

УДК 667.6

*Н.В. Саєнко <sup>а</sup>, Р.О. Биков <sup>б</sup>, Д.В. Демідов <sup>в</sup>, А.В. Скрипинець <sup>а</sup>, Т.М. Обіженко <sup>а</sup>***ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ СИЛІКАТНИХ НАПОВНЮВАЧІВ НА СТРУКТУРНО-РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АКРИЛОВИХ ДИСПЕРСІЙ**<sup>а</sup> Харківський національний університет будівництва та архітектури, м. Харків, Україна<sup>б</sup> Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна<sup>в</sup> Харківський автотранспортний фаховий коледж, м. Харків, Україна

Вивчено реологічні властивості акрилової водної дисперсії, наповненої порожнистими алюмосилікатними мікросферами та високодисперсним аморфним діоксидом кремнію за допомогою ротаційної віскозиметрії. Встановлено, що збільшення ступеня наповнення порожнистими мікросферами приводить до значного підвищення в'язкості водної дисперсії, що викликає технологічні труднощі при нанесенні покриттів на поверхню. Введення невеликої кількості добавки діоксиду кремнію приводить до зниження структурної міцності та ефективної в'язкості водної дисперсії акрилового сополімеру, що дозволяє істотно знизити в'язкість і регулювати реологічні характеристики високонаповнених систем і є визначальним для технології їх нанесення. Комбінування таких наповнювачів як діоксид кремнію і порожнисті алюмосилікатні мікросфери у водній дисперсії акрилового сополімеру дозволяє поєднувати одночасно ряд позитивних явищ: зниження в'язкості матеріалу при нанесенні (без розведення) за рахунок застосування високих швидкостей зсуву і підвищення швидкості структурування дисперсії після нанесення, а також дозволяє досягти седиментаційної стійкості в період зберігання і транспортування.

**Ключові слова:** акриловий сополімер, діоксид кремнію, порожнисті мікросфери, ефективна в'язкість, структурно-реологічні характеристики.

**DOI:** 10.32434/0321-4095-2023-147-2-137-144

**Вступ**

На даний час розроблена й прийнята Директива ЄС про леткі органічні сполуки важких металів та інших небезпечних хімічних сполук. Екологічність має забезпечуватися під час нанесення, експлуатації, ремонту, оновлення й утилізації після завершення строку експлуатації покриття та виявлятися у відсутності або мінімально допустимому рівні негативного впливу на навколишнє середовище. З 1 січня 2008 р. виробники лакофарбових матеріалів країн Євро-союзу перейшли на дуже жорсткі нормативи викидів летких органічних сполук<sup>1</sup>. Використан-

ня полімерних водних дисперсій дозволяє виключити використання токсичних та пожежонебезпечних розчинників, які забруднюють довкілля.

Технологія формування та експлуатаційні характеристики лакофарбових покриттів значною мірою визначаються властивостями вихідних плівкоутворюючих матеріалів, які повинні відповідати таким вимогам: забезпечення рівномірного тонкошарового розподілу на підкладці та утворення покриттів з необхідним комплексом властивостей. Таким вимогам повністю відповідають вододисперсійні лакофарбові ма-

<sup>1</sup> Directive 2004/42/CE of the European parliament and of the council of 21 April 2004 on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain paints and varnishes and vehicle refinishing products and amending Directive 1999/13/EC. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/eur43014.pdf>.

© Н.В. Саєнко, Р.О. Биков, Д.В. Демідов, А.В. Скрипинець, Т.М. Обіженко, 2023



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

теріали на основі акрилових зв'язуючих (ВД-АК) [1,2]. Шляхом раціонального поєднання діючих компонентів: плівкоутворювача на основі водної дисперсії акрилового сополімеру, пігментів, загусників, цільових добавок і мінеральних наповнювачів можна одержати покриття із заданим комплексом властивостей.

