

Как видно из представленных графиков, не обязательно если  $K > 1$  высшего порядка, то  $K < 1$  низшего порядка. Представленные графики будут характерны для всех уровней.

Как говорилось ранее, в коэффициенте  $\alpha_i$  учитывается степень значимости оценки. Но в зависимости от расставленных приоритетов  $\alpha_i$  может быть различен.

Таким образом, в зависимости от цели решаемой задачи  $K_{ij}$  может быть различен. То есть при некоторых задачах  $K_{ij} < 1$ , а при других  $K_{ij} > 1$ .

Структура графиков остается такой же, но значения принимают другие величины. Однако неизменным остается соотношение оценок низшего уровня  $\beta_i$  независимо от цели и задач.

Анализируя полученные данные, используя предложенную методику, можно все множество разнообразных и разнородных оценок свести к единому обобщенному показателю. А именно, к комплексному показателю оценки по ряду разнородных критериев на основе иерархически множественных структур, значения которого мо-

гут принимать следующие интервалы: от 0 до 1 – недостаточность по критерию, более 1 – достаточность по критерию, 1 – зона равновесия.

Использовать данную методику можно для оценки экономических, технических, технологических и эксплуатационных показателей, в частности экономической устойчивости автотранспортных предприятий. Описание данного метода абстрагировано от всякой области исследования. И это удобно, так как всякий исследователь может использовать его для своих целей.

УДК 621.7(045)

*А.Ф. Мельников, Ф.П. Мельников*  
*Бийский технологический институт АлтГТУ,*  
*г. Бийск*

## ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ ПРИ ОБКАТКЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Срок службы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) формируется из суммы доремонтного и нескольких межремонтных ресурсов. Доремонтный ресурс представляет собой время наработки ДВС до предельного состояния. Межремонтный ресурс – это время наработки ДВС между смежными капитальными ремонтами (КР).

Назначение капитального ремонта – восстановление исправного состояния ДВС и его полного ресурса либо близкого к нему. Однако, как показывает практика, межремонтный ресурс носит вероятностный характер и составляет, по разным оценкам, 20–60 % ресурса нового двигателя. Объяснить это можно рядом причин: низким качеством применяемых запасных частей, невысоким уровнем культуры проведения ремонта, несоблюдением требований к обработке поверхностей и отсутствием стендовой обкатки.

Стендовая обкатка является обязательной заключительной технологической операцией КР. Основная цель обкатки – подготовка поверхностей трения к восприятию экс-

плуатационных нагрузок, обнаружение течи жидкостей, устранение дефектов, регулировка сопряжений.

На сегодняшний день по сложившейся технологии, если КР проводился на ремонтном заводе, клиент получает двигатель полностью обкатанный (30–60 ч), но неприработанный (400–600 ч), а если ремонт проводился в гаражных условиях, то никакой обкатки не проводится. То есть на ремонтном заводе контролировали дефекты сборки, провели регулировочные работы, но за короткий период технологической обкатки не достигается необходимая степень приработки сопряжений. Такой двигатель не готов воспринимать всю эксплуатационную нагрузку. Отсюда возникают проблемы с невыполнением всего плана работ, простои, повышение стоимости готовой продукции.

Сокращение времени обкатки либо совмещение её при эксплуатации ДВС на заявленных режимах является актуальной задачей и имеет практический интерес.

Одним из способов решения этой задачи является легирование масел

композициями, позволяющими снизить время обкатки либо совместить её с эксплуатацией ДВС.

На сегодняшний день существует большое количество приработочных присадок, классифицируемых по различным механизмам действия и способам введения в ДВС. Однако приработочные присадки, основанные на твердых и сверхтвердых материалах, не входят ни в одну из представленных в литературе классификаций.

При анализе приработочных присадок было найдено упоминание о возможности применения сверхтвердых материалов в составе обкаточных композиций. Наиболее известной и отработанной на практике является алмазосодержащая присадка «Деста» (ТУ 07508902-188-2003), выпускаемая ОАО «Федеральный научно-производственный центр «Алтай»». Считается, что наличие большого количества сверхмалых частиц графита и наноалмаза изменяет свойства смазочной пленки и характер взаимодействия поверхностей трения, способствует ускоренной приработке трущихся поверхностей\*.

\* Сакович Г.В., Комаров В.Ф., Петров Е.А. Синтез, свойства, применение и производство наноразмерных синтетических алмазов // Сверхтвердые материалы. 2002. № 4. С. 8–23.

Введение в масло УДП позволяет значительно сократить продолжительность приработки рабочих поверхностей гильз, поршневых колец, вкладышей подшипников и шеек коленчатых валов, а также увеличить их долговечность за счет уменьшения начального износа. При этом высокодисперсные частицы присадки выполняют следующие функции:

- заполняют микровпадины, адсорбируясь на поверхностях трения за счет свободных связей молекул пристенного слоя, и увеличивают площадь фактического контакта, а следовательно, снижают удельное давление в сопряжении;

- прочно адсорбируясь на микровыступах, повышают адгезионную способность смазки, что приводит к резкому сокращению случаев разрыва и полного исчезновения смазочной плёнки и уменьшению точек контакта микрошероховатостей поверхностей трения в граничных условиях. Это способствует уменьшению числа случаев схватывания и задиrow в процессе приработки;

- повышают несущую способность масляной пленки и благодаря образованию полимолекулярных слоев смазки создают возможность относительного перемещения поверхностей трения за счет сдвига и скольжения пристенных слоев смазки, обладающих свойствами квазитвердого тела и низким коэффициентом трения;

- обеспечивают пластифицирование тончайших поверхностных слоёв, тонкое диспергирование и выглаживание выступающих микронеровностей.

