

УДК 621.43

Т.В. Карпенко, аспирант

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь
wiesgen@bk.ru*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПУСКОВЫХ КАЧЕСТВ ДИЗЕЛЯ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА МИНУС 40°С

Приведено описание экспериментальной установки, предназначенной для исследования пусковых качеств дизеля при температуре окружающего воздуха минус 40°С, с указанием параметров и методов оценки рабочего процесса на режиме пуска.

Ключевые слова: *двигатель, предпусковая подготовка, пусковые качества, экспериментальная установка, утечки заряда, лесные машины.*

Воспламенение топлива при пуске дизеля определяется температурой, давлением воздуха в момент впрыска топлива, качеством его распыла, формой камеры сгорания, цетановым числом топлива и др. В свою очередь, температура и давление в камере сгорания зависят от утечек заряда воздуха через неплотности и от теплоотдачи в стенки.

На номинальном режиме работы двигателя утечки заряда в процессе сжатия малы и ими в расчетах обычно пренебрегают. Однако при пуске холодного двигателя вследствие прокручивания коленчатого вала с малой частотой, продолжительность процесса сжатия значительно увеличивается, что приводит к резкому возрастанию утечек. При скорости вращения коленчатого вала в пределах 50...75 мин⁻¹ утечка воздушного заряда в среднем составляет 24% (при степени сжатия $\epsilon=16$) от всего объема воздуха, поступившего в цилиндры двигателя [1].

Предварительный подогрев двигателя повышает температуру в конце сжатия и ускоряет процесс пуска, но не оказывает существенного влияния на уменьшение утечек заряда через зазоры в кольцах [2].

На основании проведенного анализа работ по изучению процесса сжатия заряда в цилиндре двигателя установлено, что улучшение пусковых качеств дизеля может быть достигнуто уплотнением маслом цилиндро-поршневой группы перед пуском двигателя [3].

Для исследования пуска была разработана система уплотнения цилиндро-поршневой группы маслом [4] и сконструирована экспериментальная установка.

Объект исследования. В качестве объекта исследований был принят серийный двигатель Д-245.2S2, зав.№232797 (4ЧН11/12,5), производства ОАО «МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД» в базовой комплектации, который прошел холодную и горячую обкатки и был успешно протестирован на нагрузочном стенде.

До начала испытаний предоставленный дизель проверялся по техническим условиям производителя на соответствие действительной степени сжатия, фаз газораспределительного механизма, действительных углов впрыска топлива. Проверялась исправность компонентов систем пуска и топливоподачи.

Методика исследования. Испытания проводились в холодильной камере оборудованной турбохолодильной машиной в испытательном боксе РУП «МИНСКИЙ ТРАКТОРНЫЙ ЗАВОД». Температура окружающего воздуха и всех заправленных жидкостей в системах охлаждения, смазки, топливной системе двигателя и подогревателя, доводилась до минус 40 ±2°С.

Оценка пусковых качеств при проведении исследования, осуществляется по времени пуска T_p , которое определяется периодом от начала прокручивания коленчатого вала до достижения минимальной частоты вращения холостого хода. Дополнительным оценочным параметром являлось время первой вспышки топлива в цилиндрах двигателя T_b , которое определялось периодом от начала топливоподачи до первого увеличения частоты вращения коленчатого вала, выше частоты прокручивания электростартером.

Анализ рабочего процесса [5,6] осуществлялся на базе данных индицирования двигателя, времени и продолжительности открытия иглы форсунки (начало и окончание впрыска топлива), угла поворота коленчатого вала, текущих значений частоты вращения и времени. Оценочными параметрами рабочего процесса выступают максимальное давление P_z , среднее индикаторное давление цикла p_i , степень повышения давления λ , скорость нарастания давления $dP/d\phi$, период задержки воспламенения, угол опережения впрыска топлива θ , угол опережения воспламенения α_b , начало и продолжительность сгорания.

Экспериментальная установка. Экспериментальная установка, состоящая из объекта исследования и органов управления, изображена на рис 1.

Дизель укомплектован системой воздухоочистки, системой выпуска, системой охлаждения, подогревателем и генератором машины лесной харвестера «Беларус» МЛХ-414. Через демпфирующие опоры дизель устанавливается на стальную опорную раму и помещается в холодильную

(климатическую) камеру. В холодильной камере монтируются бак системы питания топливом, система управления подачей топлива, система уплотнения цилиндرو- поршневой группы маслом, две АКБ, датчики и термодатчики измерительного комплекса. Все элементы систем двигателя расположены согласно их размещению на машине лесной харвестере «Беларус» МЛХ-414.

