

АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА МАСЛООТДЕЛИТЕЛЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ КАРТЕРА ВЫСОКОФОРСИРОВАННОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ

ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF THE OIL SEPARATOR OF THE CRANKCASE VENTILATION SYSTEM OF A HIGHLY-BOOSTED DIESEL ENGINE

С.М. АНДРИЯНОВ¹
В.Н. НИКИШИН¹, д.т.н.
А.С. КУЛИКОВ²

¹ Набережночелнинский институт Казанского федерального университета, Набережные Челны, Россия

² Научно-технический центр ПАО «КАМАЗ», Набережные Челны, Россия, z-sergei-z@mail.ru

S.M. ANDRIYANOV¹,
V.N. NIKISHIN¹, DSc in Engineering
A.S. KULIKOV²

¹ Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny, Russia

² The Scientific and Technical Center of PJSC «KAMAZ», Naberezhnye Chelny, Russia, z-sergei-z@mail.ru

Рассматриваются актуальные на сегодняшний день проблемы, связанные с разработкой системы вентиляции картера высокофорсированных дизельных двигателей. Во избежание возникновения в картерном пространстве значительного избыточного давления, отрицательно влияющего на герметичность уплотнений в двигателе, картерные газы эвакуируются в атмосферу. Выделяются и описываются основные процессы, протекающие в системе вентиляции картера дизельного двигателя, а также проблемы и пути их решения. Представлена информация о преимуществах и недостатках открытых и закрытых систем вентиляции картера двигателя. Значительное внимание уделяется основному элементу системы вентиляции картера любого двигателя – маслоотделителю. Имеется информация по анализу существующих систем вентиляции картера и маслоотделителей. Рассмотрена оценка работоспособности системы вентиляции картера. Имеются критерии: по оценке расхода масла, попадаемого непосредственно в систему вентиляции картера; по относительному содержанию масла в картерных газах; по эффективности системы вентиляции картера. Представлена установка для проведения стендовых безмоторных испытаний открытой и закрытой систем вентиляции картера, подробно изложена методика по результатам испытаний запатентованного опытного маслоотделителя специалистами НТЦ ПАО «КАМАЗ». Имеются данные по моторным испытаниям открытой системы вентиляции картера с запатентованным маслоотделителем современного дизельного двигателя 8ЧН 12/13. Экспериментальными стендовыми безмоторными и моторными исследованиями подтверждена высокая эффективность системы вентиляции картера с опытным маслоотделителем. Установлено, что в результате стендовых моторных испытаний открытой системы вентиляции картера с применением опытного маслоотделителя предел работоспособности с наименьшей эффективностью (не ниже 97,5 %) определен значениями расхода картерных газов 360 л/мин.

Ключевые слова: автомобильный дизель, система вентиляции картера, маслоотделитель, эффективность, картерные газы.

Current problems, related to the development of the crankcase ventilation system for high-powered diesel engines, are considered. To avoid the occurrence of significant excess pressure in the crankcase, which negatively affects the tightness of the seals in engine, the crankcase gases are evacuated to the atmosphere. The main processes that take place in the ventilation system of the crankcase of the diesel engine are singled out and described, as well as the problems and ways of their solution. Information on the advantages and disadvantages of open and closed crankcase ventilation systems is presented. Considerable attention is paid to the main element of the crankcase ventilation system of any engine – oil separator. There is information on the analysis of existing crankcase ventilation systems and oil separators. The evaluation of the efficiency of the crankcase ventilation system is considered. There are criteria for: estimating the flow of oil directly into the crankcase ventilation system; relative oil content in crankcase gases; efficiency of the crankcase ventilation system. The installation for carrying out benchless motorless testing of open and closed crankcase ventilation systems is presented, the technique is described in detail on the results of tests of the patented pilot oil separator by specialists of STC PJSC «KAMAZ». There are data on motor tests of the open crankcase ventilation system with the patented oil separator of the modern diesel engine 8ChN 12/13. Experimental benchless motorless and motor studies confirmed the high efficiency of the crankcase ventilation system with an oil separator. It is established that as a result of bench motor tests of an open crankcase ventilation system with the use of an experimental oil separator, the limit of efficiency with the least efficiency (not lower than 97,5 %) is determined by the values of the consumption of crankcase gases 360 l/min.

