

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

УДК 621.891:662.75

В.В. Стрельцов, доктор техн. наук, профессор

ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»

С.В. Стребков, канд. техн. наук, доцент

ФГОУ ВПО «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия»

ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

По мере совершенствования конструкции тракторов и автомобилей повышение их надежности в процессе эксплуатации является объективной необходимостью. Постепенное ухудшение состояния агрегатов связано с изнашиванием. Учетная доля затрат, вызванная с преждевременным износом деталей машин и выходом их из строя, составляет не менее 2% национального дохода и в настоящее время только возрастает.

Одно из направлений в решении проблемы повышения надежности — формирование трибологических характеристик смазочных материалов с заданными свойствами, позволяющими работать в тяжелых условиях контактирования поверхностей трения.

В то же время смазочные материалы являются одним из источников загрязнений природной среды. Это объясняется прежде всего низкой биоразлагаемостью минеральных и синтетических масел и смазок. Некоторые нефтяные и синтетические смазочные материалы и их компоненты — экологически неблагоприятные продукты.

Помимо экологического фактора следует учитывать и экономический. Использование одного доминирующего материала для получения смазок, ка-

ким в последнее время служит нефть, не оправдывает себя.

Альтернативой нефтяным могут стать масла растительного и животного происхождения, биологические смазочные материалы (БСМ). Они нетоксичны, полностью биоразлагаемы и обладают высокими смазывающими свойствами. Эти масла и материалы можно использовать для производства смазочных материалов практически всех видов — масел, пластичных смазок, смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), технологических смазок, а также присадок [1].

Разработка высококачественных нефтяных масел с присадками, расширение использования синтетических смазочных материалов оттеснили растительные масла и жиры на второй план. Этому способствовала их более высокая стоимость (по сравнению с нефтяными) и низкая термическая, антиокислительная и гидролитическая стабильность. Однако возобновляемость сырьевых ресурсов, экологобезопасность, высокие смазывающие свойства обусловили возрождение интереса к природным маслам и жирам в качестве основ и компонентов смазочных материалов.

Физико-химические свойства растительных и нефтяных масел

| Масло | Плотность при 20 °С, кг/м ³ | Вязкость при 100 °С, мм ² /с | Индекс вязкости (ИВ) | Кислотное число, мг КОН/г | Коксеемость, % (масс.) | Температура, °С | | Показатель преломления | Цвет, ед. ЦНТ |
|------------------------|--|---|----------------------|---------------------------|------------------------|-----------------|------------|------------------------|---------------|
| | | | | | | вспышки | застывания | | |
| Хлопковое | 918,8 | 7,69 | 166,0 | 4,25 | 0,231 | 316 | -18 | 1,4758 | 1,5 |
| Подсолнечное | 927,5 | 7,93 | 167,0 | 2,44 | 0,505 | 320 | -16 | 1,4754 | 2,0 |
| Рапсовое | 906,1 | 8,09 | 155,4 | 6,40 | 0,465 | 224 | -3 | 1,4718 | 4,0 |
| Оливковое | 911,3 | 8,43 | 155,4 | 5,90 | 0,198 | 285 | -12 | 1,4710 | 1,5 |
| Соевое | 923,7 | 7,67 | 166,0 | 0,03 | 0,438 | 318 | -12 | 1,4732 | 1,0 |
| Пальмовое | 917,6 | 8,62 | 151,0 | 0,17 | 0,120 | 315 | 130 | 1,4786 | 1,5 |
| Касторовое | 1068,7 | 19,88 | 90,7 | 1,18 | 0,193 | 296 | -27 | 1,4796 | 1,5 |
| Миндальное | 915,8 | 8,25 | 158,5 | 0,76 | 0,710 | 260 | -29 | 1,4729 | 1,5 |
| Ореховое (из фундука) | 909,3 | 8,76 | 158,7 | 6,30 | 0,562 | 262 | -22 | 1,4690 | 1,5 |
| Ореховое (из грецких) | 923,0 | 7,13 | 177,6 | 0,09 | 0,291 | 262 | -29 | 1,4835 | 1,5 |
| Виноградное (из семян) | 921,0 | 7,21 | 169,7 | 0,05 | - | 257 | -16 | 1,4010 | 2,0 |
| Нефтяное М-8 | 877,8 | 7,53 | 89,0 | 0,015 | 0,150 | 203 | -15 | 1,4800 | 3,0 |
| Нефтяное МС-20 | 897,0 | 20,50 | 92,0 | 0,03 | 0,270 | 270 | -18 | 1,5070 | 7,0 |