Під час вибору наповнювачів ВД-АК постає низка завдань, пов'язаних із необхідністю забезпечення їхньої хімічної та колоїдно-хімічної стійкості у водному середовищі, належної дисперсності, а також із визначенням рівня наповнення для підвищення експлуатаційних властивостей [3,4].

Найважливішою властивістю ВД-АК є здатність дисперсної фази зберігати рівномірний розподіл в об'ємі плівкоутворювача, не випадаючи в осад (седиментаційна стійкість), а також агрегативна стійкість. Агрегування відбувається внаслідок того, що високонаповнена система має велику поверхню розділу фаз, а отже, має великий запас вільної поверхневої енергії, тобто є термодинамічно нестійкою. У зв'язку з цим правильний вибір наповнювачів і плівкоутворювача, сумісних одне з одним, є важливим завданням.

Так, уведення у водні дисперсії акрилатів високодисперсних наповнювачів (тальк, каолін, аеросил, діоксид титану) приводить до утворення досить міцних коагуляційних структур. На цьому принципі ґрунтується створення тиксотропних фарб. За сталої структури тиксотропні фарби не стікають із вертикальної поверхні, але легко наносяться на неї, якщо ця структура зруйнована [5–10].

Із метою забезпечення колоїдно-хімічної стійкості високонаповнених ВД-АК останнім часом як нанорозмірний модифікатор використовують діоксид кремнію. Підвищений інтерес до останнього пов'язаний із тим, що, як і всі нанодисперсні речовини,  $\text{SiO}_2$  – є активною речовиною з розвиненою поверхнею та високою адсорбційною здатністю. Діоксид кремнію характеризується сильними електричними полями, виконує також роль стабілізатора лакофарбових дисперсій, запобігає осіданню наповнювачів, надає седиментаційної стійкості і тиксотропних властивостей високонаповненим лакофарбовим покриттям [11,12].

Дослідження виду і інтенсивності структурно-реологічних деформацій набуває важливого значення не тільки з фундаментального, а й прикладного погляду, оскільки дає змогу встановити оптимальні параметри виготовлення, тран-

спортування й нанесення на різні поверхні високонаповнених тонкошарових ВД-АК. Водночас, незважаючи на широке застосування ВД-АК на практиці, уваги потребують теоретичні аспекти систематичного аналізу й опису їх реологічної поведінки в динамічних умовах.

Мета роботи: вивчення закономірності впливу вмісту силікатних наповнювачів на структурно-реологічні характеристики акрилових водних дисперсій.

#### **Матеріали і методи дослідження**

Об'єктом досліджень обрано стирол-акрилову водну дисперсію марки «Acronal 290D» на основі співполімеру ефіру акрилової кислоти (бутилакрилату) та стиролу. Як загусник водної дисперсії використано асоціативний згущувач на основі (мет)акрилових мономерів і целюлозний – на основі карбоксиметилцелюлози. Диспергатором виступив поліфосфат натрію. Як піногасник застосовано універсальний антиспінювач на основі полімерної емульсії.

Як силікатні наповнювачі використовували гідрофільні порожнисті алюмосилікатні мікросфери, що складаються зі тонкостінних алюмосилікатних частинок сферичної форми діаметром 10–100 мкм і питомою поверхнею 0,61 м<sup>2</sup>/г, та гідрофобізований диметилдихлорсиланом аеросил питомою поверхнею 30 м<sup>2</sup>/г та середньої щільності 0,051–0,059 г/см<sup>3</sup> [13].

Композиції для дослідження на основі дисперсії Acronal 290 D, модифікаторів та силікатних мінеральних наповнювачів отримували наступним чином: компоненти композиції диспергували протягом 20 хв у змішувачі у вигляді дисольвера з якірною мішалкою при швидкості обертання 60–120 об./хв до отримання однорідної маси.

