

КОМПЛЕКСНЫЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА

¹Кубич В.И., ²Чернета О.Г.

¹Национальный университет «Запорожская политехника», Украина

²Днепровский государственный технический университет, Украина

Вступление. Вопросам всесторонней оценки влияния картерных газов на эксплуатационные показатели моторных масел, на наш взгляд, внимание уделено недостаточно. Влияние картерных газов на изменение эксплуатационных показателей моторного масла представляется очевидным и неотъемлемо присущим при протекании рабочих процессов в цилиндрах двигателя и картерном пространстве по мере израсходования его ресурса. При этом эффективность отвода картерных газов предопределяется конструкцией системы вентиляции картера двигателя, а снижение аэрации, вспенивания моторного масла – как свойствами масла, так и конструктивными особенностями систем смазывания двигателя.

Целью работы на данном этапе исследований является представление критерия оценки состояния моторного масла, учитывающего эксплуатационные показатели моторных масел, изменяющихся под влиянием картерных газов, и проверка характера его проявления в соответствии с экспериментальными данными.

Результаты исследований. Очевидным представляется факт того, что наработка двигателя T до очередного ремонта, режим работы двигателя (частота вращения коленчатого вала n , нагрузка p_e), давление картерных газов p_k будут предопределять характер протекания процессов химико-механического взаимодействия жидкой фазы – моторного масла, газообразной фазы – картерных газов на границах их раздела. И как следствие таких процессов, будет иметь место изменение значений эксплуатационных показателей, которым уделяется первоочередное внимание при диагностике масел во время эксплуатации двигателей. Как известно в первую очередь к ним относятся: кинематическая вязкость γ , щелочное число TBN , кислотное число TAN , температура вспышки в открытом тигле [1]. На первый взгляд, взаимосвязь между параметрами состояния двигателя и эксплуатационными показателями моторного масла можно представить в общем виде и объединить в систему уравнений (1).

$$\begin{aligned}\gamma_{100} &= f(T, n, p_e, p_k) \\ TBN &= f(T, n, p_e, p_k) \\ TAN &= f(T, n, p_e, p_k)\end{aligned}\quad (1)$$

Из системы уравнений (1) следует, что параметры, выступающие в роли аргументов функции, по совокупности отображения характера протекания рабочих процессов в двигателе и взаимосвязи между собой, представляется возможным выразить в виде безразмерного критерия оценки нагружения моторного масла картерными газами π_k^m (2).

$$\pi_k^m = T \cdot n \cdot \frac{p_e}{p_k}\quad (2)$$

где p_e – нагрузка на двигатель (среднее эффективное давление за цикл), МПа. Как вариант возможно использовать разрежение на впуске p_0 , которое представляется не расчетным, а экспериментально определяемым при диагностировании двигателя.

В свою очередь, эксплуатационные показатели масла предлагается представить также в виде безразмерного комплексного оценочного критерия E_M (3). Тогда система уравнений (1) примет вид (3).

$$E_M = \frac{\gamma_{100}^n \cdot TBN}{\gamma_{100}^r \cdot TAN} = f(\pi_k^m) \quad (3)$$

где $\gamma_{100}^n, \gamma_{100}^r$ – номинальное и текущее значения кинематической вязкости, $\text{мм}^2 \cdot \text{с}^{-1}$.

Исходя из приведенного, текущий контроль процесса взаимодействия картерных газов с компонентами моторных масел по его эксплуатационным показателям даст возможность получить математические модели проявления предложенного комплексного оценочного критерия E_M в зависимости от наработки двигателей T . Т.е. представляется возможным получить закономерности «старения» моторных масел. Однако для этого требуется длительное время для сбора и обработки весьма большого массива данных.

В тоже время получить подобную картину возможно значительно быстрее, если в лабораторных условиях произвести физическое моделирование такого процесса. Действия будут сводиться к имитации насыщения моторного масла картерными газами. При этом параметром оценки возможной наработки моторного масла будет время его насыщения t , которое предлагается рассматривать как параметр ускорения моделируемого физического процесса с использованием реального двигателя. Тогда выражение (3) примет вид (4).

$$E_M = f\left(\frac{t \cdot n \cdot P_0}{P_k}\right) \quad (4)$$

Таким образом, с учетом работы, например, автомобильного двигателя, построение математической модели вида (4) будет сводиться к следующему. Во-первых, необходимо получить образцы масел, взаимодействующих с картерными газами реального двигателя на соответствующих режимах его работы. Во-вторых, необходимо исследовать образцы масел по показателям и определить значения критерия E_M . В-третьих, необходимо определить коэффициенты функциональной зависимости, которой будут графически аппроксимироваться полученные статистические данные.

Графоаналитические модели предлагается получать для масел, нагружаемых картерными газами с соответствующей динамикой взаимодействия. Причем динамика взаимодействия будет предопределяться длительностью и интенсивностью насыщения мерных объемов свежих моторных масел картерными газами реальных двигателей с учетом износа сопряжений «кольцо-цилиндр, например, 50%, 65%, 75%, 90%. Полученные модели позволят, например, определить время (период эксплуатации двигателя) необходимого целесообразного воздействия (управления), например, на систему вентиляции картера. Т.е. становится возможным давать прогнозную оценку сохранения эксплуатационных показателей моторных масел с учетом изнашивания цилиндропоршневой группы и принудительного управления эффективностью работы системы вентиляции картера. Однако для этого необходимо определить порядок перехода от времени моделирования t к текущей наработке T . Этот вопрос пока остается открытым и ему внимание на данном этапе исследований не уделяется.

