

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВОЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПЛАСТИЧНОЙ СМАЗКИ

Александр КРАЧУН, Виктор МОРАРУ, Алиса ДЖЕМБРИЙ**, Светлана КРАЧУН,
Елена БУНДУКИ, Илья КОРОТКОВ*

Научно-исследовательский центр прикладной и экологической химии

**Технический университет Молдовы*

***Опытный нефтемазозавод (г.Бердянск, Украина)*

Lucrarea ține de determinarea proprietăților reologice de bază ale lubrifianțului multifuncțional plastic, care este componentul principal în compoziția lubrifianților plastici elaborați speciali: pentru articulații cu viteze unghiulare egale; pentru deformarea metalelor sub presiune la rece și pentru lubrifianțul electroconductibil.

The work addresses the determination of basic rheological properties of plastic multifunctional lubricants that are the main constituents of special elaborated lubricants: for hinges with equal angular velocity, for pressure deformation of metals during cold stamping, and for electroconductive lubricants.

1. Введение

Цены на энергоносители – главный фактор, оказавший влияние на интенсивность проведения исследований возможностей получения топлив и смазочных материалов из возобновляемых ресурсов растительного происхождения.

В последние годы за рубежом резко повысился интерес к практическому использованию растительных материалов (РМ) и продуктов их переработки в качестве компонентов смазочных материалов. В США перерабатывают сою в технические масла, в ФРГ производят индустриальные, трансмиссионные и энергетические (трансформаторные) масла из рапса и продуктов его переработки.

По прогнозам аналитического агентства Oil World (www.apk-inform.com), производство рапсового масла в мире в сезон 2006/07 гг. должно было составить порядка 18 млн. тонн. Ежегодно, начиная с 1990 года, прирост в мире производства масел и смазок на основе РМ составляет 10%.

Несмотря на то, что в настоящее время себестоимость растительных компонентов несколько выше, чем у их нефтяных аналогов, при дальнейшем росте цен на нефть биомасла будут не дороже нефтяных.

Следовательно, собственное производство смазочных материалов из РМ полностью соответствует экономическим интересам Республики Молдовы. Это направление экономически целесообразно как для развитых, так и для развивающихся стран, которые в этом случае получают возможность вместо импорта нефтяных (синтетических) смазочных материалов использовать собственную сельхозпродукцию для их получения. В связи с этим нами были исследованы смазочные свойства (**противозадирные, противоизносные и антифрикционные**) различных растительных масел, полученных из семян винограда, клещевины, томатов, подсолнечника, кукурузы, арахиса и оливкового масла, а также из косточек различных плодовых культур – абрикоса, вишни и сливы [1]. Анализ полученных результатов позволил установить, что в качестве дисперсионной среды для новой многофункциональной пластичной смазки (ПС) необходимо использовать масло семян рапса взамен минерального, так как по противоизносным и противозадирным свойствам оно превосходит исследованные РМ.

Кроме того, РМ обладают высокой молекулярной массой (~ 900) [2], определяющей их низкую летучесть в вакууме, что позволяет использовать их в качестве как самостоятельных смазочных сред, так и в качестве дисперсионных сред при изготовлении высокоэффективных ПС для работы в обычных условиях и в условиях вакуума: в высотной авиации и на космических объектах.

Такая ПС, содержащая в своем составе масло семян рапса, является антифрикционной и нами она была разработана **впервые в СНГ**.

2. Экспериментальная часть работы

При подборе смазок решающее значение имеют их эксплуатационные характеристики: реологические и трибологические, определяющие область и условия их применения. Очевидно, что смазка, быстро испаряющаяся при температуре 100 °С, будет неработоспособной и при более высоких температурах, а смазка, вязкость которой резко возрастает при понижении температуры, окажется непригодной в зимних условиях эксплуатации. Смазка, обладающая невысокими трибологическими (противоизносными и противозадирными) характеристиками, не найдет широкого применения в узлах трения различных машин и механизмов.

Большинство методов оценки эксплуатационных характеристик ПС стандартизовано как в странах СНГ, так и в странах Европы, Азии и США.

