

Эстеры в масле

И автовладельцы, и многие работники сферы автосервиса слышали об эстеровых маслах, но редко кто может правильно пояснить, что это такое. Более того, одни свято верят в полезность и незаменимость масел на эстеровой основе, другие считают это очередным маркетинговым ходом. Попробуем разобраться...



Если кратко, эстеры представляют собой сложные эфиры - продукты нейтрализации карбоновых кислот спиртами. Однако начинать статью так "заумно" было бы неверно. Для начала необходимо вспомнить, какими бывают базовые масла для производства моторных и трансмиссионных масел.

Базовые масла, или по-другому - основы моторного или трансмиссионного масла, производятся:

- путем перегонки нефти;
- путем синтеза из газа или органических кислот.

Первые традиционно называются минеральными, а вторые - синтетическими базовыми маслами.

По классификации Американского института нефти (API) базовые масла подразделяются на пять категорий:

Группа I - базовые масла, которые получены методом селективной очистки и депарафинизации растворителями (обычные минеральные). Типичные характеристики: индекс вязкости: 80-100, температура вспышки: 190-205°C.

Группа II - высокорасфилированные базовые масла, с низким содержанием ароматических соединений и парафинов, с повышенной окислительной стабильностью (масла, прошедшие гидрообработку - улучшенные минеральные). Типичные параметры: индекс вязкости: 115-125, температура вспышки - 205-215°C.

Группа III - базовые масла с высоким индексом вязкости, полученные методом каталитического гидрокрекинга (НС-технология). В ходе специальной обработки улучшают

молекулярную структуру масла, приближая по своим свойствам базовые масла группы III к синтетическим базовым маслам IV группы. Не случайно масла этой группы относят к полусинтетическим (а некоторые компании даже к синтетическим базовым маслам). Типичные параметры: индекс вязкости: 125-160, температура вспышки - 210-225°C.

Группа IV - синтетические базовые масла на основе полиальфаолефинов (ПАО). Полиальфаолефины, получаемые в результате химического процесса, имеют характеристики единой композиции, очень высокую окислительную стабильность, высокий индекс вязкости и не имеют молекул парафинов в своем составе. Типичные параметры: индекс вязкости: 140, температура вспышки - 250°C.

Группа V - другие базовые масла, не вошедшие в предыдущие группы. В эту группу входят другие синтетические базовые масла и базовые масла на растительной основе. Типичные параметры: индекс вязкости: 180-200, температура вспышки: 250-330°C.

Химический состав минеральных основ зависит от качества нефти, пределов выкипания отбираемых масляных фракций, а также методов и степени их очистки. Минеральная основа - самая дешевая. Это продукт прямой перегонки нефти, состоящий из молекул разной длины и разного строения. Из-за этой неоднородности - нестабильность вязкостно-температурных свойств, высокая испаряемость, низкая стойкость к окислению. Минеральная основа - самая распро-

страненная в мире моторных масел.

Совершенствование минеральных базовых масел проводится по двум основным направлениям. Первое, при котором масло очищается только до такой степени, чтобы в нем осталось оптимальное содержание смол, кислот, соединений серы, азота и, дополнительно, вводятся присадки для улучшения некоторых функциональных свойств. Такой метод не позволяет получить масла достаточно высокого уровня качества. Второе направление, при котором базовое масло полностью очищается от всех примесей и проводится молекулярная модификация методом гидрокрекинга. В результате получается масло, обладающее ценными свойствами для тяжелых режимов работы (высокая стойкость к деформациям сдвига при высоких скоростях, нагрузках и температурах, высокий индекс вязкости и стабильность параметров).