Keywords: automobile diesel, crankcase ventilation system, oil separator, efficiency, crankcase gases.

Введение

В целях защиты окружающей среды от загрязнения продуктами сгорания во многих странах действуют как национальные, так и международные стандарты, ограничивающие предельно допустимое содержание вредных веществ в отработавших газах (ОГ) дизелей. Однако в процессе сгорания топлива в двигателе часть продуктов сгорания проникает через зазор между поршнем и цилиндром и попадает в картер двигателя, где смешивается с масляной аэрозолью, превращаясь в картерные газы. Во избежание возникновения в картерном пространстве значительного избыточного давления, отрицательно влияющего на герметичность уплотнений в двигателе, картерные газы эвакуируются в атмосферу. Обычно применяют открытые системы вентиляции картера, что наносит дополнительный (неучтенный) вред окружающей среде.

В 1990-х выбросы вредных веществ с отработавшими газами дизелей были существенно уменьшены за счет использования каталитических нейтрализаторов ОГ и систем рециркуляции ОГ, совершенствования рабочего процесса, применения противосажевых фильтров, а уровень выброса картерных газов в дизельных двигателях остался относительно постоянным. Поэтому доля выбросов из картера стала более весомой и может составлять от 10 до 25 % всех выбросов из двигателя, в зависимости от его состояния и режима работы [1].

Экологические показатели дизельных двигателей регламентируются в Европе Правилами ООН с соответствующими поправками и дополнениями. В России дополнительно действуют различные технические регламенты и ГОСТы, требующие выполнение требований Правил российскими производителями дизелей.

Подобные требования влияют на облик самих дизелей, требуют введения новых конструктивных элементов, реализующих тот или иной способ снижения выбросов вредных веществ с отработавшими газами двигателей. Последнее касается и систем вентиляции картерных газов. В частности, ГОСТ Р 51998-2002 «Дизели автомобильных транспортных средств. Общие технические условия» [2] требует применения в конструкции дизельных двигателей закрытой системы вентиляции картера.

Контакт внутрицилиндровых высокотемпературных газов с маслом, в связи с их прорывом в картерную часть, вызывает образование

токсичных веществ. Поэтому открытые системы вентиляции картера отходят в прошлое. Требуется разработка так называемых замкнутых (закрытых) систем.

Цель исследования

Целью исследования является разработка маслоотделителя системы вентиляции картера высокофорсированного автомобильного дизеля.

Основные процессы в системе вентиляции картера

Система вентиляции картера и картерное пространство в двигателе взаимосвязаны. В картерном пространстве картерные газы (КГ) собираются и в виду имеющихся процессов неизбежно смешиваются с маслом. Выход из картерного пространства является входом в систему вентиляции картера. Картерное пространство – объем пространства внутри двигателя, ограниченный внутренними поверхностями деталей двигателя. Правильно сформированное и организованное картерное пространство значительно снижает нагруженность системы вентиляции картера. Система может представлять собой совокупность элементов для приема КГ, маслоотделения, слива осажденного масла в картер двигателя, отвода отсепарированных КГ [3].

Работоспособность системы вентиляции картера определяется следующими характеристиками:

- эффективность – способность системы наиболее полно осаждать масло;
- исправность – обеспечение заданных параметров и герметичности системы;
- нагруженность – определяется фактическим количеством масла, попадаемого на вход в систему с КГ в единицу времени, и соотношением масла к количеству КГ.

