

# Ремонт без разбору

## Новые технологии обработки судовых двигателей

**Олег Павлов** ▶ Сердце любого современного судна – его двигатель. Без уверенности в его надежности не выйти в море, а выиграть экстремальную гонку просто невозможно. Выносливость двигателя определяет живучесть всего судна. И самым главным препятствием на пути к совершенству и абсолютной выносливости судовых двигателей всегда было трение. На преодоление последствий трения в механизмах человечество тратит до 15% ВВП, и это – в 21 веке!

**В**се, что трется – разрушается, быстро или медленно. В двигателях трение наиболее свирепо, а борьба с ним выглядит особенно захватывающе. Основное «оружие» в борьбе с трением в двигателях – это различные масла и смазки, а также присадки к этим маслам и смазкам.

Не так давно выяснилось, что далеко не все масла и смазки имеют оптимальный состав, позволяющий эффективно бороться с износом, задирками и другими тяжелыми для узлов трения последствиями трения двух поверхностей друг о друга. Появились сотни новых присадок высокого качества; многие владельцы автотранспорта получили возможность менять масло с противоизносными присадками после 100 тыс. км пробега (примерно 2000 моточасов работы стационарного дизельного агрегата). Имеются примеры пробегов и в миллион миль. По результатам ряда испытаний масла для ДВС некоторых фирм класса качества SJ/SL и вязкости 0W-20 обеспечивают коэффициент трения около 0.025 в широком диапазоне нагрузок.

На этом основании крупные фирмы-производители масел подвергают сомнению все инновационные предложения по совершенствованию моторных масел путем добавления в них новых присадок. Тем не менее, уже много лет используются специальные масла с необычными добавками для экстремальных режимов эксплуатации различных двигателей, включая и судовые.

Экономические трудности 1990-х годов и сопутствующее старение машин и оборудования дали мощный толчок развитию ремонтно-восстановительных трибопрепаратов – так их называют инженеры. И среди таких инновационных трибопрепаратов очень эффективными оказались геомодификаторы трения, изготовленные из смесей минералов группы серпентинита и хлорита. Ими занимались десятки отраслевых научных организаций, имеются сотни документов, подтверждающих эффективность их применения на различных объектах промышленности.

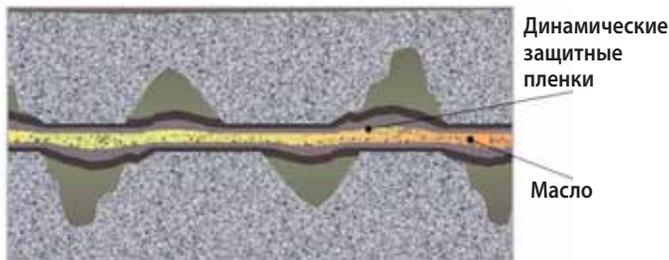


О. Г. Павлов, к.б.н.

Основное преимущество технологии применения составов, которые называют геомодификаторами трения (сокращенно ГМТ), состоит в том, что ремонт и восстановление узла проводятся в режиме штатной эксплуатации всего механизма и без привлечения специалистов высокой квалификации. В триботехнических составах подобного типа применяются различные сверхтонкоизмельченные слоистые силикаты, обладающие способностью улучшать взаимодействие поверхностей трения узлов, изготовленных из черных металлов и их сплавов за счет формирования защитного слоя на металлических поверхностях. неотъемлемой частью этих составов являются катализаторы и ингибиторы, не изменяющие свойств масел и смазок.

Использование триботехнических составов (далее ТС) позволяет в режиме эксплуатации механизма существенно уменьшить потери на преодоление сил трения в процессе взаимодействия трущихся металлических поверхностей за счет формирования на них защитного слоя. Процесс формирования новой структуры – защитного слоя – происходит самостоятельно. ТС выполняет функцию инициатора-

катализатора качественного перехода системы под названием «контактирующие поверхности узла трения» в новое равновесное энергетическое состояние, а также функцию «поставщика» строительного материала для защитного слоя. Катализаторы и ингибиторы, применяемые в составах, ускоряют на определенных этапах формирование защитной структуры и влияют на ее конечный химический состав, а, следовательно, и на физико-механические свойства защитной структуры.