Для всестороннего испытания используют комплексы методов оценки ПС самого различного назначения. ГОСТ 4.23-71 «Система показателей качества продуктов нефтепереработки. Смазки пластичные. Номенклатура показателей» устанавливает показатели, которые должны быть включены в стандарты и технические условия на ПС общего назначения. Эти комплексы позволяют предварительно отобрать лучшую смазку для испытаний в реальных механизмах или для опытной эксплуатации.

При оценке качества ПС наиболее важны параметры, характеризующие их реологические и трибологические свойства.

Мы определяли реологические свойства для пяти составов многофункциональной **базовой ПС** (табл.1), которая в последующем использовалась как **основа** для специальных ПС: для шарниров равных угловых скоростей; для операций обработки металлов и сплавов давлением в холодном состоянии и для электропроводящей смазки. Аналогом нашей базовой ПС является Литол-24 (ГОСТ 21150-75).

Таблица 1

Составы базовой ПС

№	Наименование компонентов	Составы, % масс.				
		1	2	3	4	5
1	Масло семян рапса	84,3	83,3	82,3	81,3	80,3
2	Литиевое мыло 12-гидроксистеариновой кислоты	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0
3	Вязкостная присадка полиизобутилен П-20	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1
4	Антиокислительная добавка «Нафтам 2»	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6

В качестве дисперсионной фазы (загустителя) использовали 12-гидроксистеарат лития (литиевое мыло 12-гидроксистеариновой кислоты). Кроме того, в состав ПС вводили вязкостную присадку и антиокислительную добавку.

2.1. Определение коллоидной стабильности пластичной смазки

Коллоидная стабильность пластичной смазки характеризует способность дисперсионной среды (масла) выделяться из смазки под действием приложенной к ней нагрузки. Выделение масла может иметь место и при длительном хранении ПС, что недопустимо.

В коллоидной химии выделение дисперсионной среды из геля при его сжатии называют *синерезисом*. Природа этого явления у ПС, по-видимому, более сложная и поэтому чаще говорят о более общем понятии – *о коллоидной стабильности ПС*. Условия (повышенное одностороннее приложение давления и повышение температуры смазки), при которых в механизмах или в системах подачи ПС возможно отпрессовывание из ПС масла, недопустимы.

Определение коллоидной стабильности ПС (табл.2) проводили согласно ГОСТ 7142-74 «Смазки пластичные. Метод определения коллоидной стабильности».

Таблица 2

Коллоидная стабильность различных составов ПС

Состав смазки	Масса чашечки с поршнем и пропитанным маслом фильтром – $m_3, г$	Масса чашечки с поршнем, пропитанным маслом фильтром и смазкой до испытаний – $m_1, г$	Масса чашечки с поршнем, пропитанным маслом фильтром и смазкой после испытаний $m_2, г$	Коллоидная стабильность $X, \%$
Состав 1	60,1486	62,4598	62,0577	17,4
	60,1486	62,4614	62,0545	17,6
Состав 2	60,1499	62,4621	62,1061	15,4
	60,1505	62,3997	62,0623	15,0
Состав 3	60,1619	62,4714	62,2083	11,4
	60,1622	62,4724	62,2183	11,0
Состав 4	60,1501	62,4618	62,2122	10,8
	60,1481	62,4607	62,2133	10,7
Состав 5	60,1505	62,4652	62,2940	7,4
	60,1516	62,4654	62,2989	7,2

2.2. Определение предела прочности пластичной смазки

Поскольку твердые частицы загустителя образуют трехмерный каркас, ПС при небольших нагрузках ведет себя как твердое тело и деформируется в соответствии с законом Гука. Однако область упругих деформаций ПС ограничена очень малыми относительными деформациями. При превышении некоторой критической нагрузки нарушается закон Гука и происходит резкий переход к течению ПС как жидкости. Напряжение сдвига, соответствующее критической нагрузке, называют *пределом прочности*. Для большинства ПС в интервале температур от +20 до +120 °С предел прочности составляет 50...2000 Pa (0,5...200 г/см²).

