

# Краткие сообщения

УДК 621.43

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПУСКА ДВИГАТЕЛЯ 12ЧН15/18 ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ПОДОГРЕВА ВОЗДУХА НА ВПУСКЕ

*А.А. Малозёмов, В.Н. Бондарь, В.С. Кукис, Д.В. Романов*

Приведены результаты пусковых испытаний дизеля 12ЧН15/18, оборудованного системой подогрева впускного воздуха и бесфорсуночным подогревателем впускного воздуха в климатической камере. Сформулированы рекомендации по совершенствованию конструктивных характеристик средств облегчения пуска.

*Ключевые слова:* дизель, холодный пуск, подогрев воздуха на впуске, пусковые испытания, климатическая камера.

### Введение

В соответствии с ГОСТ 20000-88 [1] тракторные двигатели должны запускаться без подогрева при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$  на зимнем масле класса вязкости 8 и до  $-20^{\circ}\text{C}$  на загущенном масле типа М-4<sub>3</sub>/8В<sub>2</sub> (SAE 5W). При этом допускается применение средств облегчения пуска (СОП), входящих в комплект двигателя. Двигатели типа 12ЧН15/18 народнохозяйственного назначения не комплектуются СОП и их пуск без подогрева гарантируется при температуре окружающего воздуха до  $+5^{\circ}\text{C}$ . Целью выполненного исследования являлась проверка пусковых качеств этих двигателей с использованием систем подогрева впускного воздуха (ПВВ), разработанного ГСКБД ООО «ЧТЗ-Уралтрак», и бесфорсуночного подогревателя впускного воздуха (БФП) производства завода АТЭ-3 (г. Ржев) по лицензии фирмы «Bosch».

### Объект исследования

Объектом исследования являлся двигатель 12ЧН15/18 (В-35ИН), оборудуемый последовательно:

1. Системой ПВВ. Воздушный тракт двигателя снабжен дополнительным патрубком, на который устанавливался подогреватель. Система ПВВ состоит из подогревателя впускного воздуха, блока управления БУФ-2, электропневматического клапана ЭК-48, редуктора ИЛ-611-150/25К и соединительных трубопроводов. Установка ПВВ показана на рис. 1, а схема системы воздухопуска двигателя с ПВВ – на рис. 2. Редуктор понижает давление воздуха в системе ПВВ до 2,5 МПа. Программой, заложенной в БУФ-2, предусмотрена работа устройств системы пуска следующей продолжительностью: от момента нажатия кнопки «пуск ПВВ» прогрев свечей ПВВ – 2 мин; работа маслозакачивающего насоса (МЗН) – 0,5 мин, причем включение МЗН производится через 1,5 мин прогрева свечей. Через 2 мин включается лампа готовности к пуску, после чего необходимо начинать пуск двигателя.

2. Системой БФП. Система БФП включает в себя четыре факельных свечи 11.3740, электромагнитный топливный клапан 11.3741 и соединительные трубопроводы. На рис. 3 приведена схема включения БФП в топливную систему двигателя. Здесь же показаны места установки свечей БФП на впускных коллекторах двигателя. Свечи как ПВВ, так и БФП включаются через дополнительное сопротивление для снижения сопротивления на свечах до 18,5...19,5 В. БУФ-2 и с системой БФП работает аналогично ПВВ.

При пусковых испытаниях двигателя с БФП тройник, предназначенный для установки ПВВ, демонтировался, при этом обеспечивалась возможность наблюдения за образованием и горением факелов во впускных коллекторах.