К какому классу относить такие масла? По цене "гидрокрекин" ближе к "минералке", а по качеству, как уверяет продавец, ничуть не хуже "синтетики". Но мы же понимаем, что если бы дело обстояло именно так, такое дорогое удовольствие, как синтетическое масло, вымерло бы как класс... Гидрокрекинговое масло ближе к минеральному не только по цене, но и по способу получения, потому что оно тоже производится из нефти. Чем же оно тогда лучше? Как следует из названия, оно проходит более глубокую обработку при помощи гидрокрекинга. А на первых этапах его производства ничем не отличается от производства минерального масла. Из обычного ми-

нерального масла разнообразными физико-химическими методами удаляющие нежелательные примеси вроде соединений серы или азота, асфальтеновые (битумные) вещества и ароматические полициклические соединения, которые усиливают коксование и зависимость вязкости от температуры. Депарафинизацией удаляются парафины, повышающие температуру застывания масел. Однако понятно, что удалить все ненужные примеси таким методом невозможно - грубо говоря, это и служит причиной худших свойств "минералки". Обработка масла может продолжиться и дальше. Ведь остались еще ненасыщенные углеводороды, которые ускоряют старение масла из-за окисления, да и примеси тоже остались. Гидроочистка (воздействие водородом при высокой температуре и давлении) превращает непредельные и ароматические углеводороды в предельные, что увеличивает стойкость масла к окислению. Таким образом, масло, прошедшее гидроочистку, обладает дополнительным преимуществом.

А гидрокрекинг - это еще более глубокий вид обработки, когда одновременно протекает несколько реакций. Каких? Удаляются все те же ненавидимые серные и азотистые соединения, длинные цепочки разрываются (cracking - крекинг, в дословном пере-

воде - взламывание) на более короткие с однородной структурой, места разрывов в новых укороченных молекулах насыщаются водородом (гидрирование). Отсюда и название - "гидрокрекинг". Таким образом, при гидрокрекинге налицо все признаки синтеза - создания из исходного сырья нового соединения, с новой структурой и свойствами. Поэтому гидрокрекинг часто называют НС-синтезом.

Но не все так просто. Некоторые компоненты нефти, которые обычно считаются вредными, местами могут быть весьма ценными. Например, смолы, жирные и нафтенновые кислоты улучшают липкость и стойкость адсорбционной пленки масла и тем самым улучшают смазывающую способность масла. Некоторые соединения серы и азота обладают антиокислительными свойствами. Таким образом, при глубокой очистке масла некоторые его смазывающие, антиокислительные и антикоррозионные свойства могут ухудшиться. Эта неприятность исправляется специальными присадками, которые добавляют уже на маслосмесительных заводах.

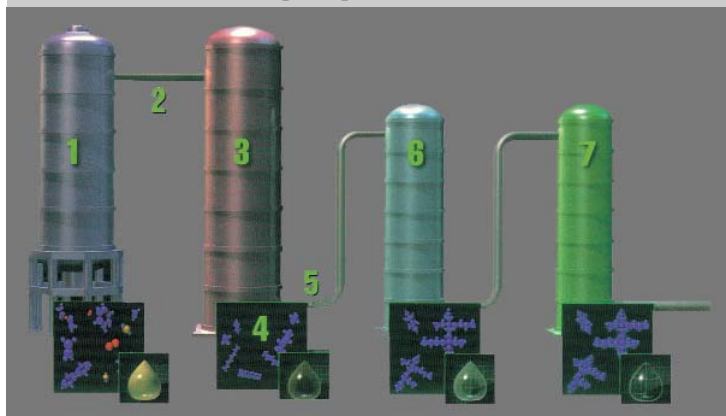
Итак, гидрокрекинговые масла - это продукты перегонки и глубокой очистки нефти. Гидрокрекинг отбрасывает все "ненужное", ну а если захватывается что-то "полезное", необходимые свойства придаются с помощью при-



Транспортировка на Ачинский НПЗ (Россия) реактора гидрокрекинга. Вес установки - 1 300 тонн, плюс автотоповоз, который предназначен для его перевозки, - ещё полторы тысячи тонн. Это, в общей сложности, вес хорошей пятиэтажки.