Вивчення структурно-реологічних характеристик проведено за допомогою ротаційного віскозиметра «Реотест-2» (Німеччина) із робочим вузлом «циліндр-циліндр» із використанням вимірювального циліндра Н. Криві течії досліджуваних складів знято під час зміни кількості обертів від 0,1667 до 72,9 с<sup>-1</sup>. Із метою встановлення того факту, що аналізовані склади ВД-АК мають тиксотропні властивості (утворюють петлю гістерезису), криві течії було виміряно в процесі прямого й зворотного ходу, тобто за зростанням і падінням напруги зсуву ( $\tau$ ), відповідно. Перед випробуванням під час зворотного ходу вимірювань склади ВД-АК піддавалися 10-хвилинному деформуванню за максимальної швидкості зсуву (72,9 с<sup>-1</sup>) і періоду відпочинку протягом 10 хвилин.

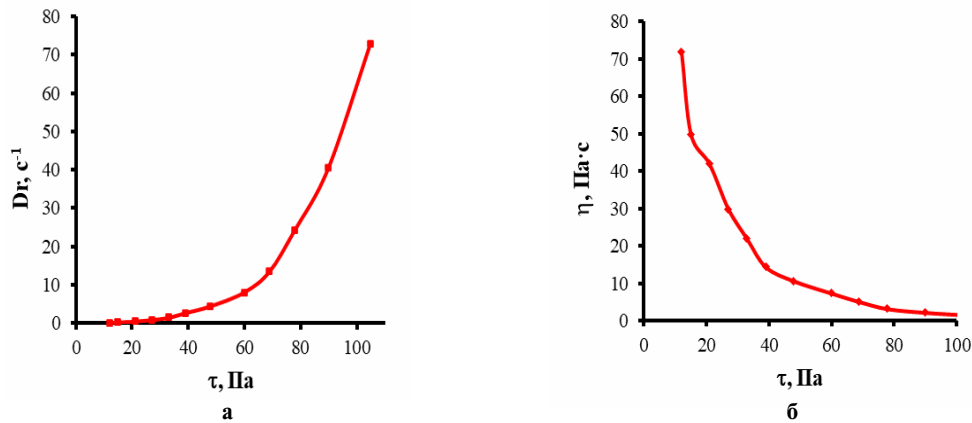


Рис. 1. Реологічні залежності ВД-АК у вигляді кривих течії (а) і кривих зміни в'язкості від напруги зсуву (б)

### Результати та обговорення

Результати реологічних досліджень водної дисперсії ВД-АК без наповнювачів (рис. 1,а,б) і при введенні наповнювачів Аеросилу (А-300) (рис. 2,а,б) та порожнистих мікросфер (МС) (рис. 3,а,б) наведено у вигляді реологічних кривих течії (залежність напруги зсуву  $\tau$  (Па) від швидкості зсуву  $D\dot{\gamma}$  ( $s^{-1}$ ) і у вигляді кривих зміни в'язкості  $\eta$  (Па·с) від напруги зсуву  $\tau$  (Па).

Привертає увагу аномальний характер реологічної кривої (рис. 1,а) у вигляді ділянки нелінійної пластичної течії ВД-АК і наявності статичної граничної напруги зсуву, яка дорівнює 15,1 Па (за Ребіндером – умовної статичної межі плинності  $P_{кл}$  [14]). Наявність межі міцності свідчить про те, що дисперсна система має високорозвинену просторову структуру і течія відбувається за умови досягнення значення напруги зсуву, порівняного з міцністю цієї структури. Отже, умовна статична межа плинності  $\tau_s$  є мірою міцності структурного каркасу. У разі переходу через  $\tau_s$  настає руйнування структурної сітки, наслідком чого стає наявність усіх нелінійних ефектів.

На кривій зміни в'язкості в залежності від напруги зсуву (швидкості зсуву) ненаповненої ВД-АК (рис 1,б) спостерігається інтенсивне падіння в'язкості у вузькому інтервалі напруги зсуву, що вказує на значне руйнування просторової (коагуляційної) структури складу.