На работоспособность системы вентиляции картера влияет количество образующихся КГ (расход КГ, определяющий их скорость в системе), а также количество масла в картерном пространстве на входе в систему, находящегося во взвешенном состоянии в каждый момент времени. Значение давления КГ свидетельствует о гидравлическом сопротивлении системы вентиляции картера (для открытой системы). Увеличение расхода КГ повышает вероятность попадания масла в систему вентиляции картера (в виде мелких частиц – «масляного

тумана»). Вследствии этого растет нагруженность системы вентиляции картера, что влияет на процесс маслоотделения. При работе системы вентиляции картера масло из взвешенного состояния переходит в осажденное. Масло в осажденном состоянии должно сливаться через элементы системы в картер двигателя. Температура КГ также влияет на процесс осаждения масла в системе (фактическая температура КГ при работе двигателя на эксплуатационных режимах достигает 125 °С, температура кипения масла в двигателе составляет порядка 300 °С).

Существуют два типа систем вентиляции картера:

- открытая – с отводом КГ из картерного пространства в атмосферу;

- закрытая – с подачей отводимых КГ из картерного пространства во впускной тракт.

К основным преимуществам открытой системы вентиляции картера следует отнести:

- простоту конструктивной схемы;
- простоту компоновки;
- отсутствие негативного воздействия на систему впуска и наддува;
- отсутствие влияния на рабочий процесс в цилиндре двигателя и, как следствие, на выбросы вредных веществ;
- меньшую конструктивную массу;
- меньшие затраты на изготовление, обслуживание и ремонт;
- меньшее количество деталей системы.

Наряду с этим открытая система вентиляции картера имеет существенный недостаток – это наличие выбросов вредных веществ с КГ в атмосферу, что увеличивает общее экологическое воздействие двигателя на окружающую среду в целом.

Основные преимущества закрытой системы вентиляции картера:

- процесс сепарации КГ от масляного аэрозоля более эффективен;
- отсутствие выбросов вредных веществ в атмосферу из системы.

К основным недостаткам закрытой системы вентиляции картера следует отнести:

- достаточно сложную компоновку и конструктивную схему;
- большое количество деталей системы;
- большую конструктивную массу;
- необходимость строгого, регулярного обслуживания маслоотделителя, т.к. в случае засорения фильтра у большинства маслоотде-

лителей открывается перепускной клапан и неочищенные КГ поступают напрямую во впускной тракт;

- влияние на рабочий процесс в цилиндре двигателя (при неисправности системы);

- необходимость установки редуктора на линии, соединяющей маслоотделитель и впускную систему, с целью исключения создания разряжения в картерной полости при значительном засорении воздушного фильтра.

По принципу отделения масла система вентиляции картера может быть:

- с приводным маслоотделителем – сепаратором;

- с использованием воздействия на поток КГ (поворот, изменение скорости) за счет конструктивных мероприятий.

Привод сепарирующих элементов может быть осуществлен как по принципу привода центрифуги, так и другим (например, электрическим). В зависимости от того, с каким составом смеси КГ и масла приходится работать системе вентиляции картера, маслоотделитель может располагаться по-разному. В нижней части картера с входом в систему чуть выше оси вращения коленчатого вала маслоотделитель работает со значительным содержанием масла в смеси. В верхней части картера с входом в систему вентиляции картера работает с наименьшим содержанием масла в смеси. Система вентиляции картера для увеличения эффективности маслоотделения может иметь также конструктивные мероприятия по снижению температуры КГ как на входе в маслоотделитель, так и непосредственно внутри него.

Оценка состояния и работы системы вентиляции картера

При оценке состояния системы вентиляции картера приняты критерии, приведенные ниже [4].

1. Расход попадаемого масла непосредственно в систему вентиляции картера (г/мин):

$$G_n = G_y + G_o = \frac{m_y + m_o}{t}, \quad (1)$$

где G_y , G_o – расход унесенного и осажденного масла маслоотделителем, г/мин; m_o – масса отделенного масла (сливаемого из маслоотделителя), г; m_y – масса унесенного (осевшего в фильтре) масла за фактическое время измерения, г; t – фактическое время измерения, мин.

2. Относительное содержание масла в КГ (г/л):

$$\alpha = \frac{G_n}{G}, \quad (2)$$

где G – расход КГ, г/мин.

