

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ НА РАСХОД КАРТЕРНЫХ ГАЗОВ

А.В. Колунин, к.т.н., И.А. Бурьян
Филиал ВА МТО МО РФ, г. Омск

Известно, что картерные газы негативно влияют на состояние смазочного масла, что может сказаться на сокращении ресурса двигателя. Особое внимание в рассматриваемом проблемном вопросе следует уделить режимам прогрева двигателя в условиях отрицательных температур. В статье описывается натурный эксперимент, состоящий в измерении расхода картерных газов при разных температурных состояниях двигателей. Установлена зависимость расхода картерных газов от температуры охлаждающей жидкости, рассматриваются возможные способы сокращения расхода картерных газов.

Рабочий процесс поршневого двигателя сопровождается прорывом газов через сопряжения деталей цилиндропоршневой группы в подпоршневое пространство (картер).

Температурное состояние двигателя можно охарактеризовать с помощью температурного поля, под которым понимается совокупность мгновенных значений температур во всех точках изучаемого пространства или системы [1].

Температурный диапазон деталей камеры сгорания имеет относительно широкие пределы, поэтому в конструкции предусмотрены тепловые зазоры в сопряжениях «гильза–поршень», а также в замках поршневых колец [2]. Наличие и размер тепловых зазоров в деталях цилиндропоршневой группы определяют значение мгновенного расхода картерных газов.

Продукты сгорания представляют собой смесь газов с различной степенью агрессивности, которые, попадая в картерное пространство, активно перемешиваются с парами и аэрозолем масла. Активному перемешиванию способствуют возвратно-поступательные движения поршней, а также вращение коленчатого вала и сложные плоскопараллельные движения шатунов. Форма картера достаточно сложная, движение газов и масла по картерному пространству трудно описать какими-либо законами.

Во избежание загрязнения окружающей среды, картерные газы современных двигателей направляются в камеру сгорания (замкнутая система вентиляции картера). Однако часть агрессивных

соединений поступает в масло. Растворяясь в масле такие соединения имеют низкую коллоидную стабильность и находятся в готовности перехода в нерастворенное (твердое) состояние. Таким образом, под воздействием ряда факторов на поверхностях деталей смазочной системы образуются мажеобразные отложения черного цвета, называемые низкотемпературными отложениями. Последние блокируют сетки маслоприемников, элементы масляных фильтров, откладываются в масляных магистралях, снижая их пропускную способность, оказывают общее негативное влияние на состояние смазочных систем [3].

Картерные газы включают в себя подвергшиеся термической деструкции и частично окисленные топливные фракции, состоящие из таких веществ, как карбены, карбоиды, сажа, сера, азот, вода. Последняя образуется в результате реакции окисления водорода топлива атомами кислорода. Влагосодержание продуктов сгорания топлива d определяется отношением массы паров воды к массе сухих газов:

$$d = \frac{m_{H_2O}}{m_{с.г.}} \quad (1)$$

При движении газов в объеме картерного пространства происходит их охлаждение и конденсация паров воды. На входе в систему вентиляции картера влагосодержание газов описывается следующей зависимостью:

$$d_1 = \frac{18,06 p_0}{M_{с.г.} (p - p_0)}, \quad (2)$$

где 18,06 — молярная масса водяного пара; $M_{с.г.}$ — молярная масса сухих газов; p — давление газов; p_0 — давление насыщенных паров воды.

Разница между d и d_1 определит количество воды, поступившей в смазочную систему.

Обводнение масла происходит наиболее интенсивно при работе двигателя на низкотемпературном режиме, что оказывает негативное влияние на его эксплуатационные свойства, дезактивирует моющие противоизносные и противопенные присадки, снижает эффективность ингибиторов коррозии и инициирует усиление межмолекулярных взаимодействий продуктов с низкой агрегатной устойчивостью [4, 5]. Динамику этих процессов определяет состав и расход кар-

Условия проведения эксперимента

Климатический показатель, размерность	Значение
Температура воздуха, °С	–32
Атмосферное давление, мм рт. ст.	774
Влажность воздуха, %	98
Скорость ветра, м/с	1

терных газов, причем оба этих показателя зависят от температурного состояния двигателя. При этом суммарный негативный эффект может иметь синергетический характер. Активность движения картерных газов в значительной степени определяет наработку масла до достижения предельного состояния.

