

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ОБОСНОВАНИЕ ПРИСАДОК ДЛЯ УСКОРЕННОЙ ПРИРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСЛЕ РЕМОНТА

**М.А. Карпенко**, кандидат технических наук, доцент  
ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А.Столыпина»  
тел. 8(8422) 55-95-41, mikhailcarpenko@yandex.ru

**Ключевые слова:** приработка деталей, деформирование, изнашивание деталей, поверхностно-активные вещества (ПАВ), химически-активные вещества (ХАВ), композиции способствующие избирательному переносу (КСИП)

*Работа посвящена обоснованию способа применения присадок с ПАВ и ХАВ к маслу при ускоренной обкатке двигателей, позволяющего сократить время приработки поверхностей деталей в 3 раза.*

Анализ эксплуатации машин показывает, что до 45% отказов приходится на двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Причем большая часть ДВС, используемых в сельскохозяйственном производстве Российской Федерации, эксплуатируется после капитального ремонта. Практика эксплуатации ДВС показывает, что ресурс двигателей после капитального ремонта не прошедших обкатку снижается на 50...70%. Поэтому повышение качества обкатки двигателей на основе присадок является актуальной научно-технической задачей [1, 6].

Исходя из возможностей сельскохозяйственных ремонтных предприятий, основным направлением повышения качества и ускорения приработки деталей двигателя - является комплексное применение прирабочных присадок.

На основании работ в области теории изнашивания [1, 4] можно выделить пять видов фрикционного взаимодействия:

- упругое деформирование;
- пластическое отеснение материала;
- микрорезание;
- адгезионное нарушение фрикционной связи;
- когезионный отрыв.

Поскольку микровыступы шероховатой поверхности неодинаковы по высоте и форме, то в процессе приработки имеют место все пять видов фрикционного взаимодействия.

Износ трущихся деталей можно рассматривать как сумму двух случайных функций [1]

$$U(t) = f_1(t) + f_2(t), \quad (1)$$

где  $f_1(t)$  - функция, отражающая прирабочный износ;  $f_2(t)$  - функция, отражающая износ при эксплуатации.

Интенсивность изнашивания деталей машин характеризуется комплексным состоянием поверхностей трения. В соответствии со сложившимся представлением о приработке контактирующих поверхностей деталей один из её результатов - образование равновесной шероховатости, которая не зависит от исходной и определяется только условиями трения. При достижении равновесной шероховатости коэффициент трения и интенсивность изнашивания становятся минимальными, что возможно при реализации упругого контакта взаимодействующих тел.

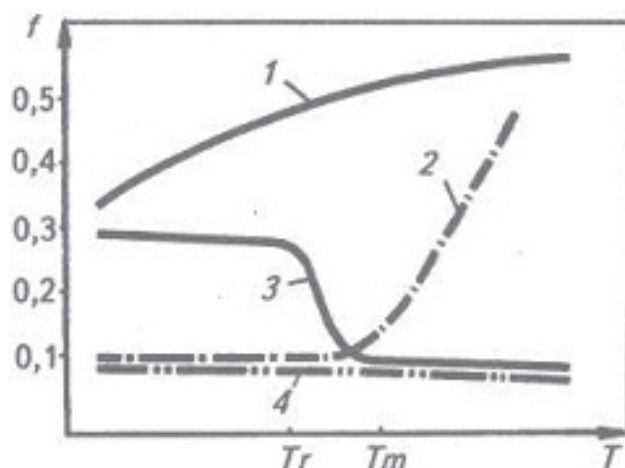
Однако несущая способность поверхностей деталей зависит не только от шероховатости, но и от физико-механических свойств поверхностей трения, поэтому равновесное состояние поверхностного слоя контактирующих деталей может оцениваться параметром [1, 2, 3]

$$C_x = \frac{0,5 \tau_0^4 \sigma_m^2 \left(\frac{1}{v+4}\right)}{\pi^2 \left(1 - \frac{\mu^2}{E}\right)^2 \alpha_2^4 (1,4P)^{\frac{1}{v+4}}}, \quad (2)$$

где  $\tau_0$  - удельная сдвиговая прочность молекулярных связей;  $\sigma_m$  - напряжение текучести;  $v$  - кинематическая вязкость;  $\mu$  - коэффициент Пуассона;  $E$  - модуль упругости;  $\alpha_2$  - коэффициент, учитывающий отличия реальной площади контакта от геометрической.