Определение предела прочности ПС проводили согласно ГОСТ 7143-73 «Смазки пластичные. Метод определения предела прочности и термоупрочнения». Так как нам необходимо было определить только предел прочности, то мы применяли метод Б данного стандарта, который позволяет определить давление (P), при котором при заданной температуре происходит сдвиг смазки в капилляре (длиной 50 мм), с использованием пластометра К-2.

Предел прочности ПС (τ) в (Pa) при +20, +50 и +80°С вычисляли по формуле:

$$\tau = P \cdot r \cdot 9,8 \cdot 10^4 / 2 l,$$

где P – максимальное значение давления в каждом испытании, кгс/см²;

r - радиус капилляра, см;

l - длина капилляра, см.

Использовали манометр с пределом измерения 0,6 кгс/см².

За результат испытания принимали среднее арифметическое двух параллельных определений (таблица 3).

Таблица 3

Предел прочности для различных составов ПС

Температура	Предел прочности (Па)				
	Составы				
	1	2	3	4	5
+ 20 °С	340	520	780	830	900
+ 50 °С	260	320	390	450	800
+ 80 °С	175	210	270	280	600

2.3. Определение вязкости пластичной смазки

При постоянной температуре с увеличением скорости течения (деформации) поведение ПС подобно жидкости, вязкость ПС понижается в сотни и тысячи раз. Так как вязкость ПС зависит от скорости

деформации, было введено понятие *эффективная вязкость ПС*, под которой подразумевают вязкость ньютоновой жидкости, оказывающей при данном режиме течения такое же сопротивление сдвигу, как и смазка. Скорость деформации смазки измеряли в *секундах⁻¹ (с⁻¹)*. В стандарте регламентируется вязкость смазки при температурах -50 °С, -30 °С, 0 °С и +20 °С. Вязкость ПС зависит не только от температуры и скорости деформации, но и от предварительного механического воздействия на нее.

Как правило, вязкость ПС при минимальной температуре и скорости деформации 10 с^{-1} не должна превышать $1500\text{-}2000 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ($15000\text{-}20000 \text{ Pz}$). В подшипниках качения ПС сохраняют работоспособность и при бóльшей вязкости.

Определение вязкости проводилось в соответствии с ГОСТ 7163-84 «Нефтепродукты. Метод определения вязкости автоматическим капиллярным вискозиметром», позволяющим определять эффективную вязкость пластичных смазок. Этот же стандарт допускает применение упрощенной методики, используемой в лаборатории пластичных смазок Бердянского опытного нефтемаслозавода (таблица 4).

Для базовой ПС эффективную вязкость определяли при температурах +20 °С, 0 °С, -20 °С, -30 °С при скорости деформирования 10 с^{-1} .

Использовался вискозиметр АКВ-2 с набором дополнительных устройств

Таблица 4

Эффективная вязкость различных составов базовой ПС

Температура	Составы				
	Вязкость, $\text{Pa}\cdot\text{s}$ (градиент скорости деформации 10 с^{-1})				
	1	2	3	4	5
-30 °С	683	695	707	1038	1631
-20 °С	362	382	395	448	673
0 °С	231	250	237	273	382
+20 °С	53	89	123	149	250

2.4. Определение температуры каплепадения базовой пластичной смазки

Так как ПС являются многокомпонентными сложными системами, то зафиксировать их температуру плавления в большинстве случаев не удастся, поэтому температуру плавления характеризуют косвенно, посредством температуры каплепадения, *являющейся одним из основных показателей ПС*. Установлено, что ПС сохраняют работоспособность до температуры на 15-20 °С ниже их температуры каплепадения [3]. Например, для литиевых смазок температура каплепадения может достигать порядка 190 °С [3,4,5].

Та температура, при которой предел прочности станет равным нулю, является, видимо, температурой перехода смазки в текучее состояние. Эту температуру в ряде случаев можно назвать верхним пределом работоспособности смазки, выше которого смазка будет стекать или выбрасываться из узла трения. Это важное свойство смазки приближенно и условно оценивается показателем, называемым *температурой каплепадения*.

