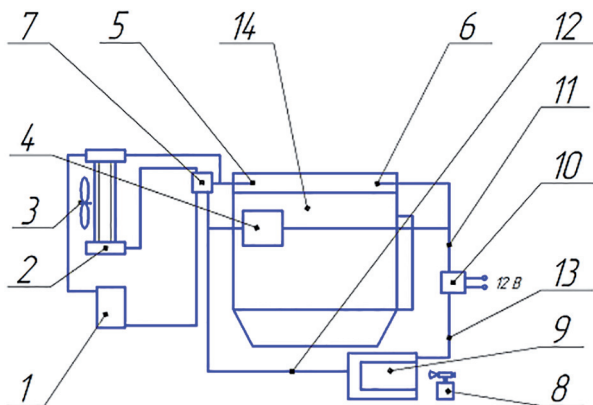


Рис. 1. Схема системы охлаждения ДВС с функцией предпускового разогрева

Fig. 1. ICE cooling system diagram with pre-starting heating function

Конструкция работает следующим образом. На транспортное средство устанавливается бензиновая горелка 8 таким образом, чтобы факел пламени согревал теплообменник 9. Тумблером включается питание электрического насоса 10. С помощью насоса охлаждающая жидкость циркулирует по замкнутому кругу: от насоса 10 по патрубкам 11 и 6 к рубашке охлаждающей жидкости ДВС, от нее по патрубку 5 – к теплообменнику 13, далее – к насосу 10 и вновь по замкнутому кругу в течение 10–15 минут, разогревая двигатель 14.

Для проведения экспериментальных исследований процесса разогрева двигателя схема была собрана на легком колесном вездеходе, имеющем в качестве энергетической установки двигатель от автомобиля ВАЗ–1111 («Ока»).

Дополнительно было приобретено недостающее оборудование: электронасос до-

полнительного отопителя и теплообменник. Для отвода и подвода охлаждающей жидкости использовались гибкие шланги.

Насос дополнительного отопителя, как показано на рис. 2, устанавливается ниже теплообменника 3 в самом низком месте жидкостной системы охлаждения. К раме вездехода 4 насос 2 крепился болтами с помощью держателя 1. Установка запорных клапанов в тольском шланге, по которому осуществляется приток жидкости к насосу, недопустима.

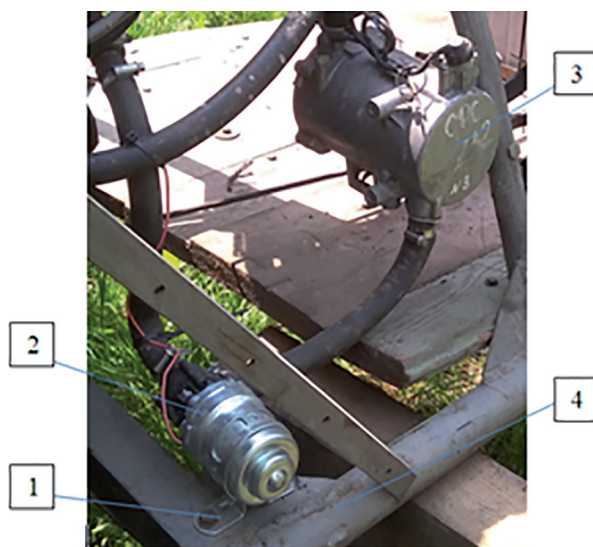


Рис. 2. Установка электронасоса на раме вездехода: 1 – держатель электронасоса; 2 – электронасос; 3 – теплообменник; 4 – рама вездехода

Fig. 2. Installation of the electric pump on the frame of the all-terrain vehicle: 1 – electric pump holder; 2 – electric pump; 3 – heat exchanger; 4 – all-terrain vehicle frame

Крепление теплообменника к раме вездехода показано на рис. 3. Теплообменник устанавливается выше электронасоса. Такое расположение обеспечивает свободный переток охлаждающей жидкости от теплообменника 2 к насосу 1. Теплообменник крепится к раме вездехода приливами на корпусе с помощью двух болтов 3.

На рис. 4 показан общий вид ЛКВ с установленной на него системой разогрева двигателя. После закрепления теплообменника 7 и электронасоса 2 на раме вездехода 1 их соединили шлангами 3, 4 и 8 с системой охлаждения блока цилиндров двигателя. По окончании монтажа система была проверена на предмет утечек и были закреплены электрические провода.

