

УДК 547.915:661.73

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОБАВОК К МИНЕРАЛЬНЫМ МАСЛАМ

© Н.В. Шель, А.П. Поздняков, А.В. Крылова, В.И. Вигдорович, О.Н. Ермакова

Shell N.V., Pozdniakov A.P., Krylova A.V., Vигdorovitch V.I., Yermakova O.N. Some problems of creating polyfunctional additives for mineral oils. Mineral oil thickening by high aliphatic amines, synthetic fat acids and amineamide TVK-1 is considered. The article also shows the fulfillment of the Levich equation connecting the thickness of protection film on metal with the viscosity of dry and water-containing initial compositions at different temperatures and SAS concentrations.

Ранее одним из авторов настоящей статьи были разработаны концепции создания консервационных антикоррозионных материалов нового поколения [1, 2], отличающихся рядом принципиальных особенностей:

- малым компонентным составом. В пределах такие композиции могут иметь две составляющие: растворитель - основу (минеральное масло) и полифункциональную присадку;
- способностью не вытеснять воду с поверхности защищаемого металла, что основано на различии в адсорбируемости молекул  $H_2O$  и ПАВ, вводимых в защитную композицию, а соллобилизировать ее;
- вновь создаваемые антикоррозионные консервационные составы не должны уступать известным многокомпонентным композициям, включающим от 5 до 18 составляющих [3], в защитной эффективности при значительном превосходстве их в технологичности наработки и применения, экономичности и доступности сырьевой базы. Только таким путем можно преодолеть существовавший в дореформенный период и имеющий место в настоящее время острый дефицит отечественных консервационных материалов (КМ) и возрастающие импортные поставки КМ (в частности, типа тектилов).

В данном сообщении рассмотрена способность ряда добавок загущать свежие минеральные масла. Как растворители использованы индустриальное И-20А, содержащее заводские функциональные присадки, и трансформаторное масло, как правило, свободное от подобных добавок.

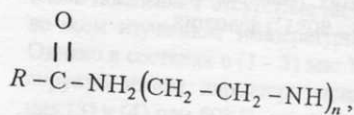
В качестве загустителя рассмотрены:

- эмульгин, представляющий смесь первичных алифатических аминов фракции  $C_{10} - C_{15}$  (5 - 20 мас. %); первичных алифатических аминов фракции  $C_{16} - C_{20}$  (22 - 30 мас. %); вторичных алифатических аминов фракции  $C_{16} - C_{30}$  (12 - 23 мас. %) и парафиновых углеводородов  $C_{18} - C_{30}$  (до 100 мас. %). Он представляет собой парафинообразную массу с температурами плавления 58 - 66° С и кипения при 670 Па 270 - 300° С. Ранее в работах одного из авторов [4, 5] показана хорошая совместимость добавки со свежими и отработанными (содержащими до 10 мас. %  $H_2O$ ) маслами, высокая сорбционная способность на стальной поверхности и защитная эффективность по отношению к коррозии углеродистой стали Ст3 в натуральных условиях, в солевом растворе и термовлагокамере;

- КОСЖК - кубовые остатки производства синтетических жирных кислот, представляющие собой смесь преимущественно насыщенных карбоновых кислот с  $n_C = 21 - 25$  (не менее 77 мас. % СЖК, остальное - высшие парафины и жирные кислоты с  $n_C = 36$ ).

Их некоторые свойства по отношению к трансформаторному маслу и зависимость толщины формирующейся защитной пленки подобных композиций от вязкости составов в данном сообщении рассмотрены впервые:

ТВК-1, аминоксид, полученный ацилированием полиэтиленполиамином с СЖК. Его молекулярная формула



где  $R$  - алифатический углеводородный радикал  $C_m H_{2m+1}$ ,  $m = 20 - 25$ ,  $n = 2 - 5$ .  $M(TVK-1) = 420$  г/моль,  $T_{пл} = 70 - 73^\circ C$ ;  $T_{крит}$  выше  $350^\circ C$ .  $T_{самовоспламенения} = 150 \pm 4^\circ C$ ;  $T_{высышки} = 144 \pm 4^\circ C$ .