Отсюда, ускорение приработки деталей состоит в сокращении времени достижения равновесного состояния контактирующих поверхностей [4, 5].

С точки зрения энергетических превращений наступление равновесного состояния происходит пропорционально приращению энергии активации ( $dA_a$ ) в единицу времени, которое определяют по следующей зависимости [1]:



1 – базовое; 2 – базовое + ПАВ; 3 – базовое + ХАВ; 4 – базовое + КСИП  
Рисунок 1 - Зависимость коэффициента трения от температуры

$$adA_s = \frac{dS}{dt} = a \cdot \left( \frac{dA_T}{dt} - \frac{dA_O}{dt} \right), \quad (3)$$

где  $a$  - постоянный коэффициент;  $S$  - площадь контакта;  $dA_T$  - энергия трения;  $dA_O$  - отводимая энергия.

При постоянстве площади контакта [ $ds/dt = 0$ ] процесс переходит в равновесное состояние. В процессе приработки отводимая энергия изменяется по более сложному закону и при некотором критическом значении  $S = S_{кр}$  может достигать предельного значения и остаётся неизменной или даже уменьшаться. В этом случае значительно возрастает площадь поверхности фактического контакта  $ds/dt$ .

Увеличение  $ds/dt$  происходит более интенсивно при наличии антифрикционных покрытий. Это объясняется более низким сопротивлением сдвигу плёнок металлов, а также тем, что антифрикционные покрытия в большинстве случаев более пластичны по сравнению с основным слоем металла. Разделение поверхностей легкоплавкими эвтектиками улучшает их прирабатываемость, препятствует металлическому схватыванию на участках контакта в начальный момент и повышает несущую способность трущихся пар. В процессе работы сопротивляемость поверхностей износу и задиру определяется свойствами материалов соединяемых деталей. Поэтому для увеличения износостойкости поверхностей трения в период эксплуатации (при равновесном состоянии) необходимо проводить приработку таким образом, чтобы под текстурированным слоем находились упрочнённые слои металла.

На процессы контакта, трения и изнашивания оказывает влияние смазка, которая выполняет следующие функции: разделяет трущиеся поверхности и уменьшает площадь непосредственного контакта металлических поверхностей; охлаждает поверхности трения деталей и смывает с них или вымывает из

зазоров частицы металлов и их оксидов, оказывающие абразивное воздействие на поверхности трения [2, 3, 4, 5].

При наличии плёнки смазки трущиеся поверхности перемещаются одна относительно другой с малым сопротивлением сдвигу и без каких-либо повреждений. В зависимости от толщины плёнки ( $10^{-3}$  ...  $10^{-2}$  мкм) [1] распределения в ней поверхностей профилей и степени геометрического прилегания поверхностей возникают различные режимы смазывания.

Приработка деталей двигателя в основном происходит в режиме граничной смазки. Этот режим характеризуется следующими особенностями [3, 4]:

- поверхности расположены на близком расстоянии, и между поверхностями существует контакт;

- гидродинамические явления и влияние объёмных реологических свойств масла малы и несущественны;

- трибологическое поведение системы определяется поверхностными взаимодействиями между тонкими слоями граничных смазок и твёрдыми поверхностями.

Основное назначение граничных смазок состоит в создании между движущимися поверхностями плёнки, способной уменьшить число прямых взаимодействий твёрдых тел и характеризующейся малым сопротивлением сдвигу. Взаимодействия твёрдого тела со смазкой, приводящие к появлению защитной граничной плёнки, могут быть представлены тремя механизмами: физической и химической адсорбцией, химической реакцией [1].