3. Эффективность системы вентиляции картера (%):

$$E = \frac{m_o}{m_y + m_o} \cdot 100. \quad (3)$$

Все вышеизложенное влечет за собой создание таких качественно новых элементов системы вентиляции картера, которые бы подходили для данной системы и обладали при этом хорошей эффективностью и работоспособностью. В данном случае это запатентованный маслоотделитель [5] с сопловым аппаратом для открытой и закрытой систем вентиляции картера (рис. 1 и 2).

Проведение испытаний

Требуется разработка так называемых замкнутых (закрытых) систем. Оработка так называемых замкнутых (закрытых) систем вентиляции картера в натурных условиях непосредственно на двигателях – достаточно дорогостоящий процесс. Подобная задача может быть решена посредством их отработки на специальных безмоторных стендах.

При испытаниях использовались устройство для создания разрежения и установка испытаний системы вентиляции картера. Схема установки представлена на рис. 3.

Программа испытаний, измеряемые величины, метрологический анализ

1. Испытания маслоотделителя проводились на индустриальном масле ИЛС-10 ГОСТ 17479.4-87, имеющем кинематическую вязкость 24,55 мм²/с при температуре 20 °С.

2. Испытания проводились при температуре окружающего воздуха в диапазоне от 15 до 25 °С.

3. Испытания проводились с подачей сжатого воздуха (имитация КГ) и одновременной подачи масла.

Порядок проведения испытаний

1. Осуществлено подключение маслоотделителя к установке испытаний системы вентиляции картера, при этом обеспечивались:

- подвод сжатого воздуха (имитирующего КГ);
- подача подготовленной масляно-воздушной смеси (для имитации подачи масла в систему);

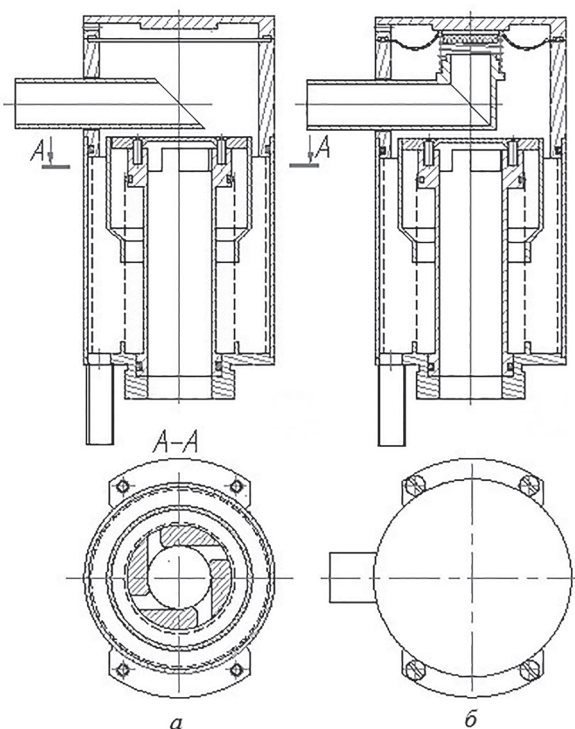


Рис. 1. Опытный маслоотделитель:
а – открытая система; б – закрытая система

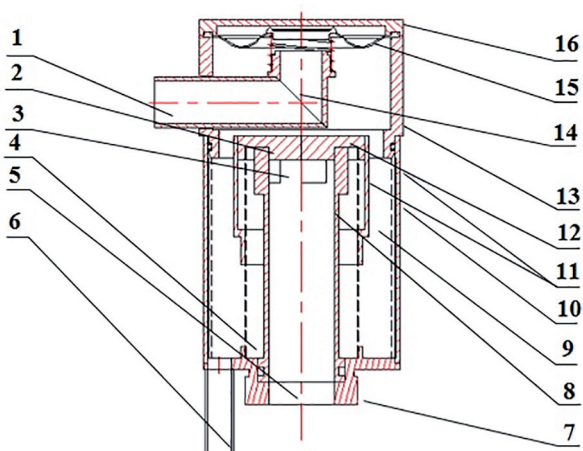


Рис. 2. Основные конструктивные элементы
маслоотделителя для закрытой системы
вентиляции картера:

- 1 – выход для выпуска отсепарированных газов;
- 2 – сопловый аппарат центральной втулки; 3 – окна соплового аппарата; 4 – успокоитель; 5 – вход для приема маслогазовой смеси от двигателя;
- 6 – выпускной патрубок для отвода и слива масла; 7 – нижняя часть корпуса; 8 – центральная втулка; 9 – направляющая втулка; 10 – корпус маслоотделителя; 11 – маслоотделительная сетка;
- 12 – торцевая крышка; 13 – верхняя часть корпуса; 14 – отводящий патрубок отсепарированных КГ; 15 – следящий клапан с пружиной; 16 – крышка

– отвод газов из маслоотделителя и их фильтрация (для определения уноса масла из маслоотделителя);

– сбор осажденного масла маслоотделителем с последующим взвешиванием (для определения подачи масла и эффективности маслоотделителя);

– разряжение на выходе из маслоотделителя для испытаний закрытой системы.

2. Проведены испытания по определению эффективности маслоотделителя открытой и закрытой СВК.

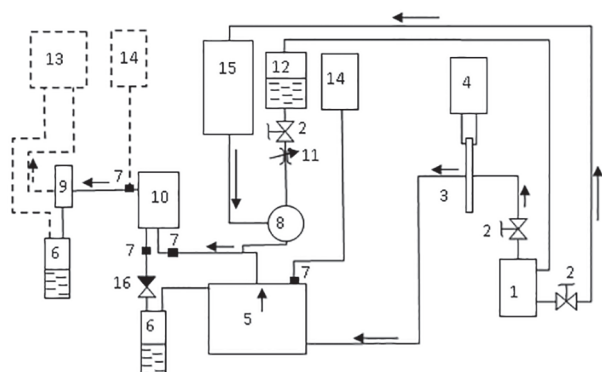


Рис. 3. Принципиальная схема установки испытаний системы вентиляции картера:

пунктирными линиями обозначены дополнительные элементы стенда, необходимые для испытания закрытой системы; стрелками указано направление движения потока сжатого воздуха и его смеси с маслом; 1 – источник сжатого воздуха с постоянным давлением; 2 – кран регулирования подачи сжатого воздуха; 3 – диафрагма с фланцевым способом отбора давления (для определения расхода сжатого воздуха стандартным сужающим устройством по ГОСТ 8.586.2-2005); 4 – микроманометр типа МИН-240(5)-1.0; 5 – имитатор картерного пространства; 6 – емкость для сбора масла; 7 – места измерения давления в системе (четыре точки – обозначены черным квадратом); 8 – эжектор (устройство смещения воздуха и масла); 9 – фильтр улавливающий уноса масла; 10 – маслоотделитель; 11 – зажим, регулирующий подачу масла в систему; 12 – емкость подачи масла; 13 – устройство для создания разряжения; 14 – водяной пьезометр; 15 – ротаметр с местными показаниями типа РМ ГОСТ 13045-67; 16 – обратный клапан (лепесткового типа)

Последовательность проведения испытаний

Испытания открытой системы вентиляции картера включали следующее.

1. Произведено подсоединение маслоотделителя с испытательной установкой.

2. Проведены испытания по определению сопротивления маслоотделителя (по давлению в емкости имитирующее картерное пространство), давлений на сливе и перед маслоотделителем при подаче сжатого воздуха от 100 до 500 л/мин с шагом 100 л/мин.

3. Определено сопротивление маслоотделителя (по давлению в емкости, имитирующей картерное пространство), масса уноса и отделение масла за фактический период времени с отрегулированной подачей масла при расходах воздуха от 100 до 500 л/мин с шагом 100 л/мин. Подача сжатого воздуха производилась в имитатор картерного пространства. Расход воздуха определен по значению перепада на диафрагме с использованием номограммы.

4. Определен расход подаваемого масла непосредственно в маслоотделитель на установке по испытаниям системы вентиляции картера (косвенным методом – как сумма расходов унесенного и осажденного масла в системе), рассчитан по формуле (1).