Для последней присадки помимо изучения вязкостных характеристик как функции концентрации добавок и температуры, оценивали водопоглощающую способность композиций и зависимость кинематической вязкости обводненных составов от объема соллобилизированной воды.

Методики вискозиметрических измерений и уровня водопоглощения не отличались от использованных в [6]. Для оценки толщины формирующейся защитной пленки использован специальный воздушный термостат, позволяющий поддерживать постоянную температуру в пределах  $\pm 1^\circ C$ . С этой целью предварительно взвешенные с точностью до  $5 \cdot 10^{-5}$  г образцы стали Ст3 выдерживали в ванне консервации (ВК), заполненной композицией фиксированного состава до достижения ими температуры, одинаковой с температурой воздуха в термостате и помещенной в нем ВК. Затем образцы без выноса из термостата вынимали из ВК и подвешивали в вертикальном положении над ней до скапывания избытка композиции и формирования стабильной пленки защитного состава. Далее их извлекали из термостата, взвешивали вместе со слоем композиции с той же точностью и, исходя из массы защитного состава,

рассчитывали толщину сформировавшейся пленки. В независимых опытах фиксировали кинематическую вязкость исследуемых композиций. Статистическую обработку результатов проводили по методике малых выборок с проведением 6 - 9 параллельных измерений и доверительной вероятностью 0,95. Учитывая, что плотность исследуемых составов колеблется в пределах 0,85 - 0,95 г/см<sup>3</sup>, абсолютные величины их кинематической и динамической вязкости практически совпадают в пределах относительной ошибки эксперимента, которая не превышала 6%.

Кинематическая вязкость композиций на основе эмульгина ( $\nu_k$ ) в индустриальном масле систематически возрастает по мере понижения температуры состава и повышения содержания эмульгина (рис. 1а). При  $t \geq 70^\circ\text{C}$   $\nu_k$  мало отличается от кинематической вязкости  $\nu_m$  растворителя-основы (РО, рис. 1б). Вместе с этим, легко видеть, что абсолютная величина загущающего действия эмульгина, равная в изотермических условиях разности

$$\nu_k - \nu_m \quad (1)$$

по отношению к маслу И-20А мало изменяется при введении в него (1 - 5) мас.% смеси аминов во всем изученном интервале температур (рис. 1). Последующее двукратное возрастание  $C_{\text{эмульгина}}$  приводит к сильно выраженной зависимости  $\nu_k - \nu_m = \Delta\nu$  от температуры состава. Особенно значительный эффект наблюдается в области  $t > 33 \div 34^\circ\text{C}$ .

Для интерпретации природы зависимости  $\Delta\nu = F(t)$  экспериментальные данные представлены в полулогарифмических координатах (рис. 2). В области повышенных температур (65 - 80°С) функция

$$\nu_m = F(t)$$

для свежего трансформаторного масла удовлетворительно описывается уравнением прямой линии (рис. 2а)

$$\lg \nu_m = a_1 - \sigma_1 \cdot t \quad (2)$$

Согласно рис. 2б, зависимость (2) можно распространить и на более широкий температурный интервал. Отсутствие точек излома на кривой 1 рис. 2а и 2б позволяет утверждать, что масло по мере его охлаждения не претерпевает каких-либо структурных изменений, то есть в области изученных температур существует истинный раствор функциональных заводских микропримесей в трансформаторном масле (ТМ).

Иная картина характерна для составов, содержащих (1 - 5) мас.% эмульгина в ТМ. На соответствующих кривых рис. 2 при 67 - 73°С (зависимость типа (2)) наблюдается взлом при некоторой величине  $t_n$ . Абсолютная величина  $t_n$  зависит от  $C_{\text{эмульгина}}$ . В интервале  $t > t_n$  уравнение (2) принимает вид:

$$\lg \nu_k = a_2 - \sigma_2 \cdot t \quad (3)$$

При обращении разности температур ( $t < t_n$ ) константы зависимости (3) существенно изменяются, что может быть выражено посредством уравнения:

$$\lg \nu_k = a_3 - \sigma_3 \cdot t \quad (4)$$

При этом  $a_3 > a_2$  и  $\sigma_3 > \sigma_2$ .