Производство животных жиров основано, главным образом, на вытапливании их из сырьевой массы, растительных масел — на холодном и горячем прессовании маслосодержащих семян, экстракции или комбинировании этих методов. Возобновляемым сырьем для производства смазочных материалов могут служить растительные масла и животные жиры после предварительной очистки — рафинации, продукты их химической переработки — сложные эфиры, полимерные и сульфированные соединения, а также отходы рафинации — жировые гудроны, дистиллированные жирные кислоты.

По химическому составу растительные масла представляют собой триглицериды — полные сложные эфиры глицерина и одноосновных карбоновых кислот, как насыщенных (стеариновой, пальмитиновой), так и непредельных (олеиновой, линолевой). В маслах всегда присутствуют свободные кислоты (а иногда и спирты), мыла, фосфатиды, витамины, красящие и слизистые вещества. Специфический состав таких продуктов обуславливает их уникальные свойства как смазочных материалов. Входящие в состав растительных масел жирные кислоты действуют как поверхностно-активные вещества (ПАВ), их сложные эфиры образуют смазочную пленку на поверхности трения, жирные спирты выступают в роли своеобразных растворителей [2].

Во многих странах ведутся работы по получению на основе растительных масел смазочных материалов, присадок и пластичных смазок, наиболее интенсивно — в США, Великобритании, Германии, Австрии.

В табл. 1 для сравнения представлены физико-химические характеристики растительных и базовые основы нефтяных масел (М-8 и МС-20).

Можно видеть, что исследованные растительные масла, за исключением касторового, очень близки по вязкости, которая находится в пределах 7,21...8,62 мм²/с при 100 °С. Их индекс вязкости и температура вспышки находятся в пределах соответственно 151...172 и 224...320 °С. Вязкость касторового масла 19,88 мм²/с при 100 °С. Его индекс вязкости и температура вспышки составляют соответственно 90,7 и 296 °С.

Эти масла по отдельным физико-химическим характеристикам соответствуют нефтяным, а по индексу вязкости и температурам вспышки и застывания, за исключением пальмового, значительно превосходят их. Кислотное число растительных масел высокое.

Исследования показали, что растительные масла хорошо совмещаются между собой и с нефтяными маслами. Смешивая высоковязкое касторовое масло с другими маслами, можно получать продукты различной вязкости. Так, смешением в разных соотношениях хлопкового и касторового масел получены растительные масла вязкостью 8, 10, 12, 14, 16 и 18 мм²/с при 100 °С.

По смазочным свойствам растительные масла превосходят нефтяные (табл. 2).

Результаты определения трибологических характеристик гидравлических и трансмиссионных рапсовых масел показали, что они имеют такие же или лучшие «механические» свойства, чем минеральные, но уступают по стойкости к окислению. Рапсовые масла с присадками эквивалентны минеральным, но биоразлагаемы и нетоксичны. Высокая смазочная способность растительных масел дает возможность ограничить использование химически активных присадок, что существенно увеличивает их экологические преимущества.

Таблица 2

Смазочные свойства растительных масел

| Масло | Критическая нагрузка, Н | Нагрузка сваривания, Н | Индекс задира |
|--------------|-------------------------|------------------------|---------------|
| Рапсовое | 790 | 2000 | 43,5 |
| Подсолнечное | 790 | 1580 | 35,4 |
| Кукурузное | 790 | 1410 | 35,0 |
| Касторовое | 630 | 1410 | 34,7 |
| Оливковое | 790 | 1410 | 33,1 |
| Арахисовое | 790 | 1410 | 32,0 |

Следует отметить, что рапсовое и подсолнечное масла обладают наилучшими противоизносными и противозадирными свойствами. Они имеют наибольшее содержание олеиновой кислоты (более 50%), которая обеспечивает высокие смазывающие свойства.