Характер реологічних кривих, показаних на рис. 1, свідчить про те, що ВД-АК можна віднести до пластичних тіл з нелінійною пластичною поведінкою та граничною напругою зсуву. Цей висновок підтверджується тим, що реологічні криві у дослідженому інтервалі напруг добре описуються відомим рівнянням Гершеля-Балклі [14]:

$$\tau = \tau_s + \eta_{\text{еф}} \dot{\gamma}^n,$$

де  $\tau_s$  – умовна статична межа плинності, Па;  $\eta_{\text{еф}}$  – ефективна в'язкість, Па·с;  $\dot{\gamma}$  – швидкість зсуву,  $s^{-1}$ ;  $n$  – показник ступеня (індекс течії), який є мірою структурованості систем із нелінійним пластичним і псевдопластичним характером перебігу  $n < 1$ , а для ньютонівських рідин  $n = 1$ .

Для ненаповненої композиції ВД-АК індекс течії дорівнює 0,355 ( $n < 1$ ), що вказує на наявність просторової структурної сітки, яка руйнується під дією відносно невеликих прикладених напружень зсуву (близько 15–20 Па); коагуляційна структура легко відновлюється, про що свідчить відсутність на кривих течії петлі гістерезису. Отже, основний внесок у процес структуровання ненаповненої ВД-АК робить взаємодія глобул латексу стирол-акрилового сополімеру.

Відомо, що введення наповнювачів в полімерну матрицю приводить до появи широкого спектра взаємодій (від слабких фізичних сил до більш сильних хімічних), що виникають на межі поділу полімер-наповнювач, і має наслідком утворення коагуляційних і конденсаційних структур (за класифікацією акад. П.О. Ребіндера). У структурах коагуляційного типу частинки пов'язані міжмолекулярними силами Ван-дер-Ваальса-Лондона, між ними виникають коагуляційні і «точкові» контакти. Між частинками є тонкі прошарки дисперсійного середовища. Структура має невелику міцність, характеризується пластичними, еластичними і тиксотропними властивостями. Пластична течія пов'язана з тиксотропними явищами, які мають місце у високонаповнених лакофарбових матеріалах. Найчастіше прояв структурної в'язкості розглядається як позитивна властивість, оскільки фарби набувають пастоподібну консистенцію. У таких системах не осідають пігменти, матеріали, за необхідністю, можна наносити товстими шарами без патьоків. Такі покриття створюються

шляхом відповідного підбору плівкоутворювачів і наповнювачів.

Специфіка взаємодії наповнювача гідрофобізованого аеросилу з водною дисперсією стирол-акрилового співполімеру полягає в тому, що за порівняно невисокої масової частки твердої фази створюється аномально висока концентрація частинок:  $10^{15}$ – $10^{16}$  в  $1 \text{ см}^3$  об'єму дисперсії. Зважаючи на цей факт, досліджені дисперсії аеросилу можна віднести до висококонцентрованих дисперсних систем, для яких вплив концентраційного фактора на властивості є визначальним.

На рис. 2 а,б наведено реологічні криві дисперсії ВД-АК, наповнених аеросилом (А) в кількості 0,5, 1,0 і 1,5 мас.%. У разі введення аеросилу характер кривих течії не змінюється, однак відбувається зниження міцності структурної сітки, підтвердженням чого є значення умовної статичної межі текучості  $\tau_s$ , величина, якої зменшується з 15,1 Па для ВД-АК до 6,1, 5,4 і 3,1 Па при введенні А-300 в кількості 0,5, 1,0 і 1,5 мас.%, відповідно (таблиця.). Водночас зі зниженням міцності структурної сітки в усьому температурному інтервалі спостерігається зниження значень початкової ефективної в'язкості  $\eta_0$  більше ніж у 2–4 рази (таблиця). Описана тенденція, імовірно, спричинена зниженням лужності самої ВД-АК (значення рН водної витяжки аеросилу становить рН 5,5) під час введення аеросилу, що приводить до зниження в'язкості ВД-АК через зменшення ступеня іонізації карбоксильних груп ( $-\text{COOH}$ ) частинок латексу.