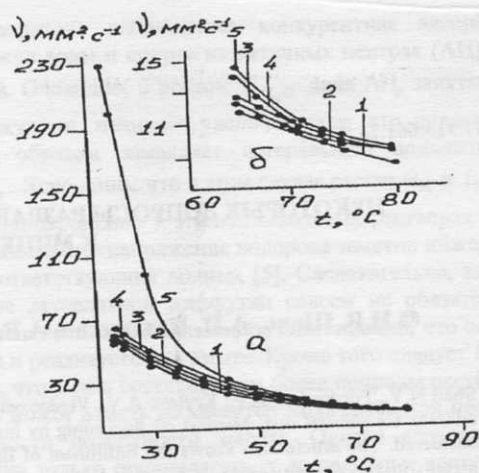


Рис. 1. Зависимость кинематической вязкости композиции эмульгина в свежем трансформаторном масле от концентрации присадки и температуры состава.  $C_{\text{эмульгина}}$  мас. %: 1 - 0; 2 - 1; 3 - 3; 4 - 5; 5 - 10.

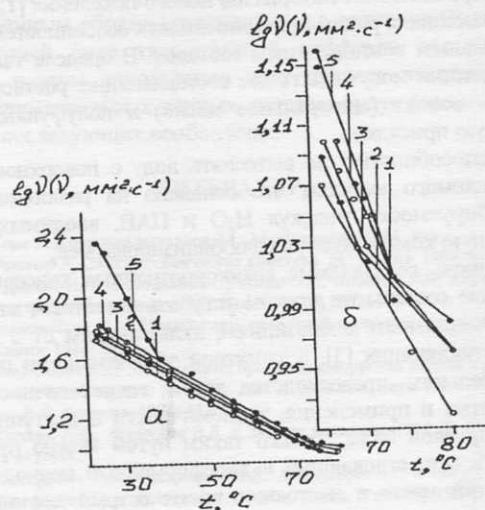


Рис. 2. Данные, приведенные на рис. 1, перестроенные в полулогарифмических координатах. Обоснования см. рис. 1.

Наличие излома на вязкостно-температурных кривых показывает, что при достижении некоторой критической температуры  $t_n$  происходят структурные изменения в композиции. Их следует связать с формированием мицеллярной структуры. Возможное строение мицелл на основе алифатических аминов обсуждено в [7]. Таким образом,  $t_n$  характеризует температуру, при которой достигается критическая концентрация мицеллообразования  $KKM_1$ , и возникают сферические мицеллы Гартли [8]. Следовательно, при  $t_n$

$$KKM_1(\text{эмульгина}) \leq 1 \text{ мас. \%}$$

Можно полагать, что  $t_n = F(C_{\text{эмульгина}})$ , причем существует некоторая критическая температура мицеллообразования ( $KTM_1$ ), тождественная  $t_n$ , которая должна повышаться с ростом  $C_{\text{ПЛАВ}}$ . В определенной мере это подтверждается экспериментально (рис. 2б и представленные ниже результаты):

$C_{\text{ПЛАВ}}$ , мас. %	1	3	5	10
Величина $t_n$ , °C	69	68	73	73

Следует полагать, что равенство  $t_{1n}$  в присутствии 5 и 10 мас.% эмульгина в масле И-20А является кажущимся и связано с недостаточной точностью измерений.

С последующим повышением температуры композиции константы  $a_2$  и  $a_3$  не изменяются, то есть во всем изученном температурном интервале действительно уравнение (4). Однако с последующим двукратным возрастанием  $C_{\text{эмульгина}}$  (10 мас.%) на зависимости  $\lg v = F(t)$  при 33 - 34° С появляется вторая точка излома, соответствующая  $2t_{1n}$ . В области температур  $t < 2t_{1n}$  происходит превращение в структуре состава - сферические мицеллы Гартли, видимо, перестраиваются в пластичные агрегаты. Таким образом в присутствии (1 - 5) мас.% эмульгина в области при  $t < t_{1n}$  снижение температуры ведет к увеличению разности

$$C_{\text{эмульгина}} - \text{ККМ}_i \quad (5)$$

что, в свою очередь, способствует возрастанию концентрации мицелл и некоторому повышению их агрегирования. Однако первый эффект вносит основной вклад и перестройка структуры мицелл не происходит.