Температура каплепадения – температура, при которой первая капля вещества, в заданных условиях испытания, под влиянием собственного веса отрывается от равномерно нагретой массы смазочного материала.

Определение проводили в соответствии с ГОСТ 6793-74 «Нефтепродукты. Метод определения температуры каплепадения», сущность которого заключается в определении температуры, при которой происходит падение первой капли ПС, помещенной в чашечку прибора и нагреваемой в строго определенных условиях.

Расхождение между результатами параллельных определений при температурах свыше 100 °С не должно быть более 2 °С.

Результаты испытаний базовой ПС приведены в таблице 5.

Таблица 5

Температура каплепадения для различных составов базовой ПС

	Составы				
	Температура каплепадения, °С				
	1	2	3	4	5
Эксперимент 1	179	181	184	186	189
Эксперимент 2	181	183	182	184	191
Средняя величина	180	182	183	185	190

2.5. Определение механической стабильности пластичной смазки

Механическая стабильность – важный эксплуатационный показатель ПС, особенно для подшипников скольжения, шарниров, плоских опор, то есть в узлах трения, в которых ПС вовлекается в процесс деформирования. В результате деформирования смазка разупрочняется и, как следствие, разжижается, вытекая из шарнирных соединений и подшипников скольжения. Ряд смазок после «отдыха» не восстанавливается, что характерно для жирового солидола. Такого типа смазки целесообразно использовать в хорошо герметизированных узлах трения.

Li-смазки на мылах 12-гидроксистеариновой кислоты имеют значительно лучшую механическую стабильность, чем смазки, загущенные мылами предельных жирных кислот.

ПС, представляющие собой коллоидные системы, обладают свойством тиксотропии, то есть после деформирования в процессе «отдыха» они восстанавливают (не полностью) свои свойства.

Для оценки механической стабильности вначале ПС разрушают различными способами, а затем устанавливают, насколько изменились после разрушения и в процессе «отдыха» их объемно-механические характеристики (предел прочности, вязкость, пенетрация), то есть определяют индекс разрушения смазки.

Для оценки механической стабильности использовали стандарт ASTM-1831 с применением прибора фирмы «SHELL», представляющего собой устройство, содержащее четыре пустотелых цилиндрических ёмкости, закрепленные на вращающемся устройстве, расположенном в изолированном пространстве, в котором можно осуществлять его нагревание. В каждую пустотелую емкость загружали по 90 г смазки и по одному металлическому стержню массой 4 кг, который при вращении пустотелой ёмкости разрушает ПС. Испытания проводили в течение 2-х часов при температуре 40 °С. После испытаний определяли предел прочности смазки при температуре 50 °С и, сравнивая полученные величины с ранее полученными пределами прочности (табл.3), находили индексы разрушения для различных составов смазки (таблица 6).

Таблица 6

Индексы разрушения для различных составов базовой ПС

Наименование параметров	Составы				
	1	2	3	4	5
Предел прочности (Па) при 50 °С	260	320	390	450	800
Предел прочности (Па) после деформирования при 50 °С	230	280	330	340	420
Индекс разрушения, %	11	13	15	25	47

Составы базовой ПС обладают отличной механической стабильностью благодаря загущению их мылом технической 12-гидроксистеариновой (12-HoSt) кислоты, содержащей нормированное количество HSt [5].

2.6. Определение испаряемости базовой пластичной смазки

При хранении и применении ПС из неё может частично, а реже полностью испаряться дисперсионная среда (масло). Это особенно опасно для низкотемпературных смазок, приготовленных на маловязких, легких нефтяных маслах, а также на ряде синтетических масел.

Испаряемость определяется только летучестью дисперсионной среды. Чем выше молекулярная масса дисперсионной среды, тем меньшей летучестью она обладает. Для растительных масел молекулярная масса равна ~ 900 и является бóльшей, чем для минеральных масел [4]. Повышение температуры смазки, а также условия вакуума, способствует ускорению испаряемости.

Испаряемость оценивают, измеряя потерю массы ПС в нормированных условиях испытаний. Потерю массы смазки определяли с помощью аналитических весов ВЛО-200-2М.