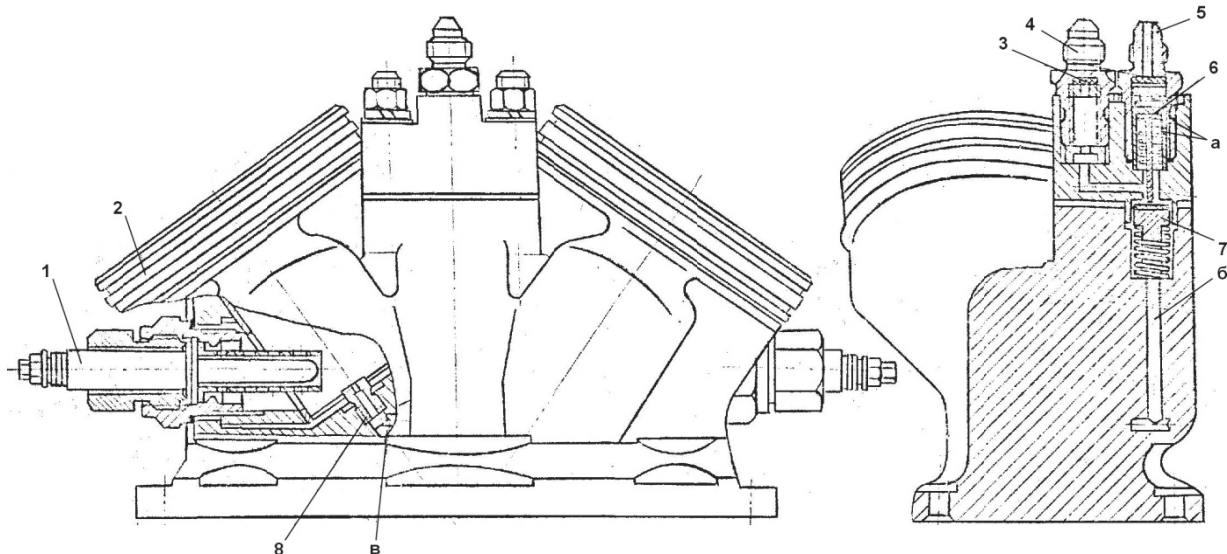


Рис. 1. Установка ПВВ: 1 – свеча накалывания; 2 – тройник; 3 – фильтр; 4 – штуцер подвода топлива; 5 – штуцер подвода воздуха; 6 – воздушный клапан – жиклер; 7 – топливный клапан; 8 – распылитель; а – воздушный канал; б – топливный канал; в – топливоздушный канал

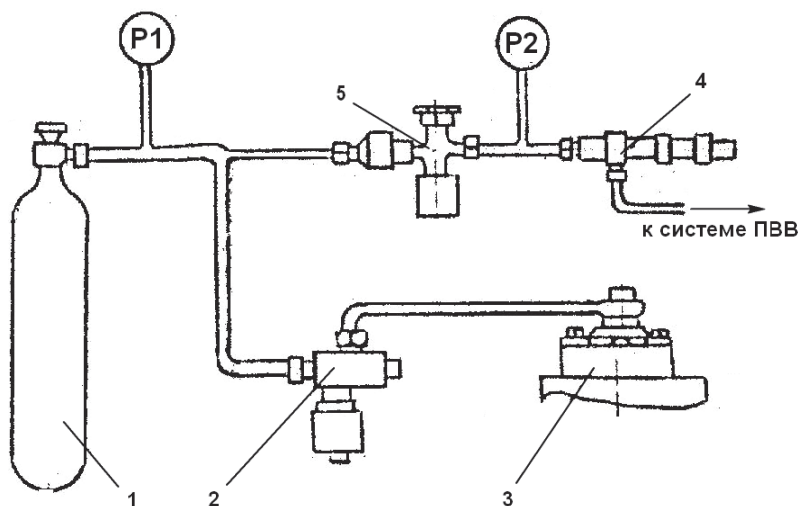


Рис. 2. Схема воздухопуска двигателя с ПВВ:  
1 – воздушный баллон; 2 – пусковой электроклапан; 3 – воздухораспределитель двигателя; 4 – электропневмоклапан ЭК-48; 5 – редуктор ИЛ 611-150-25К; P1, P2 – манометры