Последующий рост  $C_{\text{эмульгина}}$  в масле способствует существенному агрегированию мицелл, ведущему к достижению  $\text{ККМ}_2$ , характеризующей образование иной мицеллярной структуры системы. Перестройка происходит при достижении системой температуры  $\text{КТМ}_2$ . Таким образом,  $\text{ККМ}_i$  и  $\text{КТМ}_i$  представляют собой два равноценных параметра. Первый является критериальной величиной, характеризующей достижение условий перехода от истинного раствора к мицеллярной структуре, либо определяет условие перестройки мицелл при постоянной температуре и систематическом возрастании концентрации ПАВ.  $\text{КТМ}_i$  является подобной критериальной величиной, при достижении которой в системе происходят структурные изменения, но работающей при последовательном понижении температуры системы при  $C_{\text{ПАВ}} = \text{const}$ . Гораздо сложнее ситуация в том случае, когда изменяются и температура, и  $C_{\text{ПАВ}}$ . Тогда необходимо учитывать оба критериальных параметра. Очевидно, что

$$\text{ККМ}_i = F(\text{природы ПАВ}, t).$$

$$\text{КТМ}_i = F(\text{природы ПАВ}, C_{\text{ПАВ}}).$$

Применительно к композициям ПАВ в минеральных маслах определяющую роль играет природа функциональных групп (ФГ) мономерных частиц, образующих ядра обратных мицелл, т. к. именно они возникают в условиях малополярного растворителя (диэлектрическая проницаемость которого равна 2).

Естественно предположить, что природа ФГ определяет энергию взаимодействия  $U_{\text{фг}}$ . Если

$$U_{\text{фг}} < RT, \quad (6)$$

где:  $R$  - универсальная газовая постоянная, а произведение в целом характеризует энергию теплового движения, то происходит разрушение мицеллярной структуры. Таким образом, достижение равенства

$$U_{\text{фг}} = RT \quad (6a)$$

или обращение уравнения (6) является условием достижения как  $\text{ККМ}_i$ , так и  $\text{КТМ}_i$ .

Природа взаимодействия ФГ, ведущая к образованию ядер мицелл, и углеводородных радикалов, определяющая внутреннее трение композиций, обсуждена в [9, 10].

Замена И-20А на трансформаторное масло позволяет выяснить влияние природы межмицеллярной жидкости на наблюдаемые эффекты мицеллообразования и вид функции

$$v_k = F(t, C_{\text{ПАВ}}).$$

В ТМ картина связи вида зависимости  $v_k$  от концентрации присадки качественно остается прежней (рис. 3).  $C_{\text{эмульгина}}$  вплоть до 5 мас.% в изотермических условиях сравнительно слабо влияет на величину разности (1), а значение

$$v_{k,i} - v_{k,tm} \quad (7)$$

по существу, определяется разностью кинематической вязкости используемых растворителей-основы. Здесь  $v_{k,i}$  и  $v_{k,tm}$  - кинематическая вязкость составов, соответственно, на базе масел И-20А и ТМ. Причем разность величин вязкости чистых растворителей характеризуется неравенством:

$$v_{m,i} - v_{m,tm} > 0$$

и быстро возрастает с понижением температуры. Повышение концентрации эмульгина до 10 мас.% мало изменяет картину в температурном интервале  $t \geq 40^\circ \text{C}$ , ниже  $40^\circ \text{C}$  начинается резкий рост разности по (7).

Анализ полулогарифмической зависимости  $\lg v_i = F(t)$  вновь показывает отсутствие на ней излома в случае ТМ во всем изученном температурном интервале (рис. 4а). Однако в составах с (1 - 5) мас.% эмульгина четко фиксируется излом, характеризующий переход от уравнения (3) к (4) при  $60^\circ \text{C}$ , соответствующий  $t_{1n}$  и обусловленный возникновением мицеллярной структуры с образованием сферических мицелл. Переход от индустриального масла И-20А к ТМ лишь несколько снижает абсолютную величину  $\text{КТМ}_1$ . Последующий рост концентрации эмульгина в ТМ вдвое приводит к появлению второй точки излома при температуре  $42^\circ \text{C}$ . Таким образом достаточно четко фиксируется величина  $\text{КТМ}_2$ , определяется структурными изменениями состава, связанными с переходом от сферических к