садок. Но четко отфильтровать ненужные примеси сложно, поэтому имеет место большее нагарообразование и "содействие" коррозии у гидрокрекинговых масел по сравнению "синтетикой". Гидрокрекинговое масло получается близким по качеству к "синтетике", но быстрее стареет, теряет свои свойства. Зато они обладают высоким индексом вязкости, противоокислительной стойкостью и стойкостью к деформациям сдвига, а от износа часто могут защищать даже лучше, чем синтетические. С другой стороны, "синтетика" более однородна в смысле линейности углеводородных цепей, что дает преимущества, например,

Технология гидрокрекинга



1. Исходные нефтепродукты, дистиллированные в специальной вакуумной перегонной колонне, разделяются на дистилляты и вакуумные газойли.
2. Молекулы воскообразных вакуумных газойлей поступают в установку гидрокрекинга для гидрирования.
3. При сверхвысоких значениях давления и температуры (300 кПа, 540°C) молекулы нефти становятся химически активными.
4. Водород добавляется к молекулам, чтобы полностью исключить примеси. Происходит перегруппировка молекул, в результате чего получается исключительный базовый компонент для производства готовых смазочных материалов.

5. Преобразованный компонент явно светлее по цвету, поскольку он является более чистым.
6. Нежелательные парафиновые углеводороды молекулярно перестраиваются, что придает базовому маслу устойчивость к гелеобразованию и отличную прокачиваемость даже при экстремально низких температурах.
7. Водород используется снова для удаления ароматических углеводородов и оставшихся легких примесей. Он также помогает стабилизировать молекулярную структуру вновь образовавшегося базового компонента, чтобы обеспечить повышенную устойчивость к окислению и более долгий срок службы смазки.

Сравнение базовых масел



в температуре замерзания.

Есть еще один нюанс. Гидрокрекинг - процесс каталитический, как, впрочем, и синтез. Но если первый идет, например, на никеле, то второй - на углероде. Понятно, что углерод в этом смысле лучше, так масло будет избавлено от нежелательных примесей соединений катализаторов.

Самое интересное, что подавляющее большинство моторных масел, позиционируемых как полусинтетические, и даже полностью синтетические, являются ни чем иным, как гидрокрекинговыми маслами. Это общая тенденция крупнейших производителей масел. Программа BP (кроме Visco 7000), Shell (кроме 0W-40), большинство масел Castrol, Mobil, Esso, Chevron, Fuchs построены на гидрокрекинге. Много очень известных марок с полным спектром масел, использующие только гидрокрекинг.

Полусинтетика - это смесь минеральных и синтетических базовых масел, и может содержать в своем составе от 20 до 40 процентов "синтетики". Специальных требований к производителям полусинтетических смазочных материалов в отношении того, какое количество синтетического базового масла (синтетического компонента) должно быть в готовом моторном масле - нет. Также нет никаких предписаний, какой синтетический компонент (базовое масло группы III или группы IV) использовать при изготовлении полусинтетического смазочного материала. По своим характеристикам эти масла занимают промежуточное положение между минеральными и синтетическими маслами, т.е. их свойства лучше обычных минеральных масел, но хуже синтетических. По цене же эти масла значительно дешевле синтетических.

Синтетические масла обладают исключительно удачными вязкостно-температурными характеристиками. Это, во-первых, гораздо более низкая, чем у минеральных, температура застывания (-50°C, -60°C) и очень высокий индекс вязкости, что существенно облегчает запуск двигателя в морозную погоду. Во-вторых, они имеют более высокую вязкость при рабочих температурах свыше 100°C - благодаря этому масляная пленка, разделяющая поверхности трения, не разрушается в экстремальных тепловых режимах. К прочим достоинствам синтетических масел можно отнести повышенную стойкость к деформациям сдвига (благодаря однородности структуры), высокую термоокислительную стабильность, то есть малую склонность к об-

разованию нагаров и лаков (лаками называют откладывающиеся на горячих поверхностях прозрачных, очень прочных, практически ничем не растворимых пленок, состоящих из продуктов окисления), а также небольшие по сравнению с минеральными маслами испаряемость и расход на угар. Немаловажно и то, что синтетика требует введения минимального количества загущающих присадок, а особо высокочастотные ее сорта не требуют таких присадок вообще, следовательно, эти масла очень стойкие - ведь разрушаются в первую очередь именно присадки. Все эти свойства синтетических масел способствуют снижению общих механических потерь в двигателе и уменьшению износа деталей. Кроме того, их ресурс превышает ресурс минеральных в 5 и более раз. Основным фактором, ограничивающим применение синтетических масел, является их высокая стоимость. Они в 3-5 раз дороже минеральных.

