

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕКОТОРЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Александр КРАЧУН, Виктор МОРАРУ, Светлана КРАЧУН**, Елена БУНДУКИ****

НИЛ защиты атмосферы,

**Технический университет Молдовы,*

***Кафедра аналитической и органической химии,*

****Кафедра промышленной и экологической химии*

Au fost studiate proprietățile tribologice ale unor uleiuri vegetale, inclusiv ale uleiurilor obținute din sâmburi de fructe. A fost demonstrat că cel mai efektiv este uleiul din semințe de rapiță.

Tribologic properties of some vegetable oils including oils from fruit stones have been investigated. It is shown, that the most effective vegetable oil is a rape seed oil.

Основным источником для получения дисперсионных сред (масел) для пластичных смазок является нефть. Однако цены на нее постоянно растут, так как основные запасы нефти в мире находятся в распоряжении стран ОПЕК, которые диктуют мировые цены на нее, что, в свою очередь, определяет экономическую безопасность государств, обделенных запасами нефти в своих недрах. Следовательно, такие страны попадают в зависимость от стран, добывающих и реализующих нефть и нефтепродукты. Поэтому все большее внимание привлекают альтернативные, возобновляемые ресурсы для получения горючесмазочных материалов.

Цены на нефть и нефтепродукты – главный фактор, оказавший влияние на интенсивность исследований о возможных способах получения топлива и смазочных материалов из ресурсов растительного происхождения.

В последнее время возросла рентабельность масличных культур, из которых можно получать растительные масла, экологически чистое моторное топливо, масла и смазки: это рапс, хлопчатник и др. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организаций ООН, в 2003-2004 гг. было собрано 36 млн.т семян рапса, а в 2004-2005 – 46 млн.т, которые перерабатываются в рапсовое масло для получения пищевого продукта, а также для производства смазочных материалов и биодизеля – топлива для дизельмоторов.

В Молдове сырьем для получения топлива и смазок может служить также масло, получаемое из семян винограда. В виноградных выжимках содержится до 25% семян, являющихся отходами винодельческих и сокоэкстракционных производств, перерабатывающих ягоды винограда.

Проведенные УкрНИИ НП исследования показали, что по трибологическим свойствам растительные масла и их производные значительно превосходят нефтяные масла. Высокая смазочная способность сложных эфиров дает возможность уменьшить использование химически активных присадок, что существенно увеличивает экологические преимущества растительных жиров. По этой причине в Германии ежегодно расходуется 35-40 тыс.т смазочных материалов на основе рапсового масла.

Из растительных масел можно изготавливать консервационные средства для временной защиты металлов от коррозии, например – при открытом хранении техники. Можно использовать рапсовое масло в качестве компонента индустриальных и трансмиссионных масел. В ФРГ смазочные материалы на биооснове производят в виде индустриальных, трансмиссионных и энергетических масел из рапса и продуктов его переработки. Такие масла на 10-15% дороже минеральных (нефтяных) масел, но они обладают лучшими смазочными свойствами и более высоким индексом вязкости. Если у индустриальных масел индекс вязкости 85-90, у трансмиссионных 90-100, то для биомасел из рапса он равен 150-180, что особенно важно для всесезонных масел, вязкость которых не должна существенно меняться в широком диапазоне температур.

Ежегодно, начиная с 1990 г., общемировой прирост производства биомасел составляет около 10%.

Растительные масла обладают большой молекулярной массой (табл.1) [1-3], что позволяет использовать их как в качестве самостоятельных смазочных сред, так и в качестве дисперсионных сред при изготовлении высокоэффективных пластичных смазок, как многоцелевых и специальных, так и для работы в условиях вакуума.

Таблица 1

Основные показатели растительных масел

Показатель	Из семян							Из косточек			Олив- ковое
	клеще- вины	вино- града	тома- тов	рапса	арахиса	куку- рузы	подсол- нечника	слив	абри- косов	вишни	
Плотность при 15°C, г/см ³	0,962	0,909... 0,956	0,920... 0,929	0,911... 0,918	0,911... 0,929	0,924	0,924	0,91.. 0,920	0,915... 0,921	0,921.. 0,929	0,917
Температура застывания, °C	-18... -10	-20... -10	-12... -7	-10... -4	-3... +3	-15... -10	-19... -16	-8... -5	-22... -12	- 20... +16	-6... -2
Температура деструкции, °C	240 ... 250										
Молекулярная масса	850 ... 940										
Йодное число	84.. 88	-	-	94.106	83...108	-	127..136	-	-	-	75..88
Дистилляционное число	33,5	-	-	36,5	53	-	25	-	-	-	54

Целью предпринятых нами исследований являлось определение наиболее пригодного растительного масла для использования его в качестве дисперсионной среды (взамен минерального масла) при изготовлении многоцелевой пластичной смазки, на базе которой будут изготавливаться и некоторые специальные пластичные смазки.