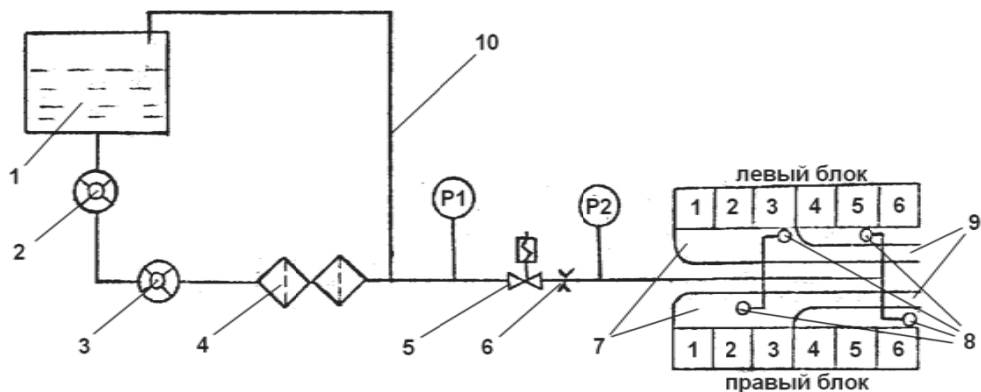


Рис. 3. Схема включения БФП в топливную систему: 1 – топливный бак; 2 – электрический подкачивающий насос; 3 – топливоподкачивающий насос НТП-46; 4 – топливный фильтр; 5 – топливный клапан БФП; 6 – суммарный жиклер; 7 – впускные коллекторы; 8 – свечи БФП; 9 – делительная перегородка; 10 – дренажный трубопровод; P1, P2 – манометры

### Методика исследования

Двигатель устанавливался в климатической камере на перекаточной платформе и оборудовался топливной системой, системой смазки и предпусковой прокачки масла, системой охлаждения и системой воздушного пуска. Система смазки заправлялась моторным маслом вязкостью «8». Топливная система заправлялась дизельным топливом А-0,4 ГОСТ 305-82 [2]. Система охлаждения была заправлена охлаждающей жидкостью 65. Пуск двигателя с применением ПВВ или БФП производился в следующем порядке:

- открывался вентиль на баллоне сжатого воздуха;
- включался электрический топливоподкачивающий насос и нажималась кнопка «Пуск ПВВ» на блоке БУФ-2;
- рычаг подачи топлива устанавливался в положение 1/2 полной подачи;
- при появлении сигнала о готовности к пуску нажималась кнопка пульта «Пуск»;
- продолжительность включения воздухопуска была не более 8 с;
- непосредственно после пуска устанавливался режим  $900...1000 \text{ мин}^{-1}$  и работа на этом режиме продолжалась до момента автоматического отключения ПВВ или БФП блоком БУФ-2.

Пуск двигателя считался удачным, если был осуществлен не более, чем с трех попыток и после отключения ПВВ или БФП двигатель управлялся рычагом подачи топлива и при этом давление в системе смазки соответствовало требованиям конструкторской документации.

Пуск двигателя производился после выдержки заданной температуры окружающего воздуха, деталей двигателя, топлива, масла и охлаждающей жидкости в течение одного часа (не менее) при разности температур не более  $2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Испытания со средствами облегчения пуска начинались с температуры  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ . При удачном пуске опыты повторялись, а при неудачном пуске температура повышалась на  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  для проведения последующего опыта. Контроль за работой ПВВ и БФП осуществлялся визуально через входные отверстия впускных коллекторов.

При проведении испытаний регистрировались следующие параметры:

- температура окружающей среды;
- температура масла в баке;
- температура топлива в баке;
- температура охлаждающей жидкости в расширительном баке;
- давление масла на входе в главную магистраль;
- давление масла на восьмой опоре коленчатого вала;
- давление топлива после топливоподкачивающего насоса;
- давление топлива перед ПВВ или БФП;
- температура воздуха во впускных коллекторах;
- время прогрева свечей ПВВ или БФП;
- время пуска двигателя.

### Результаты исследования

Первоначально были проведены пусковые испытания двигателя с ПВВ. За период испытаний осуществлено 12 опытов по пуску двигателя с системой ПВВ, из них три опыта – при температуре окружающего воздуха от  $+10$  до  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  с целью определения параметров функционирования системы питания топливом ПВВ. Остальные девять опытов проведены при температуре  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ , из них пять опытов – с использованием блока управления БУФ-2.

Первые опыты показали, что штатная топливная система двигателя 12ЧН15/18, выполненная без дросселя в дренажном трубопроводе на протоке топлива, не обеспечивает давления топлива, необходимого для эффективной работы ПВВ. При работе топливоподкачивающего насоса давление топлива составляло  $0,04 \text{ МПа}$ , при работе дизеля совместно с насосом –  $0,08...0,1 \text{ МПа}$ . При таком давлении воспламенение топлива и образование факелов происходит нестабильно. После установки дросселя диаметром  $0,8 \text{ мм}$  в дренажном трубопроводе давление топлива в системе повысилось и составило  $0,07 \text{ МПа}$  и  $0,18...0,2 \text{ МПа}$  соответственно, что обеспечило более стабильное воспламенение и более устойчивый факел в процессе пуска.