Предложенная система охлаждения двигателя с функцией предпускового подогрева





**Рис. 3. Установка теплообменника на раме вездехода:**

- 1 – электронасос дополнительного подогрева;  
2 – теплообменник; 3 – крепежные болты

*Fig. 3. Installation of the heat exchanger on the ATV frame: 1 – electric pump for additional heating; 2 – heat exchanger; 3 – fastening bolts*



**Рис. 4. Монтаж системы разогрева двигателя на вездеходе:**

- 1 – рама легкого колесного вездехода;  
2 – электронасос дополнительного отопителя;  
3 – подводящий шланг от насоса к рубашке охлаждения двигателя; 4 – шланг отвода охлаждающей жидкости из рубашки охлаждения к теплообменнику; 5 – двигатель,  
6 – аккумуляторная батарея; 7 – теплообменник;  
8 – шланг отвода охлаждающей жидкости от теплообменника к электрическому насосу

*Fig. 4. Installation of the engine heating system on the all-terrain vehicle: 1 – frame of a light wheeled ATV; 2 – electric pump of an additional heater, 3 – supply hose from the pump to the engine cooling jacket; 4 – coolant outlet hose from the cooling jacket to the heat exchanger; 5 – engine, 6 – battery; 7 – heat exchanger; 8 – coolant drain hose from the heat exchanger to the electric pump*

была опробована в условиях отрицательных температур. В процессе экспериментальных исследований устанавливались закономерности изменения температуры охлаждающей жидкости двигателя в ходе предпускового разогрева при различных температурах окружающей среды.

Регистрация температуры охлаждающей жидкости в блоке двигателя осуществлялась с помощью бесконтактного термометра.

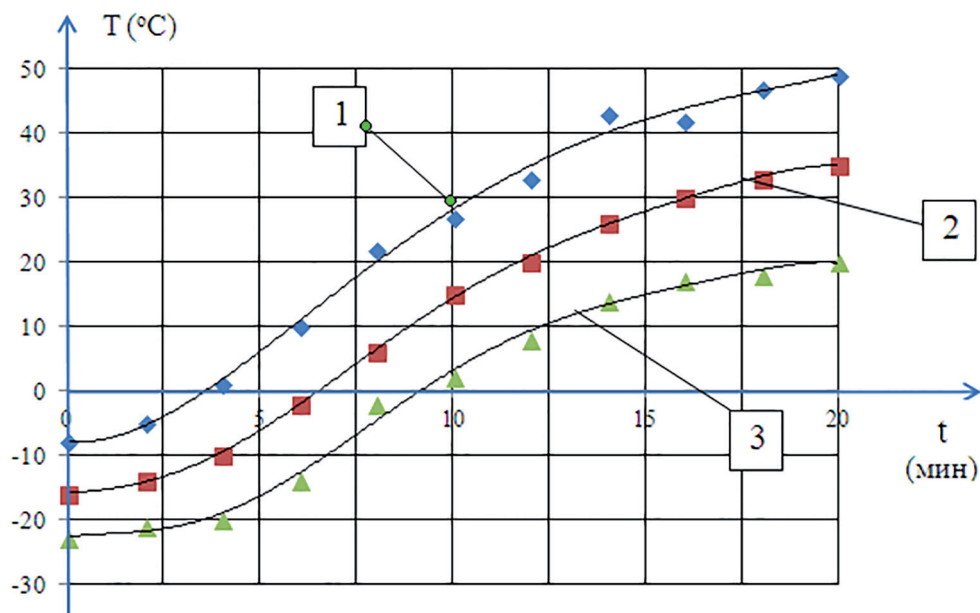
В качестве греющего модуля применяли бензиновую горелку. Бензиновая горелка является отдельным модулем системы, что позволяет осуществлять ее розжиг на безопасном удалении от вездехода с последующим вводом в рабочую зону системы разогрева.

## Результаты и обсуждение

Исследования эффективности разогрева проводились в дневное время после продолжительного простоя вездехода, в том числе и при более низких ночных температурах. Розожженная паяльная лампа устанавливалась в рабочую зону системы разогрева таким образом, чтобы ее пламя было направлено на теплообменник. Затем включался тумблер управления электронасосом дополнительного разогрева, и начиналась циркуляция охлаждающей жидкости через теплообменник к насосу и далее – в рубашку охлаждения двигателя, а оттуда в теплообменник. Замеры температуры охлаждающей жидкости двигателя проводились в течение 20 минут с интервалом в две минуты. После разогрева в течение 20 минут паяльная лампа выводилась из рабочей зоны. Результаты эксперимента представлены на рис. 5.

Экспериментальные исследования проводились при трех разных температурах окружающей среды:  $T_1 = -8\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $T_2 = -16\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $T_3 = -23\text{ }^\circ\text{C}$ , как показано на рис. 5. Температура жидкости в блоке двигателя за 20 минут поднялась на  $57\text{ }^\circ\text{C}$  при температуре окружающей среды  $T_1 = -8\text{ }^\circ\text{C}$  и на  $43\text{ }^\circ\text{C}$ , при температуре окружающей среды  $T_3 = -23\text{ }^\circ\text{C}$ .