На рисунке 1 представлена зависимость коэффициента трения от температуры при работе на различных маслах [1, 2].

Кривая (1) относится к системе смазывания с неполярным базовым маслом. Она показывает, что относительно высокий первоначальный коэффици-

ент трения ещё больше возрастает с ростом температуры, поскольку слабые адсорбционные связи разрываются.

Кривая (2) относится к смазке с ПАВ, которая, взаимодействуя с поверхностью металла, образует металлическое мыло, легко сдвигающееся на площади реального контакта. Вплоть до температуры плавления металлического мыла ( $T_m$ ) трение мало и относительно постоянно, но выше этой температуры оно резко возрастает.

Кривая (3) характерна для масла с ХАВ, которые очень медленно реагируют при низких температурах. По достижении температуры ( $T_2$ ) происходит химическая реакция, и коэффициент трения уменьшается, поскольку возрастает интенсивность образования плёнки.

Кривая (4) представляет собой гипотетическую зависимость при эффективной комбинации

кривых (2) и (3), что характерно для КСИП. Надёжное смазывание обеспечивается жирной кислотой до температуры ( $T_2$ ). Выше этой температуры большую часть смазывающего действия оказывает химически активная присадка.

Разрушение поверхностных плёнок может происходить поэтапно. Вначале разрушаются или термически разлагаются наружные слои (физически или химически адсорбированные), а затем внутренние (окисные и упрочнённые). Таким образом, механизмы нарушения работоспособности таких плёнок смазки на трущихся поверхностях деталей определяются физической и химической природой защитных поверхностных слоев, а также условиями контакта неровностей, зависящими от динамических изменений поверхности раздела.

### **Библиографический список:**

1. Карпенко, Михаил Александрович. Интенсификация процесса приработки двигателей УМЗ применением присадок в масло с поверхностно-активными и химически-активными веществами. 05.20.03 – технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве: дис. ... канд. техн. наук / М.А. Карпенко. - Пенза, 2002. – 172 с.
2. Карпенко, М.А. Результаты лабораторных исследований присадок в масло при обкатке отремонтированных двигателей / М.А. Карпенко, В.В. Варнаков // *Материалы XXXVII научно-технической конференции молодых ученых и студентов инженерного факультета*. – Пенза, 2002. – С. 57-58.
3. Карпенко, М.А. Выбор и обоснование методики экспериментальных исследований износа деталей при вводе присадочных материалов / М.А. Карпенко // *Вестник УГСХА*. Ульяновск, 2002, №7. – С. 23-27.
4. Карпенко, М.А. Имитационная модель факторов приработки деталей цилиндропоршневой группы при ускоренной обкатке отремонтированных двигателей на основе присадок / М.А. Карпенко, В.В. Варнаков // *Вестник УГСХА*. Ульяновск, 2002, №7. – С.18-23.
5. Яковлев, С.А. Исследование износостойкости поверхностей стальных деталей после нанесения антифрикционных материалов с последующей электромеханической обработкой / С.А. Яковлев, М.А. Карпенко // *Материалы Всероссийской научно-производственной конференции «Инновационные технологии в аграрном образовании, науке и АПК России»*. – Ульяновск, 2003, С. 188-190.
6. Хохлов, А.Л. Рекомендации по проведению ускоренной обкатки двигателей в условиях малых ремонтных предприятий и мастерских хозяйств / А.Л. Хохлов, В.В. Варнаков, М.А. Карпенко. - УГСХА, Ульяновск, 2004. – 15 с.

## **THEORETICAL BACKGROUND AND RATIONALE ADDITIVES FOR ACCELERATED RUNNING PARTS OF THE ENGINE AFTER REPAIR**

**Karpenko M.A.**

**Keywords:** *breaking parts, deformation, wear parts, surface-active substances (surfactants), chemically-active substances (CHAF), composition conducive to selective migration (XIP)*

*The work is devoted to the substantiation of the method of application with surfactant additives and HOW to oil the fast-running engines, allowing to reduce the time running surfaces of the parts 3 times.*