

УДК 629.331:621.436

ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ КАРТЕРА НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ДОВОДКИ ВЫСОКОФОРСИРОВАННОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ

С. М. Андриянов, асп., Р. Э. Зарипов, асп., В. Н. Никишин, д. т. н., проф. / Набережночелнинский институт Казанского федерального университета
А. С. Куликов / НТЦ ПАО «КамАЗ»

ВВЕДЕНИЕ

Главное условие стабильного выпуска современной конкурентоспособной автомобильной техники — это выполнение требований технических регламентов и правил ЕЭК по безопасности и экологии, а также систематическое повышение качества продукции в соответствии с требованиями потребителя.

Обеспечение требований безопасности технических регламентов, как правило, связано с введением новых конструктивных элементов или модернизацией существующих конструкций. В данной работе рассматривается система вентиляции картера как объект улучшения экологической безопасности и повышения качества автомобильной техники.

АНАЛИЗ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ КАРТЕРНЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ

Картерное пространство (КП) — объём пространства внутри двигателя, ограниченный внутренними поверхностями деталей двигателя. Правильно сформированное и организованное КП может повысить эффективность работы системы вентиляции картера. Указанная система может представлять собой совокупность элементов для приёма картерных газов (КГ), маслоотделения, слива осаждённого масла в картер двигателя, отвода отсепарированных картерных газов.

На работоспособность системы вентиляции картера влияет количество образующихся картерных газов, а также количество масла в КП, находящегося во взвешенном состоянии в каждый момент времени. Увеличение расхода картерных газов через кольцевое уплотнение повышает вероятность попадания масла в систему вентиляции (в виде мелких частиц —

так называемого масляного тумана), что влияет на маслоотделение в маслоотделителе. При работе системы вентиляции масло из взвешенного состояния переходит в осаждённое. Масло в осаждённом состоянии должно сливаться через элементы системы в картер двигателя.

В процессе работы двигателя образуется эмульсия и пена в масле, что затрудняет доступ масла к трущимся поверхностям и таким образом снижает смазочные свойства масла. В результате воздействия других компонентов картерных газов в масле также образуются кислоты, осадки и другие примеси, снижающие устойчивость конструктивных элементов двигателя к старению.

Условия образования картерных газов и достижения ими входа в систему вентиляции картера во многом определяют дальнейшие процессы и явления, которые происходят непосредственно в самой системе.

Процесс образования картерных газов (рис. 1) от прорыва рабочего тела через уплотнение в цилиндропоршневой группе (ЦПГ), ротора турбокомпрессора, а также от прорыва отработавших газов и свежего воздуха через уплотнение и сопряжение клапанов носит нестабильный, пульсирующий характер [1].

В КП движение картерных газов к входу в систему вентиляции картера сопряжено с преодолением преград в виде вращающихся деталей двигателя, поперечных стенок блока цилиндров (опор коленчатого вала). В КП присутствуют волновые явления в среде картерных газов, которые необходимо учитывать при подборе конструкции системы вентиляции картера и формирования КП. В процессе работы двигателя присутствуют явления интенсивного пере-

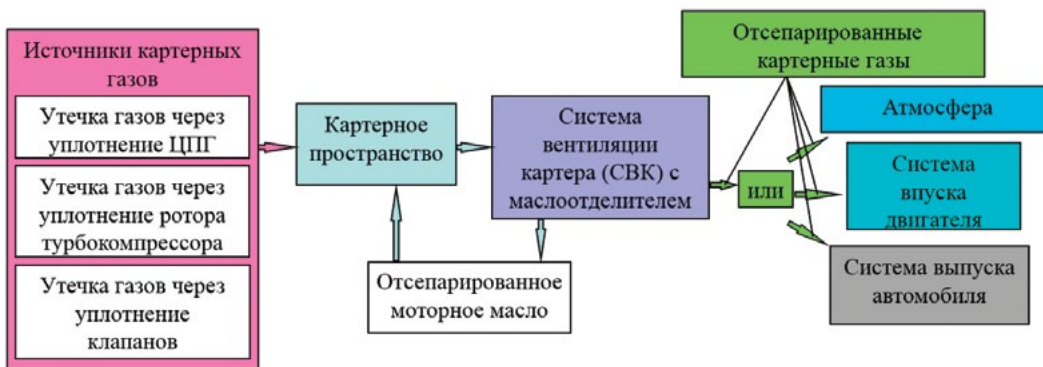


Рисунок 1. Схематично представленное образование и движение КГ

мешивания картерных газов, вызванного вращением деталей двигателя, со сливаемым с деталей двигателя маслом. Картерные газы подхватывают частички масла с «зеркала» масляной ванны в КП. Процесс перемешивания масла и картерных газов называется барботажем. Интенсивность этого процесса существенно сказывается на нагруженности системы вентиляции картера.

КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ КАРТЕРА

Примем в качестве критериев [2]:

1. Расход попадаемого масла непосредственно в СВК определяется косвенно:

$$G_n = G_y + G_o = m_y/t + m_o/t = (m_y + m_o)/t, \text{ г/мин}, \quad (1)$$

где G_y, G_o — расход унесённого и осаждённого масла маслоотделителем; m_o — масса попадаемого масла (в смеси на входе в маслоотделитель); m_o — масса отделённого масла (сливаемого из маслоотделителя); m_y — масса унесённого (осевшего в фильтре) масла за фактическое время измерения ($m_n = m_o + m_y, \text{ г}$); t — фактическое время измерения, мин.

2. Относительное содержание масла в КГ (нагруженность системы вентиляции картерных газов):

$$a = G_n/G, \text{ г/л}, \quad (2)$$

где G — расход КГ, г/мин.

3. Эффективность системы вентиляции картера:

$$E = m_o/(m_y + m_o) \cdot 100 = m_o/m_n \cdot 100, \% \quad (3)$$

ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОПЫТНОГО МАСЛООТДЕЛИТЕЛЯ

С целью повышения эффективности работы системы вентиляции картерных газов в соответствии с принятыми критериями разработан опытный маслоотделитель. При этом учитывались следующие положения:

- эффективный маслоотделитель позволит в процессе эксплуатации сократить затраты на доливку масла (снижение массы унесённого из системы масла);
- применение закрытой системы вентиляции картера может ухудшить рабочий процесс двигателя, в отличие от открытой системы [3].

Основными отличительными особенностями разработанного маслоотделителя от известных аналогов являются:

- применение нового способа движения (завихрения) потока картерных газов — по типу центробежного соплового аппарата;
- применение металлических ситовых фильтров, обеспечивающих отсутствие в маслоотделителе сменных фильтрующих элементов.

Данная разработка позволит получить необслуживаемый до капитального ремонта двигателя маслоотделитель. Небольшие габаритные размеры позволяют упростить компоновку в составе автомо-

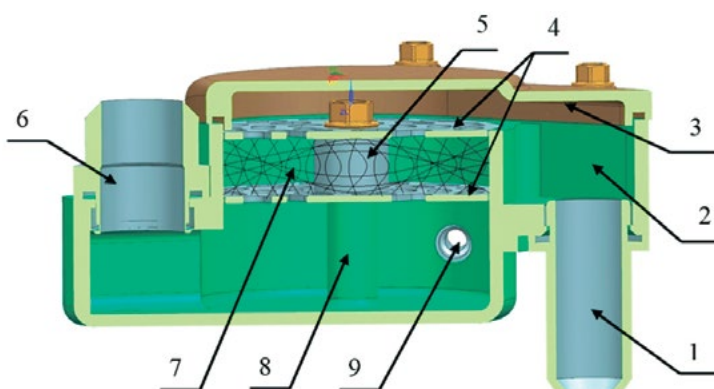


Рисунок 2. Основные элементы опытного маслоотделителя: 1 — патрубок для приёма газомасляной смеси; 2 — корпус; 3 — крышка корпуса маслоотделителя; 4 — перегородки; 5 — проставка; 6 — патрубок для выпуска отсепарированных картерных газов; 7 — маслоосадительная сетка; 8 — центральный осевой элемент в корпусе маслоотделителя; 9 — сливной патрубок для слива осаждённого масла

бия. Общий вид запатентованного опытного маслоотделителя (патент на полезную модель № 169135 от 6 марта 2017 года) представлен на рис. 2.

Маслоотделитель системы вентиляции картера двигателя внутреннего сгорания содержит корпус 2, имеющий вход 1 для газомасляной смеси от двигателя и выход 6 для выпуска отсепарированных газов, а также сливной патрубком 9 для масла. Внутри корпуса 2 имеется центральный осевой элемент 8, на котором через проставку 5 закреплены две перегородки 4. Перегородки 4 выполнены со сквозными отверстиями, равномерно распределёнными по поверхности. Между перегородками 4 размещена маслоосадительная сетка 7. Такое размещение одной маслоосадительной сетки способствует увеличению эффективности осаждения масла, а также снижению гидравлического сопротивления движущегося потока. Корпус 2 закрыт сверху крышкой 3.

Устройство работает следующим образом (рис. 3): при прохождении картерных газов через перегородки 4 и маслоосадительную сетку 7 масло, находящееся во взвешенном состоянии в КГ, при ударе потока о них налипает и постепенно укрупняется до капель. Маслоосадительная сетка 7, размещённая между двумя перегородками 4, позволяет увеличить эффект осаждения масла в маслоотделителе, так как основной принцип отделения масла с помощью маслоосадительной сетки напрямую связан с понятием коалесценции [4]. Происходит укрупне-