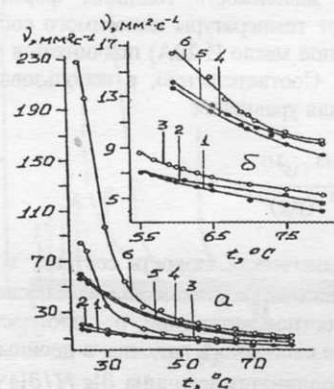


Рис. 3. Влияние природы минерального масла и концентрации эмульгина на зависимость вязкости их композиций от температуры. Природа РО: 1 - 3 трансформаторное масло; 4 - 6 - индустриальное масло И-20А.  $C_{\text{эмульгин}}$ , мас. %: 1 и 4 - 0; 2 и 5 - 1; 3 и 6 - 10.

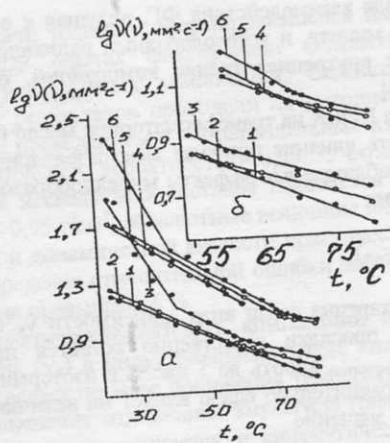


Рис. 4. Данные, приведенные на рис. 3, перестроенные в поллогарифмических координатах. Обозначения см. рис. 3.

пластинчатым мицеллам. Одновременно с последующим понижением температуры резко возрастает кинематическая вязкость составов и абсолютная величина разности, соответствующая уравнению (7). Таким образом, природа мицелл сказывается не только на величине  $\nu_k$  но и в определенной мере определяет влияние природы межмицеллярной жидкости на вид функции

$$\nu_k = F(t).$$

По-видимому, в области существования сферических мицелл взаимодействие углеводородных радикалов близлежащих агрегатов сравнительно мало и внутреннее трение систем определяется преимущественно их энергией связи с молекулами растворителя-основы и, прежде всего, последних друг с другом. Переход к агрегатам пластинчатой природы ведет к резкому увеличению вклада кооперативного взаимодействия радикалов близкорасположенных мицелл, и внутреннее трение сильно возрастает. Понижение температуры состава повышает абсолютную величину разности (5) и интегральную энергию кооперативного радикального взаимодействия мицелл по дисперсионному ван-дерваальсову механизму. Следовательно, наблюдается резкий рост разности (1). Таким образом роль природы межмицеллярной жидкости обретает четкие очертания.

Ранее [7] с использованием ТВК-1 и СЖК было показано, что зависимость толщины формирующейся пленки ( $H$ ) от температуры наносимого состава (РО - индустриальное масло И-20А) подчиняется уравнению Левича [11]. Соответственно, с использованием ряда допущений для уравнения

$$H = 0,93 \frac{\mu^{2/3} \cdot \nu^{2/3}}{\sigma^{1/6} \cdot (\rho g)^{1/2}}, \quad (8)$$

где  $\mu$  - динамическая вязкость состава,  $\nu$  - скорость движения пластины вертикально вверх после окунания,  $\sigma$  - поверхностное натяжение,  $\rho$  - плотность состава,  $g$  - ускорение свободного падения, в двойных логарифмических координатах величина  $\partial \lg H / \partial \lg \nu$  близка к 2/3. Так как наличие подобной зависимости позволяет за счет изменения температуры ванны консервации регулировать расход консервационного состава, представляло интерес проверить выполнимость ее в других

растворителях близкой природы. С этой целью использовано трансформаторное масло.