Трибологические свойства растительных масел исследовали на четырехшариковой (ЧШМ) машине трения по методике, изложенной в ГОСТ 9490-75: частота вращения верхнего шара 1420-1460 мин⁻¹; осевая нагрузка повышалась ступенчато до наступления сваривания шаров; продолжительность одного испытания 10 с; идентификация нагрузки заедания осуществлялась по резкому изменению диаметров пятен изнашивания на нижних шарах, а также расчетами. На каждой осевой нагрузке проводилось по три эксперимента с поворотом нижних и верхнего шара после каждого эксперимента и с добавлением новой порции масла перед очередным экспериментом. Использовались шары диаметром 12,7 мм из стали ШХ-9 с твердостью HRC 60...62. Температура масел при испытаниях была равной 292...294К. Перед экспериментом шарики промывали в бензине и осушали медицинской ватой.

На рис.1. представлена схема рабочего узла ЧШМ трения. В нижней чашке (1) закреплены три равномерно расположенных по окружности шарика (2). Сверху на них упирается зафиксированный в шпинделе (4) верхний шарик (3), который прижат к шарикам (2) с заданным осевым усилием. Чашка (1) заполняется испытуемым маслом (5). Шарик (3) совместно со шпинделем (4) приводится во вращение и скользит по закрепленным шарикам (2). Чашка (1) расположена на подшипниковой опоре (6), но удерживается от поворота тягой (7), соединенной с тензометрическим динамометром (8).

Оценочными показателями противоизносных свойств масел служили величины диаметров пятен изнашивания, образующихся на нижних шарах; $d_{из.ср.}$ – средняя величина измерений трех пятен изнашивания, каждое из которых измерялось с помощью микроскопа МБС-2 при 24-кратном увеличении, вдоль и поперек рисок изнашивания.

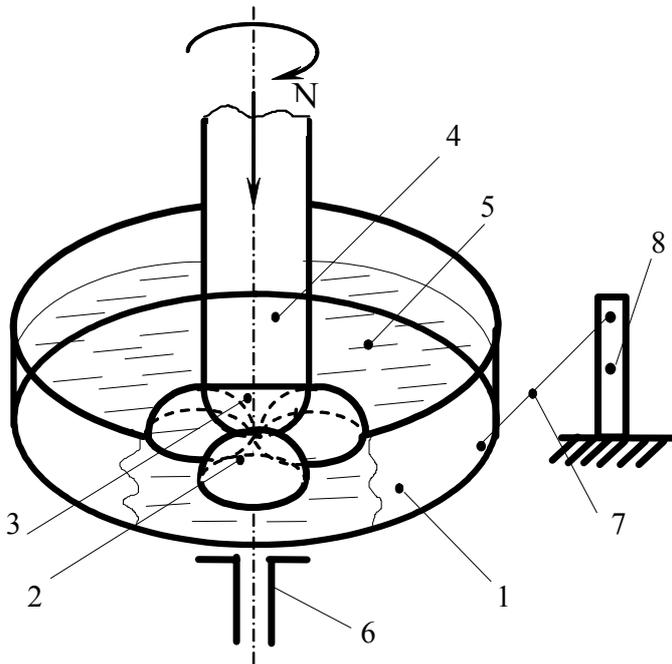


Рис.1. Схема рабочего узла ЧШМ трения:

1 – нижняя чашка; 2 – нижние три шарика; 3 – верхний шарик; 4 – шпindel; 5 – испытуемое масло; 6 – подшипниковая опора нижней чашки; 7 – тяга; 8 – динамометр.

В конце каждого эксперимента измеряли величину силы трения, возникающего при контакте нижних шаров с верхним, с помощью тензометрического динамометра, связанного с нижней чашкой машины трения. Электрический сигнал от динамометра через усилитель ТА-5 фиксировался стрелочным микроамперметром М266М, шкала которого была проградуирована на величину силы трения, которая затем пересчитывалась в коэффициент трения (формула 3), являющийся показателем антифрикционных свойств растительного масла.