Один из способов применения растительных масел — смешение их с нефтяными. Например, установлена возможность улучшения антифрикционных и противоизносных свойств нефтяных масел, используемых в червячных передачах, путем их смешения с растительным рапсовым маслом и синтетическими (полипропиленгликоль) компонентами. Построением диаграмм «состав — свойства» найдены области оптимальных значений трибологических свойств для определенного соотношения смесей нефтяного (до 80%), растительного (до 40%) и синтетических (до 10%) компонентов. Разработаны энергосберегающие масла на смешанной основе для червячных передач, содержащие масло нефтяное И-40А (74...78%), растительное рапсовое (20...24%) и полипропиленгликоль (до 100%), позволяющие увеличить КПД червячных редукторов на 2...6% [3].

Область технического применения растительных масел продолжает расширяться. Во многих случаях важнейшим аспектом, делающим растительные масла привлекательными в качестве компонента смазочного материала, является высокое содержание в них олеиновой кислоты. Наибольшие усилия сейчас фокусируются на получении масел с пониженным содержанием линолевой кислоты (обычно 20%) и дальнейшем ее снижении при одновременном росте содержания олеиновой кислоты, повышающей антиокислительную стабильность. Рапсовое товарное масло «Канола» содержит 60% олеиновой кислоты. Этот уровень может быть увеличен до 65% (среднеолеиновое масло), 75% (высокоолеиновое) и даже до 85%. Это позволяет использовать такие масла в композициях для более жестких условий эксплуатации — в гидравлических жидкостях, СОТС для операций волочения алюминиевой проволоки, трансформаторных и моторных маслах. Препятствием служит относительно высокая стоимость таких масел и, как следствие, низкий спрос на них.

Как уже отмечалось, основные технические преимущества растительных жиров в сравнении с нефтяными маслами — лучшие вязкостные и трибологические свойства. Это обстоятельство благоприятствует использованию жиров как смазочных материалов и в ряде случаев дает возможность ограничить применение химически активных присадок, а иногда и совсем отказаться от них. Однако, жиры имеют низкую термоокислительную стабильность и плохие низкотемпературные свойства. Эти характеристики иногда улучшают путем смешения жиров с нефтяными маслами, но при этом неизменно ухудшаются экологические свойства смазочного материала [4].

Приведенное выше свидетельствует о том, что в настоящее время применение жиров в естественном состоянии (не прошедших специальной химической обработки или стадии облагораживания) ограничено их функцией базовых масел взамен нефтяных или некоторых синтетических.

Вследствие сравнительно невысокой антиокислительной и гидролитической стабильности применение растительных и животных жиров ограничивается областями кратковременных (гонимые автомобили) или незначительных по величине нагрузок (гидравлические установки), а также процессами смазывания, где необходима определенная степень разложения смазочного материала (эмульсии для прокатных станов), двигателями и механизмами без системы смазки, когда попадание масла в окружающую среду происходит непосредственно после его использования. В последнем случае преимущества использования жиров наиболее очевидны. Сюда относится смазывание двухтактных двигателей внутреннего сгорания, цепей и мотопил, трелевочных тросов в лесной промышленности, открытых редукторов, пневматического инструмента.

Как и нефтяные, растительные масла требуют использования присадок. За последние несколько лет достигнуты существенные успехи в разработке и производстве соответствующих пакетов присадок. На зарубежном рынке доступны следующие продукты:

- пакет антиокислителей;
- депрессор для растительных масел и биодизельного топлива;
- пакет присадок для гидравлических жидкостей;
- загустители для обеспечения требуемого уровня вязкости по ISO;
- пакет присадок для гидравлических жидкостей при возможном контакте с пищевыми продуктами;

- аналогичный пакет присадок для редукторных масел;
- пакет присадок для цепных борон;
- пакет присадок для тракторных гидравлических жидкостей.

Как следствие специфичности химического состава растительных масел, обычно оказывается необходимым обеспечивать более высокий уровень низкотемпературных свойств. Рекомендуется использовать «сорастворители» для оптимизации вязкости и текучести при низкой температуре. Сорастворители могут изменять биоразлагаемость всех композиций. Однако их правильный подбор обеспечивает как хорошие низкотемпературные свойства, так и высокую биоразлагаемость.