Пусковые испытания двигателя показали, что с применением ПВВ обеспечивается запуск двигателя воздушной пусковой системой с исходным давлением воздуха в системе  $9,0 \text{ МПа}$  при

температуре окружающего воздуха  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Однако после пуска в процессе сопровождения работы двигателя на холостом ходу работой ПВВ выхлопные патрубки (выход из головки) правого блока оставались холодными или были чуть теплыми (определялось прикосновением руки), что свидетельствует о самопроизвольном отключении цилиндров этого блока или об их нестабильной работе. Это явление можно объяснить срывом и угасанием факела в правом коллекторе. Самопроизвольное отключение цилиндров и их нестабильная работа приводят к таким нежелательным явлениям как смывание смазки со стенок цилиндра в первом случае и осмолению газовоздушного тракта – во втором.

Частота вращения коленчатого вала двигателя перед запуском составляла  $70\text{...}75\text{ мин}^{-1}$ . Продолжительность пуска двигателя с ПВВ при температуре  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  не превышала 4 с. Сопровождение работы двигателя после пуска работой ПВВ составляло 2 мин (соответствует заложенной в БУФ-2 программе). После отключения ПВВ двигатель управляется рычагом подачи топлива. Образец осциллограммы процесса пуска двигателя с ПВВ показан на рис. 4. Анализ осциллограммы показал, что до начала «разгона» двигателя температура воздуха во впускных коллекторах достаточно высокая (до  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). С набором частоты вращения температура воздуха существенно снижается и при  $1000\text{ мин}^{-1}$  она составляет: в левом блоке –  $t_{в\text{ лев}} = 39\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в правом блоке –  $t_{в\text{ пр}} = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

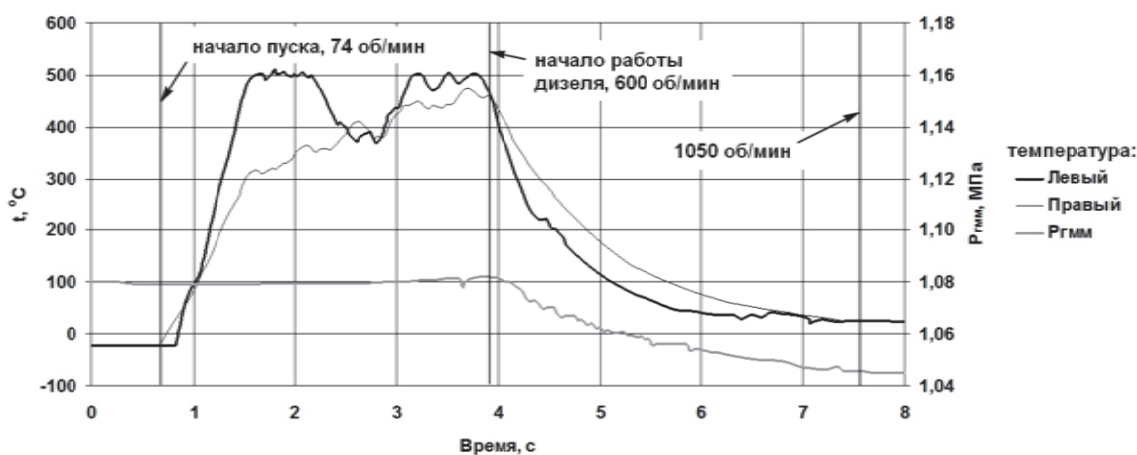


Рис. 4. Осциллограмма процесса пуска двигателя 12ЧН15/18 с ПВВ (пуск воздушный,  $P_{в\text{ иск}} = 9,0\text{ МПа}$ ,  $t_{окр} = t_{дв} = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

Испытания с БФП и с ПВВ проведены с установленными на заводе коллекторами. Первые опыты по пуску двигателя с БФП проведены с установленным на дренажном трубопроводе 10 дросселем диаметром 0,8 мм и жиклером диаметром 1,0 мм перед свечами БФП. Давление топлива при этом перед запуском двигателя и после запуска составляло соответственно 0,065...0,07 МПа (работа топливоподкачивающего насоса) и 0,18...0,2 МПа (работа двигателя и топливоподкачивающего насоса). В начале пуска двигателя образуются мощные факелы, но через 3...7 с на левой стороне и практически сразу после начала работы двигателя на правой стороне они гаснут, после чего работа двигателя становится неустойчивой и в некоторых опытах он останавливался. Затухание факелов можно объяснить переохлаждением свечей БФП от избыточного расхода топлива, так и срывом факела впускным воздухом при высоких частотах вращения коленчатого вала двигателя.