По уравнению (8) толщина формирующегося покрытия слабо зависит от поверхностного натяжения используемой композиции ( $H = F(\sigma^{1/6})$ ) и ее плотности ( $H = F(\rho^{1/6})$ ). Причем величина  $\rho$  сама по себе меняется незначительно при переходе от одной композиции к другой. В связи с этим можно было ожидать, что характер зависимости  $H = F(\nu_i)$  практически не связан с природой состава. Причем, исходя из характера проводимых исследований, легко получить соответствующие экспериментальные данные при  $C_{\text{ПАВ}} = \text{const}$  или  $t = \text{const}$ . В первом случае изменения кинематической вязкости связаны с варьированием температуры, во втором - концентрации ПАВ. Экспериментальные результаты для первого случая приведены на рис. 5а (СЖК) и рис. 5б (ТВК-1). В двойных логарифмических координатах зависимости можно удовлетворительно аппроксимировать уравнением прямой линии

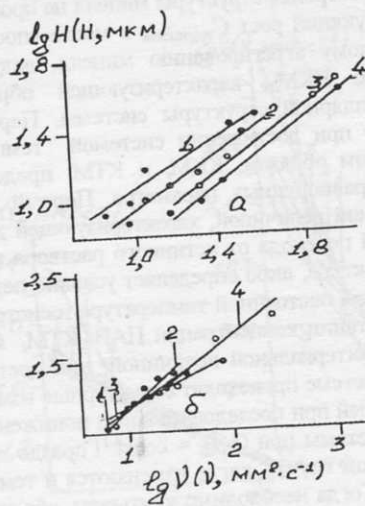


Рис. 5. Зависимость толщины формирующегося защитного покрытия на основе СЖК(а) и ТВК-1(б) в трансформаторном масле от кинематической вязкости композиции при постоянной температуре.  $C_{\text{присадки}}$  мас.-%: а. 1 - 5; 2 - 10; 3 - 15; 4 - 20; б. 1 - 1; 2 - 3; 3 - 5; 4 - 10.

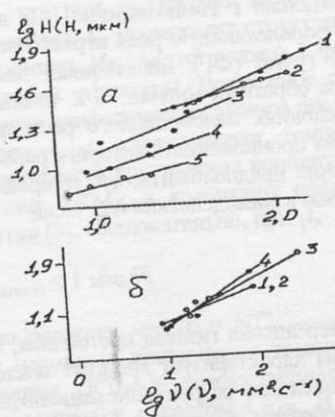


Рис. 6. Зависимость толщины формирующейся защитной пленки на основе СЖК(а) и ТВК-1(б) в трансформаторном масле от кинематической вязкости композиции при постоянной концентрации присадки. Температура, °С: 1 - 20; 2 - 30; 3 - 40; 4 - 50; 5 - 60.

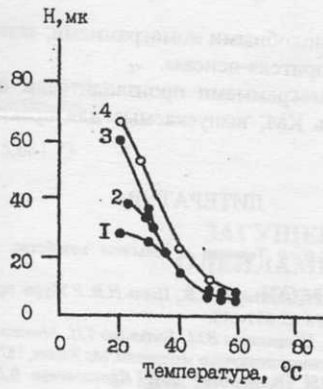


Рис. 7. Зависимость толщины формирующейся защитной пленки на базе СЖК в трансформаторном масле от концентрации ПАВ и температуры ванны консервации.  $C_{СЖК}$ , мас. %: 1 - 5; 2 - 10; 3 - 15; 4 - 20.

с величиной  $(\partial \lg H / \partial \lg v_B)_C$ , равной  $0,71 \pm 0,15$  (доверительная вероятность  $\epsilon_{0,95}$ ).

Соответствующие результаты, полученные при  $t = \text{const}$ , приведены на рис. 6а (СЖК) и рис. 6б (ТВК-1) с величиной  $(\partial \lg H / \partial \lg v_B)_t$ , равной  $0,55 \pm 0,12$  при той же доверительной вероятности, что указывает в обоих случаях на отсутствие систематической ошибки. Ранее при использовании подобных добавок в индустриальном масле И-20А была получена величина  $(\partial \lg H / \partial \lg v)_C$ , равная  $0,64 \pm 0,16$  ( $\epsilon_{0,95}$ ). Таким образом, и для композиции в трансформаторном масле действительно уравнение Левича, а зависимость

$$\lg H = \lg k + \gamma \lg v$$

можно использовать для расчета толщины формирующейся пленки при известной вязкости композиции, величин  $k$  и  $C_{ПАВ}$ . Последнее следует из того, что природа и концентрация поверхностно-активного вещества влияет на величину  $H$  при одинаковой кинематической и динамической вязкости (рис. 5 и 6).