В роли синтетической базы выступают обычно полиальфаолефины (ПАО) или эстеры, либо их смесь.

ПАО - это углеводороды с длиной цепочки порядка 10...12 атомов. Получают ее путем полимеризации (проще говоря - соединения) коротких углеводородных цепочек - мономеров из 3...5 атомов. Сырьем для этого обычно служат нефтяные газы - бутулен и этилен.

Эстеры представляют собой сложные эфиры - продукты нейтрализации карбоновых кислот спиртами. Сырье для производства - растительные масла, обычно рапсовое или кокосовое. Эстеры обладают рядом преимуществ перед всеми другими известными основами. Во-первых, молекулы эстеров полярны, то есть электрический заряд распределен в них так, что молекула сама "прилипает" к металлу. Во-вторых, вязкость



эстеров можно задавать еще на этапе производства основы: чем более тяжелые спирты используются, тем большей получается вязкость. Можно обойтись без всяких загущающих присадок, которые "выгорают" в ходе работы в двигателе, приводя к "старению" масла. Современная технология позволяет создавать полностью биологически разлагаемые масла на основе эстеров, т.к. эстеры являются экологически чистыми продуктами и легко утилизируются. Однако все эти плюсы могут показаться слишком дорогим удовольствием. Эстеровая база стоит в 5...10 раз дороже минеральной!

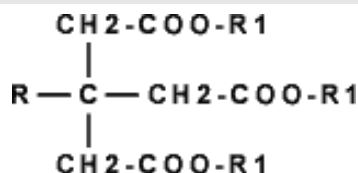
Итак, опишем подробнее, что на практике означает применение эстеровых масел?

С чего мы начинаем ежедневную эксплуатацию автомобиля? Конечно же, с запуска двигателя. Именно в этот момент проявляются многие "болячки". Например, подсевший аккумулятор, замерзшие датчики и т.д. Но все это - видимые проблемы. А есть проблемы, скрытые от нашего глаза и наших ощущений. Главная из них - масляное голодание при холодном пуске двигателя. Заключается она в том, что в состоянии покоя масло стекает в картер и при старте двигатель первые секунды работает без смазки. И лишь когда масло будет распределено по системе, сухое трение металла о металл прекращается. Соответственно, во время каждого запуска де-

Все присадки представляют собой растворы металлов (кальция, цинка и т.д.), разведенных в минеральной базовой основе. Присадки разводятся ВСЕГДА в минеральном базовом масле, так как оно наилучшим образом смешивается со всеми типами присадок. Количество присадок в моторном масле варьируется, в зависимости от предназначения масла, в количестве от 20 до 45%. Таким образом, АБСОЛЮТНО ВСЕ моторные масла, даже "полностью синтетические (Fully synthetic) на самом деле являются смешанными!

По сравнению с полиальфаолефинами, представляющими собой простые углеводородные цепочки, молекулы эфиров полярны - электронная плотность смещена к атому кислорода карбонильной группы. Отсюда - **важнейшее достоинство масел на базе эфиров: отрицательно ионизированный атом кислорода непременно притянется к металлической поверхности смазываемых деталей, поскольку кристаллическая решетка любого металла или сплава состоит только из положительных ионизированных и нейтральных атомов.**

Себестоимость эфирной основы в 5-10 раз выше, чем минеральной, ведь ее производство включает несколько стадий. Сырьем обычно служит масло из копра кокосовых орехов или семена рапса, которое подвергают гидролизу, отделяя глицерин и получая нужные карбоновые кислоты.



Заключительный этап - этерификация, то есть взаимодействие кислоты со спиртом. Разумеется, не винным, в молекуле которого всего два атома углерода, а более тяжелым, где их от 4 до 22, ведь чем крупнее будет радикал R1 в молекуле эфира, тем выше его

вязкость. Кстати, в этом и состоит второе главное преимущество эстеров над полиальфаолефинами: здесь можно легко менять вязкость конечного продукта, применяя тот или иной спирт.

Дополнительно варьировать свойства масла можно, меняя и кислотный радикал R, что еще более повышает себестоимость, - ведь тогда и карбоновые кислоты приходится синтезировать. Поэтому, чаще применяют растительные, благо кокосовых пальм на Земле хватит на моторные масла.