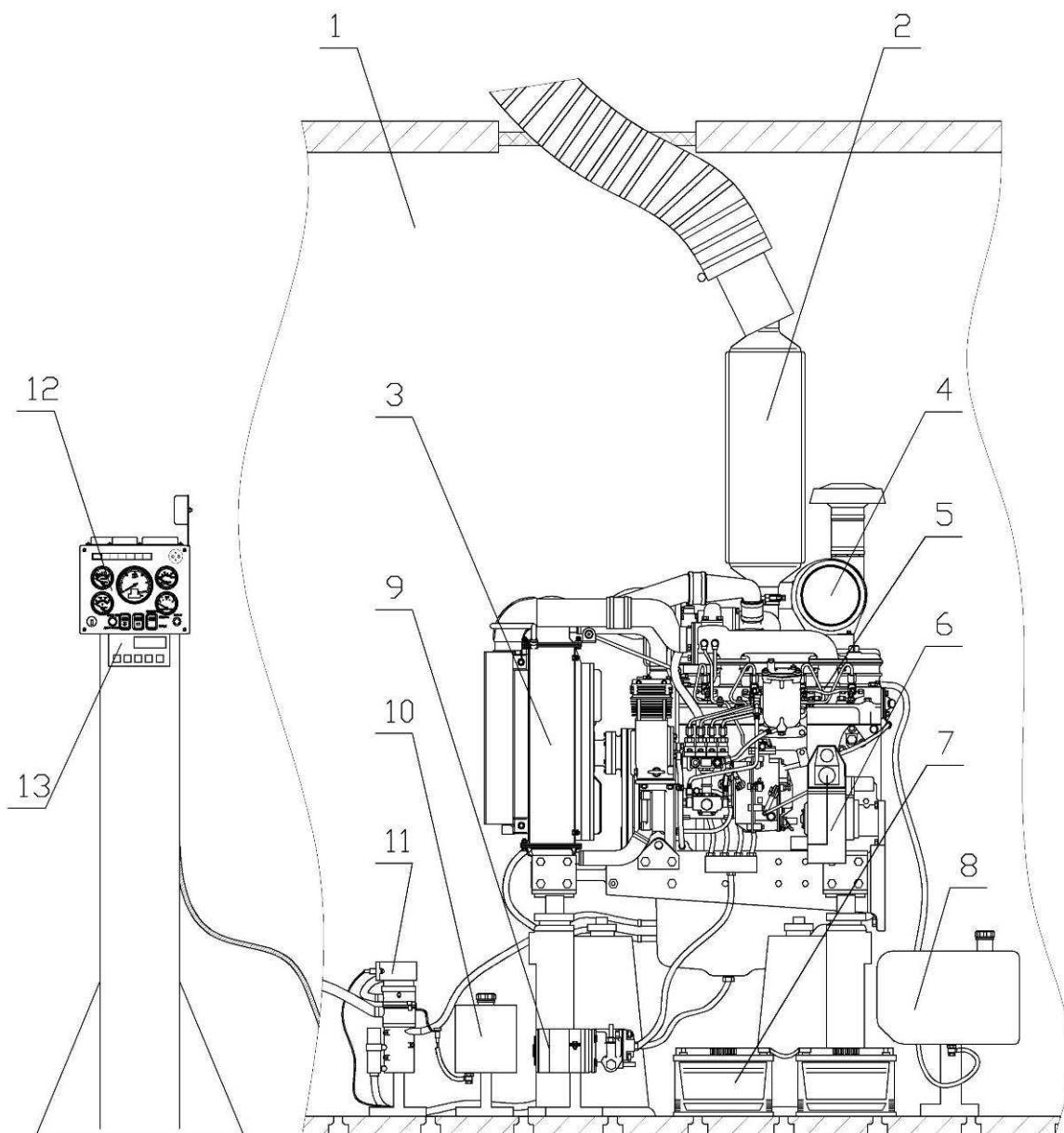


Рисунок 1 - Экспериментальная установка:

1 – климатическая камера турбохолодильной машины ТХМ 1-25; 2 – система выпуска; 3 – блок радиаторов; 4 – система очистки воздуха; 5 – двигатель Д-245.2S2; 6 – блок управления подачей топлива; 7 – аккумуляторные батареи; 8 – топливный бак двигателя; 9 - маслозакачивающий насос МЗН-2 системы уплотнением маслом; 10 – топливный бак подогревателя Thermo-90 S; 11 - подогреватель Thermo-90 S; 12 – пульт управления двигателем и системой уплотнения маслом цилиндру- поршневой группы; 13 – пульт управления подогревателем Thermo-90 S

Запись показаний установленных датчиков осуществлялся основной системой измерений и контроля, включающей: персональную ЭВМ со специализированным программным обеспечением, датчики и соединительные кабели, универсальный усилитель НВМ QuantumX MX840.