2.6.1. Определение испаряемости ПС при температуре 150 °С

Испытания проводили в соответствии с ГОСТ 9566 –74.

За результат испытания принимали среднее арифметическое четырех параллельных определений испаряемости (таблица 7).

Испаряемость смазки менее 1% (по ГОСТ 9566-74) оценивается как “отсутствие испаряемости”.

Таблица 7

Испаряемость различных составов ПС

Состав смазки	Номер чашечки-испарителя и ее масса, $m_3, г$	Масса чашечки-испарителя со смазкой до испытаний, $m_1, г$	Масса чашечки-испарителя со смазкой после испытаний, $m_2, г$	Испаряемость ПС $X, \%$
Состав 1	(8) 4,9530	5,2581	5,2575	0,21
	(1) 4,9503	5,2563	5,2566	0,22
	(7) 4,9508	5,2569	5,2563	0,196
	(5) 4,9499	5,2544	5,2544	0,196
	Средняя величина испаряемости			
Состав 2	(8r) 4,9515	5,2578	5,2573	0,16
	(1r) 4,9496	5,2545	5,2540	0,15
	(4r) 4,9502	5,2532	5,2527	0,16
	(7r) 4,9500	5,2537	5,2532	0,16
	Средняя величина испаряемости			
Состав 3	(6) 4,9498	5,2538	5,2534	0,13
	(2) 4,9502	5,2541	5,2537	0,13
	(3) 4,9496	5,2561	5,2557	0,12
	(4) 4,9510	5,2580	5,2576	0,11
	Средняя величина испаряемости			
	(6r) 4,9493	5,2532	5,2529	0,11
	(3r) 4,9491	5,2521	5,2517	0,10
	(2r) 4,9497	5,2498	5,2495	0,11
	(5r) 4,9491	5,2566	5,2563	0,10
	Средняя величина испаряемости			
Состав 5	(9) 4,9535	5,2593	5,2591	0,065
	(12) 4,9541	5,2595	5,2592	0,098
	(10) 4,9545	5,2592	5,2589	0,098
	(11) 4,9551	5,2628	5,2626	0,065
	Средняя величина испаряемости			

2.6.2. Определение испаряемости ПС в вакууме

Определение испаряемости в вакууме проводили для пяти составов базовой смазки и для ПС Литол-24 на вакуумном poste ВУП-4 в течение 30 минут при температуре 23-25° С при разряжении $4,0 \cdot 10^{-5}$ ммрт.ст. Смазки вмазывались в чашечки-испарители из полиэтилена диаметром 13,0 мм слоем в 2,5 мм. Каждая чашечка использовалась однократно. Перед заполнением смазкой чашечки промывали легким бензином и тщательно высушивали в токе воздуха.

Испаряемость определяли расчетом потери массы смазки в процессе испытаний (таблица 8).

Таблица 8

Результаты определения испаряемости в вакууме составов базовой ПС и "Litol-24"

ПС	Масса чашечки-испарителя со смазкой до испытания – m_1 , г	Масса чашечки-испарителя со смазкой после испытания – m_2 , г	Номер и масса чашечки-испарителя – m_3 , г	Испаряемость ПС – X , %
Литол-24	1,5581	1,5571	(1) 1,2492	0,32
	1,5592	1,5580	(3) 1,2495	0,32
Состав 1	1,5719	1,5714	(4) 1,2668	0,16
	1,5732	1,5727	(6) 1,2672	0,163
Состав 2	1,5856	1,5852	(1) 1,2801	0,13
	1,5975	1,5971	(5) 1,2905	0,131
Состав 3	1,5854	1,5854	(8) 1,2771	0,097
	1,5884	1,5881	(10) 1,2805	0,097
Состав 4	1,5921	1,5919	(9) 1,2856	0,065
	1,5973	1,5971	(7) 1,2901	0,065
Состав 5	1,5838	1,5836	(11) 1,2779	0,048
	1,5773	1,5751	(12) 1,2691	0,052

2.7. Определение пенетрации пластичной смазки

Пенетрация – это мера проникновения конусного тела в вязкую среду меняющую свои реологические свойства при перемешивании, для определения и характеристики её густоты (консистенции). Измеряют ее в числах пенетрации по глубине погружения конуса пенетromетра определенной стандартной формы и массы (общая масса конуса должна составлять $102,5 \pm 0,5$ г, а масса штока $47,5 \pm 0,5$ г) в исследуемую ПС, под воздействием силы тяготения, в течение строго установленного времени – 5 с. Измерения проводят обычно при температуре, установленной стандартом и равной 25 °С.