5. Определено относительное содержание масла в КГ по формуле (2).

Испытания закрытой системы вентиляции картера идентичны испытаниям открытой системы вентиляции картера.

Для создания разряжения на выходе из маслоотделителя к установке испытаний системы вентиляции картера подключалось устройство создания разряжения через улавливающий фильтр (по весу фильтрующего элемента определялся расхода унесенного масла).

Результаты испытаний

1. Величины отделения, уноса масла маслоотделителем и эффективности открытой системы вентиляции картера по результатам испытаний НТЦ ПАО «КАМАЗ» представлены в табл. 1.

2. Величины отделения, уноса масла маслоотделителем и эффективности закрытой системы вентиляции картера по результатам испытаний НТЦ ПАО «КАМАЗ» приведены в табл. 2.

Стендовые моторные испытания маслоотделителя для открытой системы вентиляции картера

Были проведены стендовые моторные испытания опытного маслоотделителя на автомобильном дизеле 8ЧН12/13 с имитацией расхода КГ до 400 л/мин (рис. 4).

Таблица 1

Результаты испытаний маслоотделителя открытой системы вентиляции картера

| Расход КГ, л/мин | Расход подаваемого масла в систему, г/мин (1) | Относительное содержание масла в КГ, г/л (2) | Расход унесенного масла, г/мин | Давление в картере, мм вод. ст. | Эффективность маслоотделителя, % (3) |
|------------------|---|--|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| 100 | 34 | 0,340 | 0,005052 | 28 | 99,985 |
| 200 | 28 | 0,14 | 0,001208 | 81 | 99,996 |
| 300 | 35 | 0,117 | 0,0007 | 150 | 99,998 |
| 400 | 37 | 0,093 | 0,000684 | 240 | 99,998 |
| 500 | 34 | 0,068 | 0,48055 | 390 | 98,606 |

Таблица 2

Результаты испытаний маслоотделителей закрытой системы вентиляции картера

| Расход КГ, л/мин | Расход подаваемого масла в систему, г/мин (1) | Относительное содержание масла в КГ, г/л (2) | Давление в картере, мм вод. ст. | Разряжение, мм вод. ст. | Расход унесенного масла, г/мин | Эффективность маслоотделителя, % (3) |
|------------------|---|--|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 100 | 29 | 0,29 | -170 | 300 | 0,000773 | 99,997 |
| 200 | 35 | 0,175 | -68 | | 0,0016 | 99,995 |
| 300 | 27 | 0,09 | -39 | | 0,00032 | 99,998 |
| 400 | 30 | 0,075 | 60 | | 0,000545 | 99,998 |
| 500 | 32 | 0,064 | 274 | | 0,000476 | 99,998 |

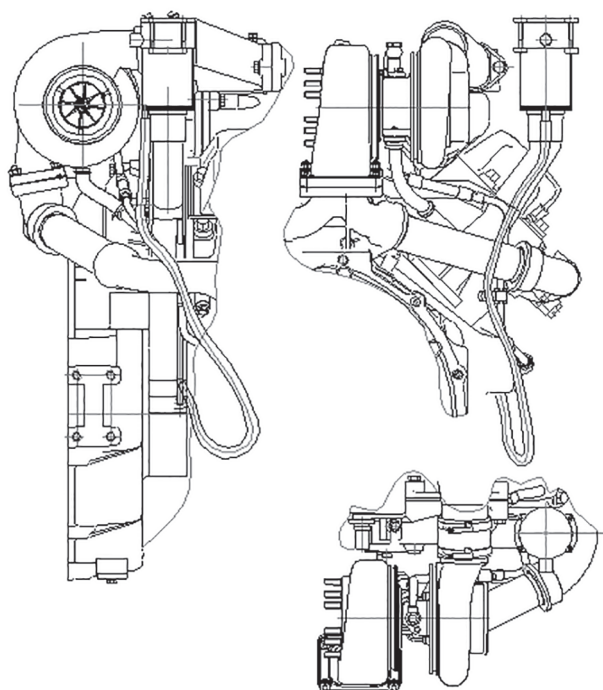


Рис. 4. Установка маслоотделителя на двигатель

Условия проведения испытаний

1. Стендовые моторные испытания системы вентиляции картера двигателя проводились на испытательной станции двигателей НТЦ ПАО «КАМАЗ».