Также в литературе были найдены упоминания о возможности применения частиц нанокобальта для легирования товарных масел. Для проверки предложенного утверждения были приготовлены композиции на основе масла М-8В (ГОСТ 10541-78) при различном содержании нанокобальта. Базовое масло М-8В было выбрано из соображения наименьшего содержания различных присадок в масле, способных влиять на условия трения, также масло М-8В выступает основой для получения обкаточных масел.

Испытания присадок проводили на стандартной машине трения

МИ-1М по схеме трения «вал – колodka». При этом во всех экспериментах давление задавалось равным 9 МПа, что соответствовало нормальной силе 900 Н, а линейная окружная скорость вала (скорость скольжения)  $v$  задавалась 1,5 м/с. Материалы пары трения: вал – чугун СЧ-24, колodka – чугун СЧ-24. Исходная шероховатость образцов  $Ra = (1,0-0,7)$  мкм.

Проведены экспериментальные исследования с целью определения оптимального содержания нанокобальта в масле М-8В. Наилучшие результаты получены на масле М-8В, содержащем 1 % нанокобальта, что соответствовало уменьшению коэффициента трения в конце испытаний на 38 % по сравнению с маслом без присадки (рис. 1).

Температура поверхностей трения является одним из важных

факторов, влияющих на условия трения. Проведены экспериментальные исследования изменения температуры в паре трения от времени испытаний для композиций, содержащих различное количество нанокобальта (рис. 2).

При этом необходимо отметить, что в конце экспериментов наибольшее снижение температуры в паре трения получено для композиции, содержащей 1 % нанокобальта, температура снизилась до 80 °С, что на 25 °С ниже, чем на чистом масле М-8В.

Для получения более полной информации о возможностях антифрикционной присадки на основе нанокобальта для использования при приработке деталей ДВС необходимо провести натурные испытания.

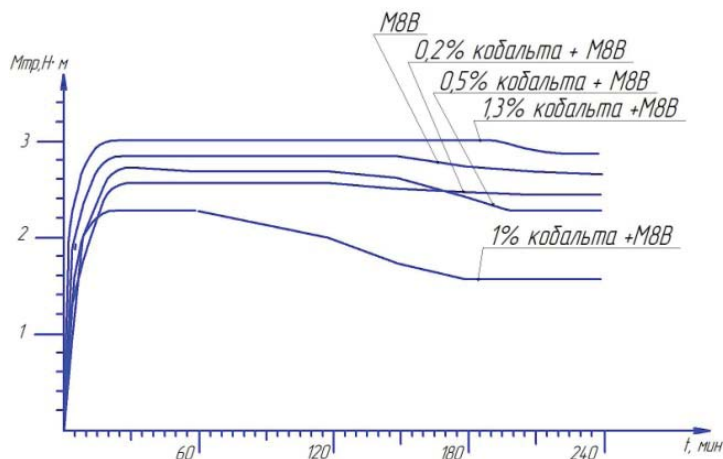


Рис. 1. Изменение момента трения ( $M_{тр}$ ) в зоне контакта от времени испытаний ( $\tau$ ) при различном содержании нанокобальта в масле М8В: нагрузка  $N = 900$  Н, скорость скольжения  $v = 1,5$  м/с

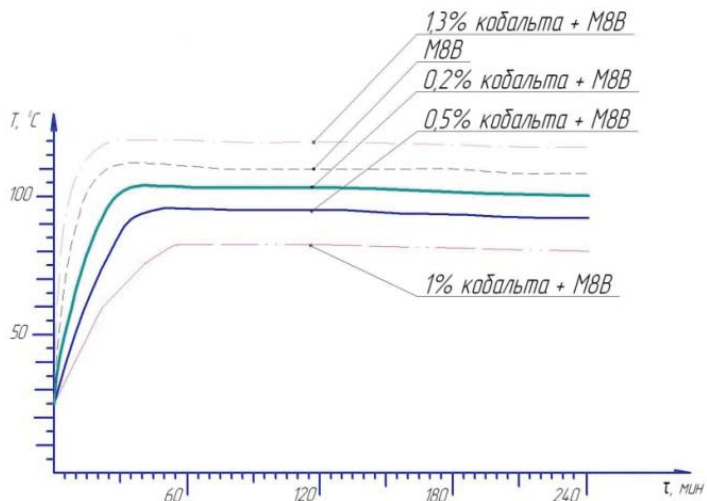


Рис. 2. Изменение температуры ( $T$ ) в зоне контакта от времени испытаний ( $\tau$ ) при различном содержании нанокобальта в масле М8В: нагрузка  $N = 900$  Н, скорость скольжения  $v = 1,5$  м/с