Чем выше консистенция ПС, тем меньше в нее проникает конус. Пенетрация, как правило, не отражает реологических свойств ПС в конкретных условиях работы.

Считается, что данный показатель устарел, но, тем не менее, все производители ПС приводят данный показатель в характеристике выпускаемых смазок.

В классификации ПС, разработанной в NLGI (США), в качестве определяющего параметра используется пенетрация.

Мы определяли пенетрацию в соответствии с ГОСТ 5346-78 (СТ СЭВ 755-77) «Смазки пластичные. Методы определения пенетрации пенетromетром с конусом». Использовали метод А, предусмотренный приведенным стандартом: пенетрацию определяли для ненарушенной ПС на пенетromетре по ГОСТ 1440-78, предназначенном для определения пенетрации от 0 до 400 единиц.

За результат испытания принимали среднее арифметическое трех определений. Каждое определение записывали с точностью до одного деления циферблата (соответствующего 0,1 мм перемещения конуса) (таблица 9).

Таблица 9

Величины пенетрации для составов базовой ПС

№	Наименование параметров	Составы				
		1	2	3	4	5
1.	Количество делений циферблата, отсчитанное стрелкой при перемещении конуса	259	246	238	236	190
		261	248	239	237	189
		260	245	237	235	191
2.	Цена одного деления, мм,	0,1				
3.	Пенетрация (среднее значение)	260	246	238	236	190

В процессе проведения испытаний конус за время, равное 5 с, внедрялся в объем смазок, соответственно, на 26; 24,6; 23,8; 23,6 и 19 мм.

В соответствии с полученными данными, разработанную нами ПС по классификации ISO 2137 можно отнести к смазкам средней твердости, а по классификации NLGI – к 4 классу.

2.8. Определение коррозионного воздействия пластичной смазки

Коррозионное воздействие ПС определяли в соответствии с ГОСТ 9.080-77 «Смазки пластичные. Ускоренный метод определения коррозионного воздействия на металлы» на пластинках из меди марки М1 (ГОСТ 859-2001), которые готовились и помещались в ПС соответствующим образом, а затем выдерживались при температуре 100°C в течение 2-х часов.

Разработанная ПС выдержала испытание, так как на пластинках из меди не было зелени, темно-серых, коричневых или черных пятен, налетов или пленки.

2.9. Определение температурного диапазона применения пластичной смазки

ПС «Litol-24» достаточно морозостойкая смазка: сохраняет пригодность при -40 °С, а в мощных механизмах – и при более низких температурах, вплоть до -55 °С [5].

Учитывая то обстоятельство, что разработанная нами ПС обладает вязкостью при тех же температурах, что и «Litol-24», и даже ниже, можно считать, что нижний предел ее применения равен -40 °С, а при использовании в мощных механизмах – и -55 °С [6]. Четвертый состав базовой ПС (табл.4) обладает вязкостью при -30 °С, равной 1038 Pa·s, а вязкость максимальная, при которой можно использовать ПС, допускается равной 1500 - 2000 Pa·s (15000-20000 pz).

Верхний температурный предел применения разработанной ПС можно считать равным температуре каплепадения за вычетом 15-20 °С. Значит, для состава 4 (табл.5) верхний температурный предел может быть установлен равным +165...+170 °С, но при этом следует оговориться, что эту температуру можно принять для хорошо герметизированных узлов трения, из которых исключается утечка разжиженной ПС. При длительном тепловом воздействии на ПС необходимо ограничить верхний температурный предел величиной +120 (130) °С.