2. Двигатель перед испытаниями укомплектован в соответствии с приложением 2 ГОСТ 14846–81.

3. Испытания проводились на испытательном стенде для испытаний двигателей фирмы «ХОРИБА-ШЕНК» (Германия). Испытательный стенд оборудован измерительными приборами согласно разделу 2 ГОСТ 14846–81.

4. В качестве охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя использовалась вода. Испытания проводились на моторном масле «ЛУКОЙЛ СУПЕР» SAE 15W/40 (ТУ 0253-075-00148636-99).

5. Условия проведения испытаний – в соответствии с ГОСТ 12.1.005.

6. Испытания системы вентиляции картера двигателя КАМАЗ-740.63-400 при горизонтальном положении двигателя проводились в режиме номинальной мощности ($N_e = 294$ кВт, $n = 1900$ мин⁻¹).

7. При стендовых моторных испытаниях двигателя производились замеры:

- давления и температуры масла в главной масляной магистрали (ГММ);
- температуры воды на выходе из двигателя;
- расхода КГ;
- давления КГ;
- количества масла, содержащегося в КГ;
- количества масла, выброшенного с КГ после системы вентиляции картера.

При испытаниях обеспечивались:

- температура масла в ГММ – 90...105 °С;
- температура воды в системе охлаждения двигателя – 82...85 °С.

Методика проведения испытаний

1. Перед испытаниями общая наработка двигателя составляла около 500 моточасов.

2. Испытания системы вентиляции картера (опытного маслоотделителя) проводились в следующей последовательности:

2.1. В масляный картер заливало моторное масло (по верхнюю метку шупа при горизонтальном положении двигателя).

2.2. Двигатель прогревался до достижения маслом температуры 90...105 °С.

2.3. Определялось количество масла, выброшенное с КГ. Замер проводился с отсоединенным расходомером КГ в отдельной емкости, пригодной для взвешивания на весах. Время замера в режиме номинальной мощности – 10 мин.

3. Собранное масло взвешивалось на технических весах модели Т-1000 с набором гирь Г-4-1111.10 и Г-2-21.105 с пределами измерений 0–500 г и ценой деления 0,01 г.

4. Давление КГ замерялось в клапанной крышке второго цилиндра с помощью водяного пьезометра с пределами измерений плюс 600 мм вод. ст.

5. Расход КГ замерялся с помощью расходомера фирмы AVL (тип DVM 607S) с пределами измерений 0–500 л/мин.

Результаты испытаний в НТЦ ПАО «КАМАЗ» системы вентиляции картера при работе двигателя КАМАЗ-740.63-400 в режиме номинальной мощности приведены в табл. 3. Количество отделенного масла определено по формуле (1), а эффективность маслоотделителей рассчитана по формуле (3).

Выводы

1. При испытаниях относительное содержание масла в КГ снижается с повышением расхода КГ от 0,34 до 0,023 г/л. Данное значение выше, чем при работе двигателя. Это объясняется тем, что расход КГ изменяется от 100 до 500 л/мин, а количество подаваемого масла остается постоянным.

2. При заданных условиях испытаний (температуре масла и подаваемого воздуха) паробразование в маслоотделителе маловероятно, в двигателе температура КГ значительно выше. Для получения данных максимально приближенных к моторным испытаниям, необходим подогрев масла и воздуха в системе.

3. При увеличении расхода КГ увеличивается и гидравлическое сопротивление маслоотделителя, которое определяется значением давления в емкости, имитирующей картерное пространство. Давление при подаче на выход разряжения может быть отрицательным, что связано с работой клапана маслоотделителя.