Наиболее неблагоприятные условия в системе смазки возникают при пуске и прогреве двигателя в условиях отрицательных температур. Как известно, ресурс работы двигателей заполярных регионов составляет около 70 % от ресурса средней полосы России при прочих равных условиях.

Возникает вопрос: насколько активно влияет температурный режим работы двигателя на расход картерных газов? Для ответа был проведен эксперимент, целью которого стало определение абсолютных значений расхода картерных газов при работе двигателя на различных температурных режимах. Эксперимент проводился в натуральных условиях на предварительно подготовленных автомобилях КамАЗ-5350 с двигателями КамАЗ-740.30–260 рабочим объемом 10,85 литра.

В контрольную группу вошли пять автомобилей, находящихся на гарантии производителя. Пробег автомобилей с начала эксплуатации находился в диапазоне от 13 569 до 16 639 км.

Для реализации поставленных задач была разработана программа натурных испытаний. Суть эксперимента заключалась в пуске холодных двигателей без применения средств подогрева и прогреве на холостых оборотах коленчатого вала до температуры охлаждающей жидкости плюс 70 °С с одновременной регистрацией расхода картерных газов при определенных значениях температур.

Применение дополнительных средств гаражного оборудования обеспечивало надежность пуска. При планировании эксперимента принято допущение, которое заключалось в том, что температурное состояние двигателя следует определять по температуре охлаждающей жидкости. Допущение обосновано тем, что наружная поверхность гильз цилиндров находится в непосредственном контакте с охлаждающей жидкостью, при этом с их внутренней стороны в сопряжениях «гильза– поршень» осуществляются процессы переноса рабочего тела из камеры сгорания в картерное пространство. Измеряемые параметры проводимого эксперимента делились на фиксированные и варьируемые. К фиксированным параметрам относились частота вращения коленчатого вала и нагрузка, к варьируемым — температура охлаждающей жидкости, расход картерных газов и время.

Для регистрации температуры охлаждающей жидкости, на жидкостные коллекторы устанавли-

вались датчики, связанные с многоканальным измерителем температуры МИТ-12. Через каждые 60 секунд измеритель температуры «опрашивал» датчики, полученные значения заносились в память ЭВМ. Расход картерных газов определялся расходомером камерного типа СГМН-1 с пределом измерения — 180 дм³/мин.

В целях обеспечения герметичности картерного пространства в трубку маслоизмерительной линейки установили заглушку. Герметичность системы проверялась визуальным осмотром на наличие протечек масла, а также посредством нагнетания дымовых газов внутрь.

Эксперимент проводился в городе Омске Российской Федерации, атмосферные условия проведения эксперимента приведены в таблице.

Программой эксперимента предусматривалось:

- запуск двигателя без применения средств предпускового подогрева;
- установка частоты вращения коленчатого вала 1400 об/мин;
- регистрация значений температуры охлаждающей жидкости;
- регистрация показаний расходомера картерных газов при определенных значениях температуры;
- обработка и анализ полученных результатов.

Частота вращения коленчатого вала двигателей составляла 1400 об/мин и оставалась неизменной до достижения температуры охлаждающей жидкости плюс 70 °С.

По показаниям расходомеров были определены среднеарифметические значения расхода картерных газов и построена графическая зависимость их расхода от температуры охлаждающей жидкости (рисунок). Кривая аппроксимирована в программе «Origin» полиномом второго порядка.