Противозадирные свойства растительных масел оценивались по величине критической нагрузки (заедания) – $P_{кр.}$, индексу задира – I_3 и нагрузке сваривания – $P_{св.}$. Первые две величины рассчитывали по величинам, полученным при испытаниях на ЧШМ трения, а также идентифицировали $P_{кр.}$ из зависимости $d_{из.ср} = f(P_{ос.})$. Нагрузку сваривания $P_{св.}$ определяли экспериментально. Нагрузкой сваривания считают

наименьшую нагрузку, при которой произошла автоматическая остановка ЧШМ трения при достижении момента трения $12 \text{ Н}\cdot\text{м}$ или произошло сваривание шариков.

Критической нагрузкой ($P_{кр.}$) считают нагрузку, при которой средний диаметр пятна изнашивания на нижних шариках находится в пределах значений величины предельного износа ($d_r + 0,15$) для данной нагрузки и увеличение которой на величину последующей нагрузки по ряду нагрузок вызывает увеличение среднего диаметра пятна изнашивания на величину, более $0,1 \text{ мм}$.

Для определения индекса задира (I_3) предварительно вычисляют величину условной нагрузки (Q) в H по формуле

$$Q = P d_r / d_{из.ср.}, \quad (1)$$

где P – осевая нагрузка, H ;

d_r – диаметр площади упругой деформации по Герцу при нагрузке P , $мм$;

$d_{из.ср.}$ – средний диаметр пятна изнашивания при нагрузке P_i , $мм$ (P_i – осевая нагрузка i -го испытания).

Величина произведения $P_i d_r$, постоянная для испытания с данной нагрузкой, приведена в ГОСТ 9490-75.

При вычислении Q принимают $d_r = d_{из.ср.}$ в интервале от начальной нагрузки ($200H$) до критической без проведения испытаний.

Индекс задира вычисляют по формуле

$$I_3 = \sum Q / n, \quad (2)$$

где $\sum Q$ – сумма величин условной нагрузки: от начальной и до нагрузки, предшествующей нагрузке сваривания;

n – количество испытаний.

Величина коэффициента кинетического трения подсчитывалась по формуле:

$$f = 10,82 F_{тр.} / P_{ос.}, \quad (3)$$

где $F_{тр.}$ – сила трения при контакте шаров с ЧШМ трения, H ;

$P_{ос.}$ – осевая нагрузка на пирамиду из четырех шариков, H .

Формула (1) получена из условия равновесия нижней чашки с тремя шарами под воздействием момента трения, создаваемого силами трения в контакте трех нижних шариков с верхним, и моментом от силы трения $-F_{тр.}$ (сила на тяге 7) и соответствующем плече (расстояние от линии действия силы трения до оси вращения шпинделя (4) машины).

Результаты трибологических исследований представлены в таблицах 2 и 3. Величины $P_{кр.}$ и индекса задира I_z (табл.3) определялись расчетным путём (согласно ГОСТ 9490-75) по данным, приведенным в таблице 2. Для ряда растительных масел величины $P_{кр.}$ и I_z превышают аналогичные показатели минеральных масел. Так, например, для масла минерального ИС-12 (Веретенное 2) индекс задира $I_z = 310$, критическая нагрузка $P_{кр.} = 670 \text{ Н}$ и нагрузка сваривания $P_{св.} = 1580 \text{ Н}$, а для растительных масел $I_z = 330-430$, $P_{кр.} = 790 \text{ Н}$ и $P_{св.} = 1410-2000 \text{ Н}$. При этом для рапсового масла $I_z = 435$, $P_{кр.} = 790 \text{ Н}$ и $P_{св.} = 2000 \text{ Н}$.