4. Анализ проведенных испытаний показал, что предел работоспособности с наихудшей эффективностью [3] (E_m не ниже 98,606 %) определен значениями расхода КГ 500 л/мин. При значениях расхода КГ от 400 л/мин величины расхода подаваемого масла составляют 30...37 г/мин.

5. Экспериментальными стендовыми безмоторными и моторными исследованиями подтверждена высокая эффективность системы вентиляции картера с опытным маслоотделителем. Установлено, что в результате

Таблица 3

Результаты стендовых моторных испытаний

| Расход КГ, л/мин | Давление в картере, мм вод. ст. | Расход унесенного масла G_y , г/10 мин | Расход подаваемого масла в маслоотделитель G_n , г/10 мин | Эффективность маслоотделителя E , % [3] |
|------------------|---------------------------------|--|---|---|
| 64 | 3 | 0 | 0 | 100 |
| 84 | 18 | 0 | 0 | 100 |
| 90 | 20 | 0 | 0,5 | 100 |
| 130 | 31 | 0 | 2,1 | 100 |
| 180 | 44 | 0 | 6 | 100 |
| 230 | 59 | 0 | 3,9 | 100 |
| 280 | 77 | 0,05 | 3 | 98,33 |
| 330 | 97 | 0,05 | 2,1 | 97,62 |
| 360 | 107 | 0,05 | 2 | 97,5 |
| 400 | 142 | 0,1 | 34,6 | 99,71 |

стендовых моторных испытаний открытой системы вентиляции картера с применением опытного маслоотделителя предел работоспособности с наименьшей эффективностью (не ниже 97,5 %) определен значениями расхода КГ 360 л/мин.

Литература

1. Волков М.Ю. Совершенствование системы вентиляции картера двухцилиндрового дизеля: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Владимир, 2008. 16 с.
2. ГОСТ Р 51998-2002. Дизели автомобильных транспортных средств. Общие технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 6 с.
3. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 720 с.
4. Андриянов С.М., Башегуров С.В. Анализ формирования требований к системам картера дизелей // Развитие дорожно-транспортного и строительного комплексов и освоение стратегически важных территорий Сибири и Арктики: вклад науки: материалы Международной научно-практической конференции. Омск: СибАДИ, 2014. Кн. 3. С. 241–242.
5. Башегуров С.В., Андриянов С.М., Ямаев А.С. Маслоотделитель системы вентиляции картера двигателя внутреннего сгорания: патент на полезную модель № 111582, Российская Федерация. Опубликовано 20.12.2011.

References

1. Volkov M.Yu. Sovershenstvovanie sistemy ventilyatsii kartera dvukhtsilindrovogo dizelya: avtoref. dis. ...kand. tekhn. nauk [Development of the crankcase ventilation system of a two-cylinder diesel engine: abstract for Degree of Candidate of Technical Sciences]. Vladimir, 2008. 16 p.
2. GOST R 51998-2002. Diesel engines of motor vehicles. General specifications. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov Publ., 2003. 6 p.
3. Kavtaradze R.Z. Teoriya porshnevykh dvigateley. Spetsial'nye glavy [Theory piston engines. Special chapters.]. Moscow: Izd-vo MGTU im. N.E. Bauman Publ., 2008. 720 p.
4. Andriyanov S.M., Bashegurov S.V. Analysis of the formation of requirements for diesel engine crankcase systems. Razvitie dorozhno-transportnogo i stroitel'nogo kompleksov i osvoenie strategicheskikh vazhnykh territoriy Sibiri i Arktiki: vklad nauki: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Development of road and transport and construction complexes and development of strategically important territories of Siberia and the Arctic: the contribution of science: materials of the International Scientific and Practical Conference]. Omsk: SibADI Publ., 2014. Kn. 3, pp. 241–242.
5. Bashegurov S.V., Andriyanov S.M., Yamaev A.S. Maslootdelitel' sistemy ventilyatsii kartera dvigatelya vnutrennego sgoraniya [Oil separator of crankcase ventilation system]: patent na poleznuyu model' No 111582, Rossiyskaya Federatsiya. Opublikovano 20.12.2011.