Зависимость толщины формирующейся пленки на основе СЖК и ТМ от концентрации ПАВ и температуры композиции показана на рис. 7. Легко видеть, что оба эти параметра могут быть эффективно использованы для регулирования расхода консервационного материала (рис. 7). Рост  $C_{СЖК}$  повышает защитную эффективность композиции [12], но одновременно и увеличивает расход и стоимость защитного материала. Чтобы нивелировать этот фактор, следует повышать температуру ванны консервации, что позволит снизить расходные коэффициенты, но повысит энергозатраты.

Подобный подход дает возможность регулировать расход консервационных материалов и на основе ТВК-1 (рис. 8). Следует отметить, что аминоксид обладает более высокой защитной эффективностью, чем СЖК. Но в силу большей загущающей способности и, соответственно, повышенной кинематической и динамической вязкости составов на его основе, он ведет к значительному возрастанию расходных коэффициентов в процессе проведения консервации.

Следует отметить, что составы на основе ТВК-1 и трансформаторного масла обладают высокой солубилизирующей способностью по отношению к воде. Ве-

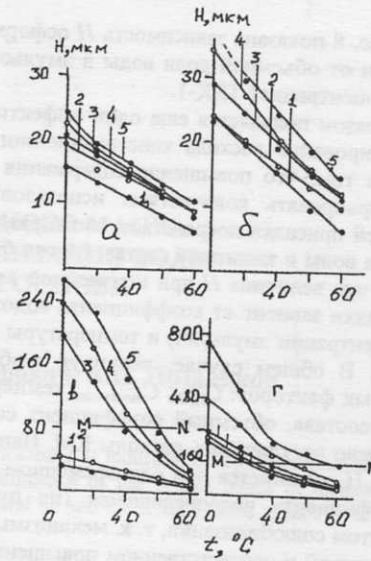


Рис. 8. Зависимость толщины формирующейся защитной пленки на базе ТВК-1 и трансформаторного масла от концентрации ПАВ, температуры ванны консервации и объемного содержания воды в композиции.  $C_{ТВК-1}$ , мас. %: а - 1; б - 2; в - 5; г - 10.  $C_{H_2O}$ , об. %: 1 - 0; 2 - 10; 3 - 20; 4 - 35; 5 - 50.

личина их объемного коэффициента водопоглощения ( $\rho_{\text{max}}$ ) при всех изученных  $C_{ТВК-1}$  (1 - 20) мас. % равна 1.

То есть единица объема композиции способна солубилизировать равный объем воды с образованием концентрированной эмульсии. Возможность дальнейшего концентрирования эмульсий не изучалась. Одновременно в условиях солубилизации с  $\rho_{\text{max}}$ , равным 1, значительно возрастает и вязкость антикоррозионных составов (рис. 9). Как следствие, это приводит при прочих равных условиях к увеличению толщины защитной

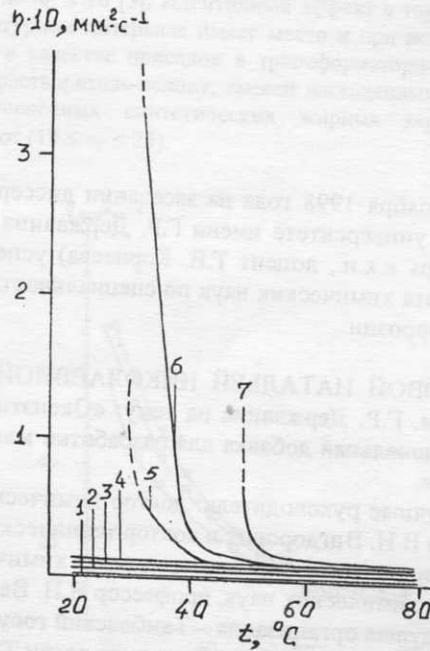


Рис. 9. Зависимость кинематической вязкости составов на основе ТВК-1 и трансформаторного масла, содержащих 50 об. % солубилизированной воды, от  $C_{ПАВ}$  и температуры.  $C_{ТВК-1}$ , мас. %: 1 - 1; 2 - 3; 3 - 5; 4 - 7; 5 - 10; 6 - 15; 7 - 20.

пленки. На рис. 8 показана зависимость  $H$  осформированной пленки от объемной доли воды в эмульсиях с различной концентрацией ТВК-1.