С целью снижения расхода топлива через БФП был снят дроссель с дренажного трубопровода, а жиклер диаметром 1,0 мм перед БФП оставлен. Давление топлива перед БФП после этого при работе топливоподкачивающего насоса понизилось до 0,04 МПа, а при работе двигателя и насоса – до 0,07...0,08 МПа. Это привело к более стабильному горению факелов БФП, установленных в левом коллекторе, где они горели вплоть до отключения свечей БФП. Продолжительность включения свечей БФП по программе БУФ-2 составляла 30 с от начала пуска двигателя. В правом впускном коллекторе факелы прекращали гореть практически сразу после разгона двигателя до  $900\text{...}1000\text{ мин}^{-1}$ . Выхлопные патрубки правого коллектора так же, как и при пуске

## Краткие сообщения

---

с ПВВ, оставались холодными. После отключения свечей и прекращения горения БФП в левом коллекторе работа продолжалась, двигатель управлялся рычагом подачи топлива. Повторные опыты по пуску двигателя с БФП при температуре  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  дали аналогичные результаты.

### Выводы

Проведенные экспериментальные исследования показали, что система ПВВ, установленная на впускных коллекторах двигателя 12ЧН15/18, также как и система БФП (установка по две свечи на каждый впускной коллектор), позволяют производить пуск двигателя при температуре окружающего воздуха до  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  без предварительного разогрева, что обеспечивает его соответствие требованиям ГОСТ 20000-88.

Применение БФП, как средства облегчения пуска двигателя 12ЧН15/18, более предпочтительно, так как при прочих равных условиях отпадает необходимость в сжатом воздухе, следовательно, в установке на тракторе компрессора.

Для повышения надежности работы системы БФП необходимо разработать и проверить в климатической камере дополнительные мероприятия по стабильному горению факела в режиме сопровождения с разделенными впускными коллекторами.

Результаты исследования были использованы ООО «ЧТЗ-Уралтрак» при совершенствовании пусковых качеств дизелей типа 12ЧН15/18.

### Литература

1. ГОСТ 20000-88. Дизели тракторные и комбайновые. Общие технические условия. – 1990-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 15 с.
2. ГОСТ 305-82. Топливо дизельное. Технические условия. – 1983-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 6 с.

**Малозёмов Андрей Адиевич.** Доктор технических наук, профессор кафедры «Колесные, гусеничные машины и автомобили», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), amalozemov@mail.ru.

**Бондарь Владимир Николаевич.** Кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Колесные, гусеничные машины и автомобили», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), scatt\_74@mail.ru.

**Кукис Владимир Самойлович.** Доктор технических наук, профессор кафедры «Колесные, гусеничные машины и автомобили», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), idem37@mail.ru.

**Романов Дмитрий Викторович.** Аспирант кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», Алтайский государственный технический университет (Барнаул), idem37@mail.ru.

*Поступила в редакцию 7 февраля 2014 г.*

## **INCREASING 12CHN15/18 ENGINE START RELIABILITY AT LOW TEMPERATURES USING SYTEMS OF INTAKE AIR HEATING**

*A.A. Malozemov, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, amalozemov@mail.ru,  
V.N. Bondar, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, scatt\_74@mail.ru,  
V.S. Kukis, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, idem37@mail.ru,  
D.V. Romanov, Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, idem37@mail.ru*

The article presents results of the diesel 12CHN15/18, equipped with an intake air heating system and without nozzle heater of intake air, cold test in a climatic chamber and formulated recommendations concerning the improvement of the tools to facilitate cold start design characteristics.

*Keywords: diesel, cold start, inlet air heating, cold start test, climatic chamber.*

### **References**

1. *GOST 20000-88. Dizeli traktornye i kombajnovye. Obshhie tehnicheckie uslovija* [State Standard 20000-88. Diesels tractor and combine. General specifications]. Moscow, Standartinform Publ., 1997. 15 p.
2. *GOST 305-82. Toplivo dizel'noe. Tehnicheckie uslovija* [State Standard 305-82. Diesel fuel. Specifications]. Moscow, Standartinform Publ., 2003. 6 p.

*Received 7 February 2014*