При определенных сочетаниях радикалов получаются экологически чистые биоразлагаемые эстеры: они дороже "минералки" уже в 15 раз. Сделанное на их базе масло, попав в почву, за 21 день разлагается бактериями на 85%, хотя для получения экологического сертификата достаточно уже 66-процентного распада.

тали двигателя получают значительный износ в парах трения, что заметно сокращает моторесурс агрегата.

Так вот, первое, и, наверное, самое главное достоинство эстеровой основы - соответствующая полярность молекулы эстера, связанно с решением именно этой проблемы. Повторимся, ее заряд, который полярно противоположен заряду металла, позволяет ей притягиваться к нему. Таким образом, на металлической поверхности в парах трения образуется постоянный слой масляной пленки, который взаимодействует с металлом по принципу магнита. Благодаря этому двигатель постоянно смазан - даже при холодном запуске. Подчеркнем, лишь эстеровая основа открывает возможности для этого эффекта.

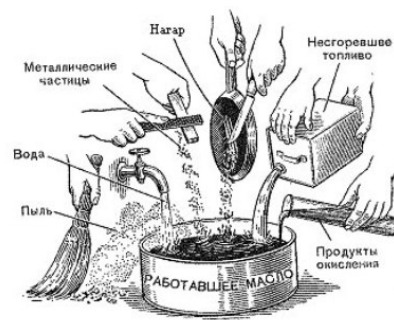
Второе важное свойство - стабильность эстеровых масел при различных температурах, позволяет защитить двигатель во всех диапазонах температур. Но от чего же зависит вязкость в любом другом масле?

Для поддержания вязкости в пакетах присадок моторных масел входят специальные загустители. Они представляют собой спиралевидные молекулы, которые как раз и действуют по принципу спиралевидной пружины. Когда масло подвергается воз-

действию высоких температур, спираль расширяется, но лишь до определенного уровня, что держит вязкость масла в границах допустимого. При воздействии низких температур молекулы загустителя не дают маслу сильно загустеть, действуя в обратном направлении. Эта технология отлично работает до тех пор, пока загустители не срабатываются от механических воздействий на них. После этого стабильность вязкости масла будет зависеть исключительно от его базы. К тому следует помнить, что чем больше присадок в масле, тем больше и шлакообразование, что всегда плохо для двигателя.

Самый высокий индекс вязкости эстеровых масел напрямую связан со спиртовой составляющей эстеров - ее плотность напрямую влияет на вязкость конечного продукта. Таким образом, применяя более или менее плотные спирты в производстве эстеровой базы, разработчики, как мы уже говорили, изначально задают параметры вязкости масла. И ненадежные загустители больше не нужны. Это означает, что масла на эстеровой основе не зависят от наличия загустителей, и вязкость их будет стабильной от начала и до конца эксплуатации.

Эстеровая основа имеет также вы-



сокие показатели температуры вспышки, что резко сокращает расход масла на угар. Ее показатели высокотемпературного сдвига масляной пленки значительно превосходят показатели любых традиционных масел, включая созданные на основе ПАО синтетических баз.

Еще одно из важнейших требований при эксплуатации агрегатов, нуждающихся в смазке - прочность масляной пленки. Именно от того, насколько она крепкая, зависит защита пар трения от износа. Для этого приведем цифры максимальной нагрузки, которую выдерживают масляные пленки (при вертикальных ударах):

- минеральная база - 900 кг/см²;
- синтетика (ПАО) - 6500 кг/см²;
- синтетика (эстеры) - 22000 кг/см².

Отчетливо видно, что масляная пленка эстеровой основы примерно в три раза крепче по сравнению с синтетической ПАО-базой. Именно поэтому масла на основе эстеров так любят в профессиональном авто- и мотоспорте - они идеальны при пиковых нагрузках двигателя!

И, кроме всего сказанного, эстеровые масла показали наилучшую сопротивляемость окислению, которое неизбежно с применением низкокачественного топлива (то есть, практически любого топлива с АЗС Украины).