Коэффициент детерминации составил $R^2 = 0,99$. Из диаграммы видно, что низкотемпературный режим работы двигателя сопровождается повышенным расходом картерных газов, что объясняется увеличенным значением тепловых зазоров в сопряжениях деталей цилиндрической группы.

В результате выполненного эксперимента было определено:

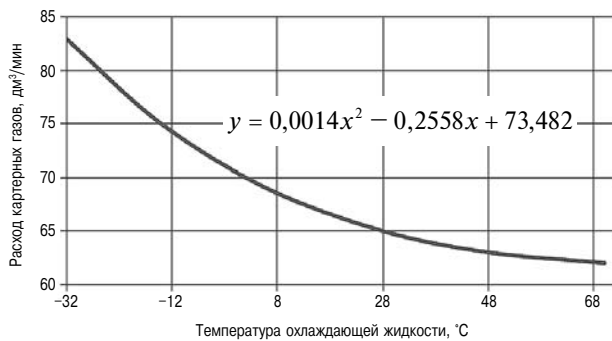


Рис. 1. Диаграмма зависимости расхода картерных газов от температуры охлаждающей жидкости двигателя

➤ при работе двигателя с температурой охлаждающей жидкости плюс 70 °С расход картерных газов составил 62 дм³/мин;

➤ при температуре охлаждающей жидкости –32 °С расход картерных газов составил 83 дм³/мин, то есть на 35 % больше, чем в прогретом состоянии.

При температуре охлаждающей жидкости плюс 68 °С расход картерных газов стабилизируется и составляет 62 дм³/мин.

Низкотемпературный режим оказывает отрицательное воздействие на полноту сгорания топлива. Подвергшиеся термической деструкции, частично окисленные топливные фракции и вода снижают эксплуатационные свойства моторных масел, образуют парамагнитную дисперсную фракцию стабильных свободных радикалов, создавая отложения в смазочной системе [6]. При этом высокая активность движения картерных газов поддерживает динамику негативных процессов.

Расход картерных газов зависит не только от температуры, но и от состояния деталей цилиндропоршневой группы. Полностью исключить этот процесс не представляется возможным,

однако можно противодействовать его негативным последствиям. Например, применение в конструкции двигателей северного исполнения высоко эффективных систем вентиляции картера работающих по принципу нагнетания приточно-подогреваемого воздуха имеющего изначально отрицательную температуру и низкое влагосодержание.

Моторное масло оказывает герметизирующее воздействие на сопряжения деталей цилиндропоршневой группы. Степень герметизации зависит от вязкости. Избирательный подход к выбору моторного масла, к его вязкостно-температурным характеристикам, с учетом условий в которых эксплуатируется техника, позволит минимизировать негативные последствия описанных процессов и позитивно влиять на ресурс двигателя.

Литература

1. Эртман С.А. Приспособленность автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Эртман Сергей Александрович. — Тюмень, 2004. — 180 с.
2. Венцель С.В. Газодинамический фон в картере двигателя / С.В. Венцель, И.А. Коровянский // Двигателестроение. — 1982. — № 1. — С. 32–36.
3. Колунин А.В. Влияние низких температур окружающей среды на периодичность технического обслуживания силовых установок дорожных и строительных машин: дис. ... канд. тех. наук: 05.05.04 / А.В. Колунин. Омск (СибАДИ). — 2006. — С. 40–74.
4. Devlin M.T., Baren R.E., Sheets R.M., McIntosh K., Turner T.L., and Jao T. Characterization of deposits formed on sequence III G pistons. SAE paper 2005-01-3820, 2005.
5. Корнеев С.В. Обводнение и коллоидная стабильность моторных масел / С.В. Корнеев, В.М. Дудкин, А.В. Колунин // Химия и технология топлив и масел. № 4. — 2006. — С. 33–34.
6. Batko M.A., Florkowski D.W., Devlin M.T., Li S., Eggerding D. W., Lam W.Y., McDonnell T.F., and Jao T. Low temperature rheological properties of aged crankcase oils. SAE paper 2000-01-2943, 2000.