Взаимодействие компонентов жидкой и газообразных фаз может протекать как по поверхностям отдельно взятых мелкодисперсных частиц – молекулах, так и в их

сосредоточениях – объемах. На наш взгляд, также важным является то, какие по строению и массе углеводороды представляют основу моторного масла – минеральные, полусинтетические, синтетические смазочные композиции с соответствующими комплексами присадок, которые определяют назначение моторных масел и их эксплуатационные режимы работы. Т.е. значимой является также оценка характера изменения обозначенного критерия E_M для масел с различной основой.

Выполнив оценку критерия E_M для моторного масла GProfiPSN40 (применяется в газопоршневых двигателях большой мощности силовых электростанций) при обработке результатов экспериментальных исследований, опубликованных в работе [2], получены среднестатистические результаты (рис.1) [3]. Из них следует, что критерий E_M с увеличением наработки двигателей уменьшается по экспоненциальной зависимости. При этом достоверность аппроксимации данных составила $R^2=0,95$, а ее математическое выражение приняло следующий вид:

$$E_M = 7,23e^{-0,001T} \quad (5)$$

где T – наработка двигателя, моточас; $a=7,23$ и $b=-0,001$ – коэффициенты экспоненциальной зависимости для моторного масла GProfiPSN 40.

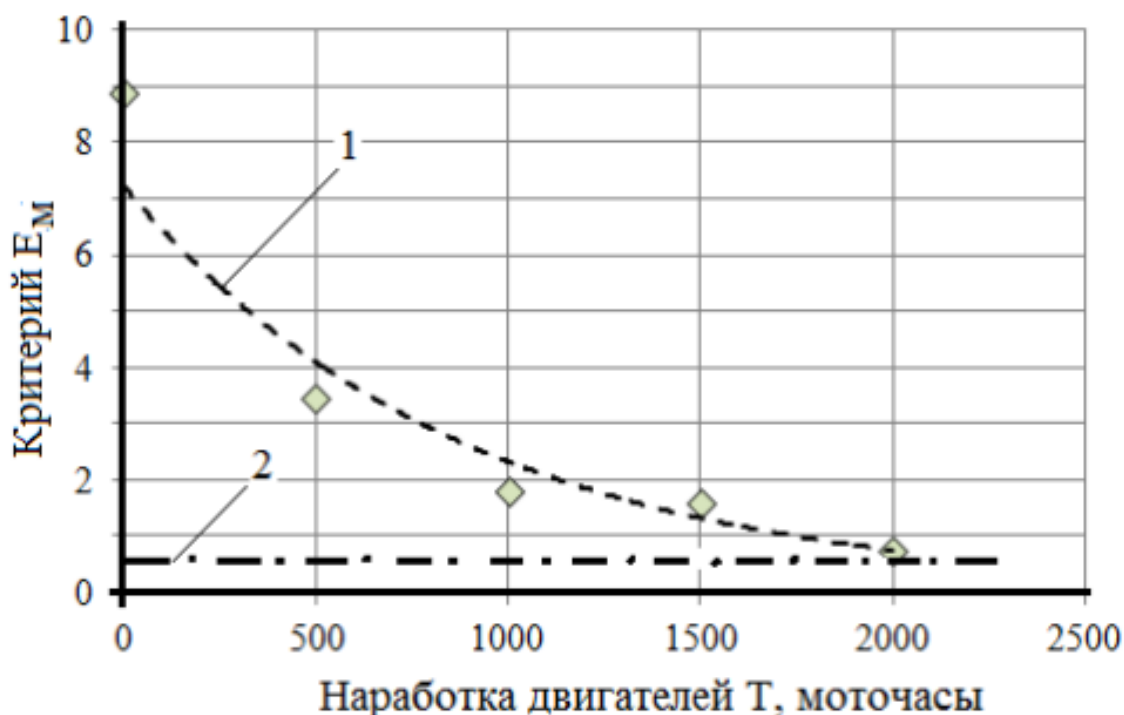


Рисунок 1. Динамика изменения критерия E_M от наработки газопоршневых двигателей:
1 – текущие значения; 2 – критическое значение

Из приведенных результатов вытекает следующее. Во-первых, критерий способен отобразить динамику изменения эксплуатационных показателей моторного масла по наработке двигателей. Во-вторых, для установления закономерности его изменения необходимы расширенные статистические данные. В-третьих, для конкретно рассматриваемого класса моторного масла коэффициенты a , b уравнения (5) будут иметь исключительно свои значения – диапазоны. Более того, в каждом из классов с учетом расхода ресурса двигателя, например, 25%, 50%, 75%, 95%, эти значения могут выражаться поддиапазонами. Из чего следует, что складываются предпосылки к получению массива

данных по предложенному критерию. В соответствии с этими данными, возможно, будет выполняться прогнозирование сохранения функциональности эксплуатационных свойств моторных масел по наработке двигателя, используемого на соответствующих режимах работы. Такими режимами, например, могут быть, «пробки», «трасса» и другие, при которых наблюдается разная интенсивность воздействия картерных газов на моторное масло, и соответственно, специфичное проявление механизма изменения численных значений отдельно взятых показателей [1].

Вывод. Предложенный в работе комплексный критерий представляется значимым, поскольку его применение позволяет выполнять оценку эксплуатационного состояния моторного масла, например, – по мере расходования двигателем своего ресурса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губительный застой. За рулем. №11. 2013. С.84-87
2. Корнеев С.В., Пашукевич С.В., Тришкин А.О., Буравкин Р.В. Изменение характеристик моторных масел в газопоршневых двигателях большой мощности. Вестник СибАДИ, выпуск 4-5 (56-57), 2017. С.36-42
3. Потеря вязкости масла в двигателе. <https://smazka.ru/article/nashi-issledovaniya/poterya-vyazkosti-masla-v-dvigatele/>