Подводя итоги, можно сказать, что эстеровые масла действительно очень сильно отличаются от своих "собратьев". Перечислим кратко основные их свойства и положительные "последствия":

1. Эффект прилипания к металлу - безопасный запуск двигателя.
2. Постоянная вязкость масла - постоянное давление масла и защита двигателя.
3. Самая крепкая масляная пленка - увеличение мощности и защита от износа.
4. Самая высокая температура вспышки - снижение расхода масла.
5. Наилучшая устойчивость к окислению - сохранение основных свойств масла на протяжении всего интервала эксплуатации.

Ну и лишний раз напомним о недостатках, один из которых перерос в миф. А именно - потеря основных свойств и текучести при взаимодействии эстеровых соединений с водой. При этом эстеровое масло превращается в желе. Шокирующие снимки и предупреждения появляются в форумах, и пугают автолюбителей "коварными" эстеровыми маслами, которые при попадании капли воды выходят из строя. Но разочаруем любителей "детективного жанра". Для того чтобы довести эстеровое масло до такого состояния, понадобится объем воды, равный объему масла. Абсурдным выглядит случайное попадание такого количества влаги в систему. А небольшое количество конденсата, который может образоваться в системе от перепада температур, абсолютно безвредно. Он быстро испаряется при достижении рабочих температур масла и выводится через систему вентиляции картера.

И, как уже говорилось, главный недостаток эстеровой базы - это ее стоимость. 100%-я эстеровая основа - это теория, а не практика. Но даже небольшое содержание этой составляющей наделяет масло всеми свойствами, проявляющимися в той или иной степени, о которых мы говорили выше. Содержание эстеров в моторных маслах обычно ограничено несколькими процентами (редко - больше 10%), и применяются они лишь в самых совершенных продуктах, обычно составляющих вершину товарного ряда компаний-лидеров.

Приведем примеры. Ярким представителем производителей эстеровых масел является бельгийская компания Xenum. Пять продуктов компа-

Возьмите на заметку! Слово "эстер" в химии - это такое же широкое понятие как "спирт". А спирт бывает и пищевой этиловый, и ядовитый метиловый (он же древесный). Типичный эстер в масле - это не более чем основа карбоновой кислоты с какой-нибудь гидрокарбоновой группой. Любимая игрушка детей - нитроглицерин, тоже эстер, но на основе азота, а не углерода. В общем, можно набрать в Google название большинства известных марок масел вместе со словом ester и убедиться, что эстеры применяют почти все. Единственное, что может выгодно отличать дорогое гоночное масло от более дешевого обычного - какие конкретно эстеры там намешаны, потому что их смазочные и пленкообразующие свойства могут значительно отличаться.



нии: Xenum **WRX 7.5W40**, **VX 5W30** и серия масел **X1 Ester Hybrid** вязкостей **5W-30**, **5W-40**, **5W-50** содержат в своем составе эстеры.

Если смотреть на "сухие цифры", то вряд ли увиденное поразит воображение. Точки замерзания и вспышки, вязкостные показатели на основных контрольных точках (40 и 100°C), показатели HTHS (высокотемпера-

турная вязкость при 150°C) - все это может быть в тех же пределах, что и у ПАО-собратьев. Главный показатель - это стабильность свойств! А это можно выяснить лишь с помощью анализа отработанного масла.

Но никакие цифры не покажут вам "эффект прилипания". Разве что увеличенный моторесурс двигателя, который вы сможете увидеть значительно позже. Не стоит забывать и о том, что чем больше эстеров в масле, тем стабильнее остается его вязкость! Именно наличие эстеров позволяет вышеупомянутым маслам Xenum способствовать экономии топлива (6-19%), увеличивать мощность двигателя (3-6%), снижать шумность и износ деталей.

Итак, стоит ли покупать дорогие эстеровые масла? Вопрос личный для каждого. Но, исходя из всего вышесказанного, можно сказать определенно - эстеровые масла для тех, кто купил автомобиль не на 2-3 года с перспективой перепродать. Они нужны скорее тем, кто берет автомобиль надолго, и видит в покупке и замене масла не просто очередное ТО, а надежное вложение в долговечность двигателя.

Подготовил **Дмитрий Салганик**