Таким образом появляется еще один эффективный фактор регулирования расхода консервационного состава. Дело в том, что повышение содержания воды позволяет варьировать количеством использованной дорогостоящей присадки посредством ввода различного количества воды в защитный состав. Метод базируется на том, что величина  $H$  при неизменной концентрации присадки зависит от коэффициента водопоглощения (концентрации эмульсий) и температуры ванны консервации. В общем случае, варьируя любые из исследованных факторов:  $S_{\text{пав}}$ ,  $S_{\text{эмульсии}}$ , температуру наносимого состава, объемный коэффициент соллобилизации, можно регулировать расходы КМ. Например, постоянство  $H$  достигается при одновременном увеличении коэффициента водопоглощения (не путать с коэффициентом соллобилизации, т. к. механизмы могут быть различными) и соответственном повышении температуры ванны консервации (кривая MN рис. 8в и 8г). В целом рис. 8 можно рассматривать как систему номограмм, позволяющих оценивать толщину защитной пленки, формирующейся на металлической поверхности, в виде функции температуры исходного консервационного состава, концентрации присадки и поглощенной воды. Конечно, количественные данные,

определяемые подобными номограммами, зависят и от природы растворителя-основы.

Такими номограммами производителям целесообразно снабжать КМ, выпускаемые для практического использования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вигдорович В.И. // Техника в сельском хозяйстве. 1995. № 6. С. 24 - 26.
2. Вигдорович В.И., Болдырев А.В., Шель Н.В. // Журн. прикл. химии. 1996. Т. 69. № 4. С. 611-619.
3. Шехтер Ю.Н., Школьников В.М., Богданова Т.Н., Милованов В.Д. Рабоче-консервационные смазочные материалы. М.: Химия, 1979. 256 с.
4. Черникова Л.А., Вигдорович В.И., Прохоренков В.Д. // Защита металлов. 1984. Т. 19. №6. С. 963-969.
5. Вигдорович В.И., Дольская Ю.С., Прохоренков В.Д. // Защита металлов. 1986. Т. 21. №1. С. 164-168.
6. Вигдорович В.И., Сафонова Н.В., Прохоренков В.Д. // Защита металлов. 1995. Т. 31. №5. С. 511-515.
7. Шель Н.В., Ермакова О.Н., Бернацкий П.Н., Цыганкова Л.Е., Вигдорович В.И. // Вестн. Тамбов. ун-та. Сер. Естеств. и технич. науки. Тамбов, 1997. Т. 2. Вып. 2. С. 188-194.
8. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1964. 574 с.
9. Вигдорович В.И. // Вестн. Тамбов. ун-та. Сер. Естеств. и технич. науки. Тамбов, 1997. Т. 2. Вып. 1. С. 3-11.
10. Вигдорович В.И., Шель Н.В., Селеменов В.Д., Уварова Н.Н. // Защита металлов. 1997. Т. 33. №6. С. 656-661.
11. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика. М.: Физматгиз, 1959. 699 с.

Поступила в редакцию 30 июля 1998 г.

24 ноября 1998 года на заседании диссертационного совета К113.49.04 при Тамбовском государственном университете имени Г.Р. Державина (председатель д.х.н., профессор В.И. Вигдорович, ученый секретарь к.х.н., доцент Т.В. Корнеева) успешно защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.14 – химическое сопротивление материалов и защита от коррозии

УВАРОВОЙ НАТАЛЬЕЙ НИКОЛАЕВНОЙ, ассистентом кафедры аналитической химии и экологии ТГУ им. Г.Р. Державина на тему: «Оксиэтилированные амины и амиды карбоновых кислот как полужункциональная добавка для разработки малокомпонентных консервационных материалов на масляной основе».

Научные руководители: доктор химических наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники России В.И. Вигдорович и доктор технических наук В.С. Яковлев.

Официальные оппоненты: доктор химических наук, профессор А.Б. Килимник (ТГТУ, г.Тамбов) и доктор химических наук, профессор В.Н. Вережников (ВГУ, г.Воронеж).

Ведущая организация – Тамбовский государственный технический университет. Работа выполнена на кафедре аналитической химии и экологии ТГУ имени Г.Р. Державина.