Результаты проведенного эксперимента показывают высокую эффективность предложенного предпускового разогрева двигателя на базе бензиновой горелки. Средняя скорость нагрева охлаждающей жидкости двигателя составила  $2,1\text{--}2,8\text{ }^\circ\text{C}$  в минуту, что говорит об интенсивном темпе предпускового разогрева.



**Рис. 5. Интенсивность разогрева охлаждающей жидкости в блоке двигателя:**

1 – температура окружающей среды  $T_1 = -8\text{ }^\circ\text{C}$ ; 2 – температура окружающей среды  $T_2 = -16\text{ }^\circ\text{C}$ ;  
3 – температура окружающей среды  $T_3 = -23\text{ }^\circ\text{C}$

*Fig. 5. The intensity of heating the coolant in the engine block: 1 – ambient temperature  $T_1 = -8\text{ }^\circ\text{C}$ ;  
2 – ambient temperature  $T_2 = -16\text{ }^\circ\text{C}$ ; 3 – ambient temperature  $T_3 = -23\text{ }^\circ\text{C}$*

## Заклучение

Разработана собственная конструкция системы охлаждения с функцией предпускового разогрева двигателя внутреннего сгорания в условиях ограниченного энергоснабжения. Система была установлена на опытный образец легкого колесного вездехода, и проведены испытания ее работоспособности. Результаты проведенного эксперимента свидетельствуют о высокой эффективности разработанной системы на базе бензиновой горелки, которая позволяет с минимальными затратами в условиях пониженных температур произвести предпусковой разогрев двигателя и осуществить его запуск. Средняя скорость нагрева охлаждающей жидкости двигателя в процессе разогрева составила 2,1–2,8 °C в минуту, что говорит об интенсивном темпе предпускового разогрева.

## Литература

1. Калимулин Р.Ф. Эффективность предпускового подогрева автомобильного двигателя // Вестник СибАДИ. 2015. № 1. С. 11–16.
2. Иванов Н.А., Лейбович М.В. Основы теории легких колесных вездеходов. Владивосток: Дальнаука, 2010. 256 с.

3. Йенс Турффельль. Сохраняющее тепло устройство: патент на изобретение № 2136952 Российская Федерация; опубл. 10.09.99, Бюл. № 32.
4. Ермаков Ю.И. Устройство для предпускового подогрева двигателя внутреннего сгорания: патент на изобретение № 2258832 Российская Федерация; опубл. 10.08.2005, Бюл. № 45.
5. Мартынов А.Н., Суркин В.И., Попов А.В. Система предпускового разогрева смазочной системы двигателя внутреннего сгорания транспортного средства: патент на полезную модель № 49133 Российская Федерация; опубл. 10.11.2005, Бюл. № 31.
6. Корчуганова М.А. Исследование эффективности применения бензиновых горелок для предпусковой тепловой подготовки дизельных двигателей // Современные проблемы науки и образования. 2014. №. 1. С. 11–17.
7. Сырбаков А.П. Исследование способов предпускового разогрева тракторных двигателей бензиновыми горелками // Современные проблемы науки и образования. 2015. №. 1. С. 34–39.

## Reference

1. Kalimulin R.F. Automobile engine preheating efficiency. Vestnik SibADI. 2015. No 1, pp. 11–16 (In Russ.).

- Ivanov N.A., Leybovich M.V. Osnovy teorii legkikh kolesnykh vezdekhodov [Foundations of the theory of light wheeled off-road vehicles]. Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2010. 256 p.
- Yyens Turf'yell' Sokhranyayushcheye teplo ustroystvo [Heat preserving device]: patent na izobreteniyе No 2136952 Rossiyskaya Federatsiya; opubl. 10.09.99, Byul. No 32.
- Yermakov YU.I. Ustroystvo dlya predpuskovogo podogreva dvigatelya vnutrennego sgoraniya [Device for preheating an internal combustion engine]: patent na izobreteniyе No 2258832 Rossiyskaya Federatsiya; opubl. 10.08.2005, Byul. No 45.
- Martynov A.N., Surkin V.I., Popov A.V. Sistema predpuskovogo razogreva smazochnoy sistemy dvigatelya vnutrennego sgoraniya transportnogo sredstva [System for preheating the lubrication system of an internal combustion engine of a vehicle]: patent na poleznuyu model' No 49133 Rossiyskaya Federatsiya; opubl. 10.11.2005, Byul. No 31.
- Korchuganova M.A. Study of the efficiency of using gasoline burners for prestarting thermal treatment of diesel engines. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014. No 1, pp. 11–17 (In Russ.).
- Syrbakov A.P. Investigation of methods for pre-starting heating of tractor engines with gasoline burners. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015. No 1, pp. 34–39 (In Russ.).