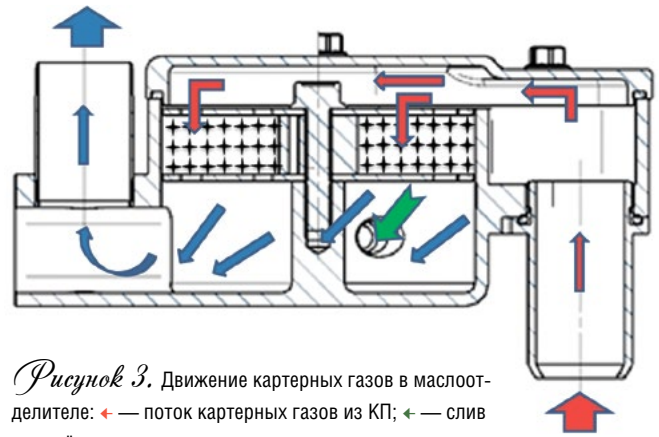


Рисунок 3. Движение картерных газов в маслоотделителе: \rightarrow — поток картерных газов из КП; \leftarrow — слив осевшего масла в системе; \leftarrow — поток очищенных картерных газов

ние частиц и осаждение на поверхностях за счёт сил поверхностного натяжения и межмолекулярного взаимодействия. Таким образом, осуществляется сепарация двухфазного потока смеси газа и жидкости. Осаждённые и укрупнённые частички масла удерживаются от обратного проникновения в поток. В результате частички масла перемещаются под воздействием как потока в направлении его движения, так и силы тяжести. Вследствие этого уже объёмные капли масла под действием силы тяжести стекают с маслоосадительной сетки вниз через отверстия перегородки и далее через сливной патрубок 9 попадают обратно в картер двигателя.

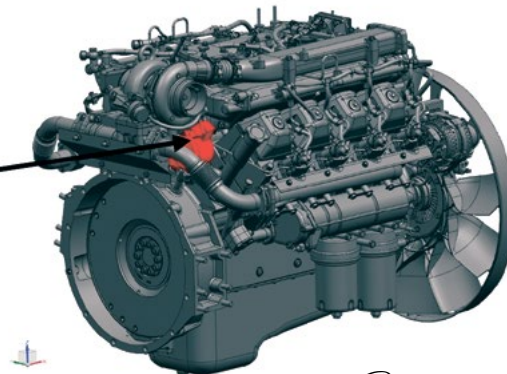
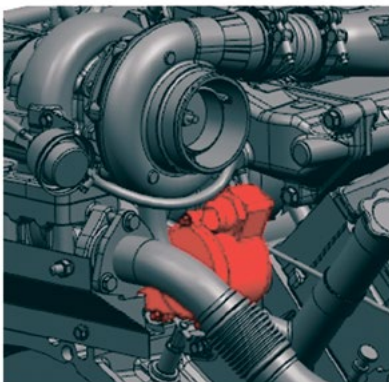


Рисунок 4. Общий вид расположения маслоотделителя на двигателе

Таблица 1. Данные моторных стендовых испытаний

Расход КГ, л/мин	Давление КГ, мм вод. ст.	Расход унесённого масла G_p , г/10 мин.	Подаваемое в маслоотделитель масло G_m , г/10 мин.	Эффективность маслоотделителя E , %
120	20... 22	Не наблюдалось	0	99,9
160	30... 33		0	99,9
200	38... 40		2,25	99,9
250	53... 54		4,85	99,9
300	73... 75		6,9	99,9
350	100... 102	0,1	8	98,8
400	135... 145	0,05	49,4	99

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ КАРТЕРА

Экспериментальные исследования посвящены оценке эффективности работы системы вентиляции картера с опытным маслоотделителем.

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

МЕСТО И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

1. Стендовые моторные испытания СВК двигателя проводились на испытательной станции двигателей НТЦ ПАО «КамАЗ», в боксе № 24, расположенном на площадях ЗАО «Ремдизель».

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 СВК.

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 заливалось моторное масло (по верхнюю метку щупа 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 отсоединённым расходомером КГ в отдельной ёмкости, пригодной для взвешивания на весах. Время замера в режиме номинальной мощности — 10 мин.

3. Собранное масло взвешивалось на технических весах мод. 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. 1. Количество отделённого масла определено по формуле (1), а эффективность маслоотделителей рассчитана по формуле (3).

ВЫВОДЫ

Экспериментальными исследованиями подтверждена высокая эффективность системы вентиляции картера с опытным маслоотделителем. Установлено, что предел работоспособности опытного маслоотделителя с наименьшей эффективностью (не ниже 98,8 %) определён значениями расхода КГ 350 л/мин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Волков М. Ю. Рециркуляция картерных газов во впускной тракт дизеля // Известия вузов. Машиностроение. — 2008. — № 10. — С. 73–74.
2. Андриянов С. М. Анализ формирования требований к системам картера дизелей / С. М. Андриянов, С. В. Башегуров // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии / под ред. В. Ю. Киричного. — 2014. — № 6. — С. 241–242.
3. Мозер Ф. К. Дизель в 2015 году. Требования и направления развития технологий дизелей для легковых и грузовых автомобилей // Журнал автомобильных инженеров. — 2008. — № 4 (51). — С. 10–18.
4. Коалесценция // ХИМИК: сайт о химии [Электронный ресурс]. URL: <http://www.xumuk.ru/bse/1299.html> (дата обращения: 25.10.2016).