Таблица 2

Противоизносные и антифрикционные свойства растительных масел

$P_{ос.} \text{ Н}$	Из семян клеше- вины	Из семян арахиса	Из кос- точек абри- коса	Из кос- точек слив	Из семян томатов	Из семян вино- града	Из семян рапса	Из кос- точек вишни	Из семян подсол- нечн.	Олив- ковое масло	Из семян куку- рузы
200	0,39/ 0,07	0,38/ 0,099	0,39/ 0,099	0,39/ 0,099	0,36/ 0,099	0,44/ 0,110	0,31/ 0,099	0,34/ 0,099	0,37/ 0,100	0,38/ 0,099	0,37/ 0,099
250	0,040/ 0,07	0,41/ 0,087	0,41/ 0,095	0,39/ 0,095	0,36/ 0,095	0,46/ 0,100	0,35/ 0,095	0,40/ 0,120	0,39/ 0,100	0,42/ 0,088	0,39/ 0,088
320	0,43/ 0,070	0,45/ 0,093	0,44/ 0,120	0,42/ 0,093	0,38/ 0,098	0,46/ 0,090	0,35/ 0,093	0,43/ 0,120	0,40/ 0,110	0,43/ 0,082	0,42/ 0,083
400	0,45/ 0,070	0,46/ 0,099	0,46/ 0,110	0,44/ 0,099	0,38/ 0,099	0,47/ 0,090	0,40/ 0,084	0,43/ 0,110	0,43/ 0,099	0,45/ 0,075	0,43/ 0,075
500	0,47/ 0,060	0,46/ 0,079	0,56/ 0,120	0,47/ 0,087	0,57/ 0,130	0,48/ 0,120	0,43/ 0,075	0,47/ 0,099	0,45/ 0,099	0,45/ 0,080	0,44/ 0,099
630	0,61/ 0,090	0,47/ 0,079	0,63/ 0,130	0,55/ 0,095	0,85/ 0,140	0,51/ 0,140	0,50/ 0,074	0,50/ 0,098	0,59/ 0,130	0,70/ 0,110	0,64/ 0,130
790	0,66/ 0,110	0,77/ 0,109	0,74/ 0,110	0,57/ 0,083	0,86/ 0,130	0,76/ 0,120	0,77/ 0,073	0,67/ 0,100	0,73/ 0,110	0,74/ 0,100	0,75/ 0,105
1000	0,83/ 0,110	0,84/ 0,099	0,96/ 0,110	0,82/ 0,099	0,92/ 0,120	0,82/ 0,120	0,78/ 0,074	0,79/ 0,120	0,89/ 0,099	0,86/ 0,090	0,82/ 0,100
1120	0,94/ 0,100	0,89/ 0,110	0,89/ 0,120	0,93/ 0,110	0,92/ 0,110	0,85/ 0,110	0,84/ 0,079	0,89/ 0,120	0,90/ 0,110	0,97/ 0,090	0,89/ 0,090
1260	0,98/ 0,110	Сварка шариков	1,01/ 0,130	0,96/ 0,100	0,93/ 0,110	1,10/ 0,099	0,87/ 0,078	1,00/ 0,130	1,07/ 0,100	1,09/ 0,110	0,99/ 0,090
1410	Сварка шариков		Сварка шариков				1,00/ 0,085	1,10/ 0,130	1,30/ 0,090	Сварка шариков	
1580							1,10/ 0,100	1,15/ 0,130	Сварка шари- ков		
1780							1,41/ 0,120	Сварка шари- ков			
2000							Сварка шари- ков				

ПРИМЕЧАНИЕ: в числителе указан средний диаметр пятен изнашивания на нижних шариках – $d_{из.ср.}$, mm, в знаменателе – величина коэффициента кинетического трения f .

Таблица 3

Противозадирные свойства растительных масел

Наименование масла	Индекс задира, I_z	Критическая нагрузка, $P_{кр. H}$	Нагрузка сваривания, $P_{св. H}$
Из семян рапса	435	790	2000
Из косточек вишни	395	790	1580
Из косточек сливы	360	890	1410
Из семян подсолнечника	354	790	1580
Из семян кукурузы	350	790	1410
Из семян томатов	348	790	1410
Из семян клещевины (касторовое)	347	630	1410
Из семян винограда	332	790	1410
Оливковое	331	790	1410
Из косточек абрикоса	325	630	1410
Из семян арахиса	320	790	1410

Все исследованные растительные масла проявили достаточно высокие противоизносные, противозадирные и антифрикционные свойства. По-видимому, это связано с тем, что основу всех масел составляют триацилглицерины, которые в процессе трения, под воздействием повышенных температур в зоне контакта шариков и окисляясь кислородом воздуха, образуют перекисные соединения, оксикислоты и продукты полимеризации. Величины йодного и дистилляционных чисел (табл.1) для масла из семян рапса и ряда других масел характеризуют их удовлетворительную склонность к загустеванию и полимеризации.

Анализ результатов трибологических исследований (табл.2 и 3) позволяет сделать вывод о том, что наилучшие противоизносные, противозадирные и антифрикционные свойства присущи маслу из семян рапса, которое к тому же является и наиболее дешевым и, следовательно, может быть рекомендовано к использованию в качестве дисперсионной среды при получении многоцелевой пластичной смазки.

Литература:

1. Щербаков Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. - Москва: Пищевая промышленность, 1979. - 336 с.
2. Тютюнников Б.Н. Химия жиров. - Москва: Химия, 1971. - 448 с.
3. Краткая химическая энциклопедия / Под ред. И.Л.Кнунянца. - Москва: Советская энциклопедия, 1963, т.2, с.1006.

Prezentat la 07.06.2007