Первичная обработка сигналов датчиков осуществлялась универсальным усилителем НВМ QuantumX MX840. Усилитель с универсальными разъемами для подключения всех стандартных типов датчиков позволяет решать широкий спектр испытательных и контрольных задач, отличается высоким классом точности - до 0.01% в зависимости от принципа измерений. Система сбора данных идеально подходит для функциональных испытательных стендов, мощностных испытательных стендов,

лабораторних измерений, промислових і дорожніх испытаній. Оброблені дані поступають в персональну ЕВМ, де і відбувається моніторинг, запис і контроль показань датчиків.

Значення температур двигателя і системи ущільнення маслом циліндро- поршневої групи фіксувалися термопарами, підключеними до багатоканального вимірельного регістратора РМ-2201. Регістратор РМ-2201 фіксує вимірювання по 9-ти гальванічески ізолюваним каналам сили і напруги постійного струму, а також неелектрических величин, перетворених в електрические сигнали постійного струму і опору постійному струму з наступною обробкою результатів вимірювань, їх візуалізації, збору і зберігання інформації. Отримані дані можуть виводитися на ЖК- індикаторі в вигляді цифр, графіків, діаграм або гістограм для зручності обробки результатів вимірювання. Погрешність вимірювання $\pm 0,15\%$.

Запис параметрів індикаторного тиску спалення виконується ЕВМ, являючись складовою частиною допоміжної системи вимірювань, базуючись на компонентах комплексу AVL Indimaster.

Система включає: пьезокварцеві датчики тиску, установлені в циліндрах, оптичний датчик положення коленчатого вала високого розриву, імпульсне колесо, установлене на коленчатому валу, усилитель аналогового сигналу датчиків, аналого-цифровий перетворювач сигналу датчиків і ЕВМ з спеціалізованим програмним забезпеченням для реєстрації і зберігання параметрів індикаторного тиску.

При цьому погрешність вимірювання тиску газів в циліндрах двигателя комплексом AVL Indimaster становить $\pm 2\%$ (для вимірюваних значень в межах 3...20 МПа) з допуском 0,5 град ПКВ. Верхня мертва точка 1-го циліндра визначалася за допомогою тестового прокручування і обробки отриманої діаграми. Реальне положення ВМТ визначалося стандартизованою величиною зміщення від фактичного положення піку тиску індикаторної діаграми. Для даного типу двигателя при 20 °С величина зміщення становить 0,8 град ПКВ.

Таким чином, комплексна система вимірювань дозволяє проводити замір, контроль і зберігання наступних параметрів дослідження пуску і роботи двигателя: тиск в циліндрах, положення ВМТ і такт стиснення 1-го циліндра, поточне кутове положення коленчатого вала, частоту обертання коленчатого вала, тиск в системі мащення двигателя, тиск в системі ущільнення циліндро- поршневої групи, визначення величини струму в ланці включення стартера і свічок нагрівання, температури ОЖ на вході в двигатель і на виході з головки блоку циліндрів, температури масла в трьох точках в піддоні двигателя і системі ущільнення маслом, температури палива в паливній бачці, бачці підігрівача і на вході в паливний фільтр двигателя, температуру повітря на вході в воздухоочиститель, температуру оброблених газів, а також хронометрические параметри реєструваних значень.

Вимірювання температур виконувалося термопарами. Тиск масла вимірювалося датчиками абсолютного тиску з тензорезисторними сенсорами. Частота обертання коленчатого вала вимірювалася електронним тахометром з погрешністю $\pm 0,2\%$ вимірюваної величини. Фіксація вказаних параметрів велася неперервно на протязі всього процесу пуску, починаючи з прокручування коленчатого вала, до досягнення стійких холостих обертів коленчатого вала 800 мин^{-1} .