Схематическое изображение двух изношенных поверхностей трения, на которых сформировался защитный слой, обладающий высокой маслоудерживающей способностью (динамические защитные пленки)

Важнейшей особенностью сформированной при участии ТС новой поверхности является то, что она обладает высокой маслоудерживающей способностью. Это позволяет процессу трения приблизиться к гидродинамическому режиму.

Особенности новой защитной структуры, образованной в результате взаимодействия системы трения «поверхность-смазка-поверхность» и компонентов ТС, позволяют достичь положительных эффектов, в числе которых увеличение ресурса ДВС в 1.5–2 раза, снижение расхода топлива на 8–12%; уменьшение угара масла до 3 раз, снижение содержания вредных выбросов в отработавших газах (по СО и СН до 50%), снижение уровня шума (на 10–15 Дб) и вибрации (до 2 раз), увеличение ресурса масла до 2 раз, при аварийной потере смазки двигатель может работать в безопасном режиме значительное время.

При обработке редукторов и трансмиссий восстанавливается геометрия рабочих поверхностей трения, увеличивается ресурс обработанного узла до 2 раз, снижаются потери на преодоление сил трения вплоть до 50%, при аварийной потере смазки узел может работать в безопасном режиме определенное время.

При обработке насосов, нагнетателей восстанавливается геометрия рабочих поверхностей трения, восстанавливаются рабочие параметры агрегатов вплоть до номинальных, увеличивается ресурс агрегатов до 2 раз, повышается устойчивость к абразивному изнашиванию трущихся узлов агрегатов.

Как работают триботехнические составы? Одним из основных активных компонентов ТС являются тонкоизмельченные минералы специально подобранного для каждого типа узла трения гранулометрического и фракционного состава с различным набором катализаторов и

ингибиторов. Для доставки активных компонентов в зону трения используются масла и смазки, совместимые с рабочими жидкостями и смазками обрабатываемого узла. Новая защитная структура формируется на поверхностях трения в местах их контакта поэтапно.

На первом этапе удаляется часть деформированного слоя, окислов и отложений с металлических поверхностей трения (происходит подготовка и выравнивание поверхностей трения). На этом этапе триботехнические составы работают как мягкий абразив, твердость которого выше твердости деформированного поверхностного слоя узла трения. Попадая в зону трения, частицы составов (в зависимости от геометрических параметров зазоров узлов трения, размеры частиц, входящих в составы от 0.5 до 20 мкм) разрушаются между микровыступами в зоне контакта. Процесс ведет к увеличению площади контакта двух поверхностей трения, уменьшению шероховатости и увеличению микротвердости поверхности. В зонах контакта «пик-пик» на поверхностях пар трения формируется трибоплазма с очень высокими локальными температурами.

На втором этапе на кристаллической решетке металла строится подложка новых структур (защитного слоя). Материалом для строительства являются как продукты износа (в т.ч. снятые на первом этапе микрочастицы деформированного слоя), компоненты ТС и углерод из разрушенных полимерных молекул углеводородов смазки. Основные химические элементы, входящие в состав защитной структуры: железо, углерод и кислород в различных фазовых комбинациях. Структура слоя – металлокарбидная матрица с алмазоподобными вкраплениями размерами не более 10 нм. Такие поверхности принято называть алмазоподобными структурами (Diamond Like Coating, DLC). Высокое содержание углерода в новом защитном слое определяет его прочность и пластичность, а также высокую устойчивость к нагрузкам, трению и износу.

Далее идет формирование защитной структуры (слоя) в режиме «самоорганизации», т.е. система под названием «пара трения» (трибосопряжение) выбирает тот режим формирования защитного слоя, который ей «выгоден» (энергетически менее затратный) при данном режиме трения. Параметрами для управления процессом формирования защитного слоя являются: химический состав геомодификатора, относительная скорость скольжения двух поверхностей, радиальные и осевые нагрузки, исходный материал поверхностей трения, смазка, температура, давление, шероховатость, адгезионные свойства поверхностей, толщина сформированного слоя, пористость, микротвердость, упругость и т.д.

Защитный слой обладает высокой маслоудерживающей способностью: масло (смазка) как бы «прилипает» к новой поверхности, что можно охарактеризовать как постоянный масляный клин, сохраняющийся долгое время после остановки механизма. Защитный слой устойчив во времени, что качественно отличает его от защитных пленок, исчезающих через короткое время, а также после смены масла или смазки.