Композиции для использования в высокоолеиновом подсолнечном масле (в соотношении 70:30 с триметилпропантриолсатом 4 % масс. пакета присадок для гидравлических жидкостей и 0,01 % антипенной присадки) исследовали на биоразлагаемость и экотоксичность. Биоразлагаемость составляла 95 % по методу СВС-L-33-T-82 и более 60 % по модифицированному методу Starm (ОПСД 301В). Характеристики экотоксичности также удовлетворяют современным требованиям (воздействие на водные организмы) [2].

В настоящее время на рынке также доступны пакеты присадок для тракторных гидравлических жидкостей и моторных масел для двухтактных двигателей.

Мировая научная общественность предполагает хорошие перспективы на будущее у биологических смазочных веществ: концерн Fuchs Petroclub AG рассматривает возможность замены 6...10 % нефтяных масел на биопродукты, имеющие хорошие экологические свойства.

Проблема антиокислительных и низкотемпературных свойств решена путем подбора базовых масел и присадок. Товарные марки Canola и Sgae — рапсовое и высокоолеиновое подсолнечное масло соответственно, приемлемы как устойчивые к окислению растительные масла. Оба эти базовые масла в условиях средней нагрузки при эксплуатации не нуждаются во вводе присадок или требуют незначительного их количества из-за высокого содержания олеиновой кислоты (обычно 75 %).

Для растительных масел с более высокой антиокислительной стабильностью при температурах ниже 20 °С проблемой становятся низкотемпературные свойства (как следствие насыщенности молекул). Это представляет проблему, отличную от парафинов в нефтяных маслах. В качестве депрессоров используют сополимеры стирола.

Продукты BioBlend успешно используют в качестве гидравлических жидкостей, пластичных смазок с противозадирными свойствами, редукторных масел, для литейных форм и смазки опалубки

в производстве бетона, смазки проволоки, канатов и тросов. Все продукты производят на базе высокоолеинового (85 %) рапсового масла сорта Canola, полученного методами генной инженерии (индекс вязкости превышает 200, температура застывания составляет –30 °С).

Продукты содержат специфический нетоксичный пакет присадок BioPac. За счет проникновения компонентов пакета в поры металлов повышается прочность масляной пленки, снижается трение и внешние температуры поверхности. Действие пакета присадок сохраняется в узле трения даже после слива масла.

Редукторные масла BioBlend также имеют хорошие характеристики. Биоразлагаемые смазочные материалы для литейных форм и опалубки соединяют отличную маслянистость с низким дымообразованием и минимальной склонностью к образованию отложений, хорошо работают при высокой и низкой температуре, огнестойки, температура вспышки 232 °С, застывания — около –12 °С. Смазочные материалы для проволоки и цепей, производимые по ISO 32, работоспособны при температурах от –33 до 316 °С, не стекают и используемые в них противозадирные присадки не вымываются водой.

Компания Uniqema в настоящее время предлагает синтетические сложные эфиры Priolube, получаемые на базе как животных, так и растительных жиров. Такие эфиры используют как базовые масла для смазочных материалов, применяемых в экологически уязвимых областях (гидравлические масла, пластичные смазки, моторные масла для двухтактных двигателей).

Таким образом, вовлечение растительных масел и животных жиров — продуктов биологического происхождения — в состав смазочных материалов следует считать весьма перспективным. Широкое применение их в производстве товарных масел, смазок и СОТС позволит разрешить некоторые сложные экологические проблемы. При этом весьма важно развитие процессов химического модифицирования БСМ для существенного улучшения их эксплуатационных свойств.

Список литературы

1. Евдокимов, А.Ю. Смазочные материалы и проблемы экологии / А.Ю. Евдокимов, И.Г. Фукс, Т. П. Шабалина. — М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2000. — 424 с.
2. Абрамзон, А.А. Поверхностно-активные вещества: Свойства и применение / А.А. Абрамзон. — Л.: Химия, 1981. — 304 с.
3. Облащикова, И.Р. Исследование рапсового масла в качестве основы альтернативных смазочных материалов: дис. ... канд. техн. наук / И.Р. Облащикова. — М., 2004. — 103 с.
4. Фукс, И.Г. Растительные и животные жиры — сырье для приготовления товарных смазочных материалов / И.Г. Фукс [и др.] // ХТТМ. — 1992. — № 4. — С. 34–39.