Начало і кінець запису параметрів всіх систем вимірювань, виконувалося оператором в ручному режимі. Аналіз результатів був можливий як в графічній формі, так і в вигляді таблиць фактичних значень параметрів. Запис тиску в циліндрах двигателя велася в прив'язці до кута повороту коленчатого вала, тоді як для решти параметрів в якості осі «х» виступало час від початку запису експерименту, виражене в секундах.

Всі вимірельне обладнання розташовувалося в пультавому приміщенні кліматического комплексу.

Проведення испытаній в кліматической камері холодильної машини було обумовлено необхідністю скорочення часу испытаній при досягненні умов, максимально близьких до реальної експлуатації. При цьому в відмінність від інших методів, зберігається можливість використання високотехнологічного вимірельного обладнання для реєстрації процесів з достаточною ступенню точності і розрешаючою здатністю.

Висновки. 1. Розроблено експериментальний комплекс дослідження робочого процесу і пускових якостей дизелів при температурі навколишнього повітря мінус 40° С, що дозволяє проводити оцінку ефективності застосування системи зменшення пуску шляхом ущільнення маслом циліндро- поршневої групи.

Відмінними особливостями експериментального комплексу є:

- використання в якості об'єкта испытаній серійного дизеля, в умовах максимально близьких до умов реальної експлуатації;
- можливість оперативного змінення параметрів тиску масла в системі ущільнення, регулюючи величину витоків робочого заряду;
- використання сучасної системи вимірювань.

2. Разработана система, позволяющая проводить измерение и контроль параметров холодного пуска дизеля при температуре окружающего воздуха минус 40 °С.

Отличительными особенностями системы измерений являются:

- комбинированное использование как штатных датчиков систем двигателя, так и дополнительных датчиков, таких как датчики давления в цилиндрах двигателя и датчики температур рабочих сред двигателя;
- контроль давления сгорания выполняется во всех цилиндрах двигателя одновременно;
- возможность непрерывной синхронной (за исключением давления газов в цилиндрах двигателя) записи результатов измерений на протяжении всего пуска;
- дифференцированная степень разрешения записи различных параметров функционирования дизеля - в зависимости от быстротечности процессов ими характеризуемых.

Библиографический список использованной литературы

1. Улучшение пусковых качеств автотракторных дизелей в зимний период эксплуатации: монография / А.Н. Каргашевич, Г.М. Кухаренок, А.В. Гордеенко, Д.С. Разинкевич. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2005. – 7с.
2. Мешков Н.Д. Исследование пуска тракторных дизельных двигателей в зимних условиях / Н.Д. Мешков. – Воронеж, 1961 – 19с.
3. Буртакова В.Я. Влияние жидкостного уплотнения деталей цилиндропоршневой группы на пусковые свойства двигателя Д-21 / Н.Д. Буртакова // Тракторы и сельхозмашины. – 1969. – №5. – С. 10 – 11.
4. Пат. 9056 Республика Беларусь, МПК F 02N 19/00, 2010.01. Устройство улучшения пуска двигателя / Г.М. Кухаренок, В.А. Коробкин, Т.В. Карпенко; заявитель РУП «МТЗ». – № u 20120655; заявл. 06.07.12 ; опубл. 28.02.13 Бюл. № 3.
5. Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов: учебник для вузов / В.Н. Луканин, К.А. Морозов, А.С. Хачиян. – М.: Высшая школа, 2005. – 479 с.
6. Кухаренок Г.М. Рабочий процесс высокооборотных дизелей. Методы и средства совершенствования: монография / Г.М. Кухаренок – Минск: БГПА, 1999. – 180с.

Поступила в редакцию 25.04.2013 г.

Карпенко Т.В. Експериментальна установка для дослідження пускових якостей дизеля при температурі навколишнього повітря мінус 40°С

Наведено опис експериментальної установки, призначеної для дослідження пускових якостей дизеля при температурі навколишнього повітря мінус 40°С, з зазначенням параметрів та методів оцінки робочого процесу на режимі пуску.

Ключові слова: двигун, передпускова підготовка, пускові якості, експериментальна установка, витоку заряду, лісові машини.

Karpenko T. V. Experimental facility for start ability research in diesel engine at ambient air temperature minus 40°C

This article contains description of experimental facility used for diesel engine cold start ability research at ambient air temperature minus 40° indicating parameters and methods of evaluating work process at cold start mode.

Keywords: engine, prestarting preparation, start ability, experimental facility, forestry machines.