3. Обсуждение полученных результатов

Влияние коллоидной стабильности на работу ПС в узле трения проявляется в более сложной форме. Выделение большого количества масла и распад ПС – недопустимы. В процессе работы некоторое (весьма небольшое) выделение масла желателно, так как попадая на трущиеся поверхности оно обеспечивает их нормальное функционирование. Чрезмерно стабильные («сухие») ПС плохо смазывают трущиеся поверхности, что приводит к преждевременному изнашиванию последних. Этим отличаются смазки с загустителями на основе бентонита (Вп- смазки).

Идеальная ПС должна выделять масло медленно и равномерно на протяжении всего срока её использования в узлах трения.

Для исследованных составов ПС установлено, что их коллоидная стабильность составляет 17,5; 15,2; 11,2; 10,75 и 7,3%. Учитывая, что обычно данный параметр нормируют не более 12%, то составы 3 и 4, содержащие 12 и 13% загустителя соответственно, укладываются в эту норму.

Вязкостно-температурная характеристика разработанной ПС очень хорошая, её протекание лучше, чем у ПС Литол-24.

По механической стабильности, характеризуемой индексом разрушения, предлагаемая ПС превосходит аналог – Литол-24 – в среднем в 1,25 раза, а по оптимальным составам – еще более значительно.

Испаряемость разработанной ПС при температуре 150 °С значительно ниже, чем у существующих ПС, практически на порядок (0,20; 0,16; 0,112; 0,10; 0,08%). У ПС Литол-24 испаряемость равна 2-3% при температуре 120 °С [5]. По нормам стандарта при величинах испаряемости, менее 1%, принято считать, что испаряемость отсутствует.

По испаряемости в вакууме предлагаемая ПС значительно превосходит Литол-24.

По температуре каплепадения и пенетрации предлагаемая ПС и Литол-24 равноценны.

Для них также одинаков температурный диапазон применения в узлах трения.

Испытания на коррозионное воздействие предлагаемая ПС выдержала.

4. Выводы

1. Учитывая высокие показатели основных реологических свойств разработанной ПС, возникает необходимость в изготовлении опытной партии данной смазки с целью проведения её испытаний в реальных условиях эксплуатации в различных узлах трения машин и механизмов.

2. При получении положительных результатов по оценке противоизносных и противозадирных свойств предлагаемой ПС в лабораторных условиях и в условиях реальной эксплуатации, её можно рекомендовать для промышленного производства. Такова практика внедрения ПС в узлы трения различных машин и механизмов.

3. Учитывая, что состав 4 и 5 базовой многофункциональной ПС характеризуется наилучшими реологическими свойствами, в дальнейшем оценку трибологических свойств проводить только для них.

4. На основании анализа как реологических, так и трибологических свойств, необходимо выбрать оптимальный состав (из составов, подвергнутых испытаниям) предлагаемой ПС для рекомендации к промышленному производству.

Литература:

1. Крачун А., Морару В., Крачун С., Бундуки Е. Исследование трибологических свойств некоторых растительных масел // Studia Universitatis. Revistă științifică a USM. - Nr.7. - 2007. - P.285-289.
2. Щербаков В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. - Москва: Пищевая промышленность, 1979. - 336 с.
3. Белянин Б.В. Технический анализ нефтепродуктов и газа. - Москва: Химия, 1970. - 344 с.
4. Сеницын В.В. Подбор и применение пластичных смазок. - Москва: Химия, 1974. - 414 с.
5. Сеницын В.В. Пластичные смазки в СССР. - Москва: Химия, 1984. - 190 с.
6. Лагунов В.Б., Голощапов А.А. - В кн.: Пластичные смазки. Тез. докл. III Всесоюз. научн. техн. конф., Бердянск, 1979. - Киев: Наукова думка, 1979, с.218.

Данная работа выполнена в процессе реализации проекта „Elaborarea și studiul materialelor noi de lubrifiere de înaltă eficacitate în baza uleiului de rapiță” государственной программы „Asigurarea competitivității produselor industriale în construcția de mașini în baza inovațiilor, Know-How, materialelor noi și a tehnologiilor avansate”.

Prezentat la 21.02.2008