Аналіз отриманих результатів показує на те, що реологія поведінки досліджених водних сти-

рол-акрилових дисперсій, наповнених аеросилом, має всі ознаки, властиві висококонцентрованим дисперсним системам зі структурою коагуляційного типу. Ознакою цього є нелінійний характер реологічних кривих і неповне відображення реологічної поведінки дисперсій у динамічних умовах. Це виражаються в появі петлі гістерезису, розміри якої зі збільшенням вмісту аеросилу і зниженням температури помітно зростають, а самі реологічні криві зміщуються в діапазон нижчої напруги зсуву.

На рис. 3 а,б наведено реологічні криві дисперсії ВД-АК, наповнених мікросферами (МС) у кількості 20, 30, 40 мас.%. Як видно з рис. 3,а, у разі введення мікросфер (МС) у ВД-АК характер течії не змінюється, однак відбувається різке зростання міцності структурної сітки, про що свідчить збільшення значення умовної статичної межі текучості  $\tau_s$ , величина якої зростає більше ніж у 3–4 рази (таблиця).

На рис. 3,б продемонстровані залежності ефективної в'язкості від напруги зсуву ВД-АК, наповнених мікросферами. Як видно, початкові значення ефективної в'язкості  $\eta_0$  збільшуються з 89,8 Па·с до 287,3 Па·с при вмісті МС 20 мас.% та до 395,1 Па·с при 40 мас.% (таблиця).

Наведені дані свідчать про збільшення енергії міжчастинкової взаємодії в утворюваній структурі й кількості контактів зі зростанням вмісту мікросфер, а також про зниження товщини прошарків дисперсійного середовища. Важливим є той момент, що показник кислотності водної витяжки самих мікросфер складає рН 8,5 і вони додатково сприяють загущенню дисперсії стирол-акрилового співполімеру шля-

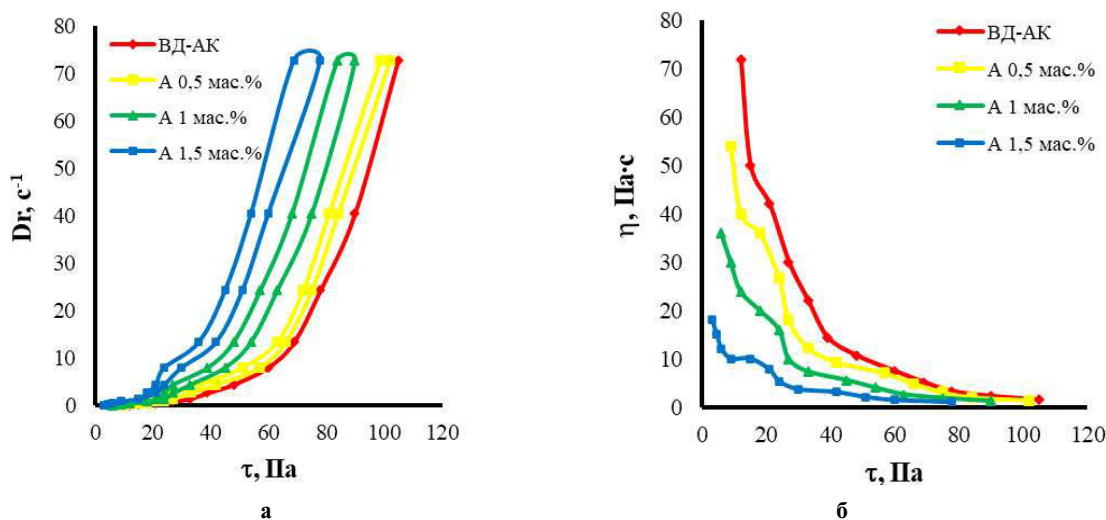


Рис. 2. Реологічні залежності ВД-АК від вмісту аеросилу А у вигляді кривих течії (а) і кривих зміни в'язкості від напруги зсуву (б)

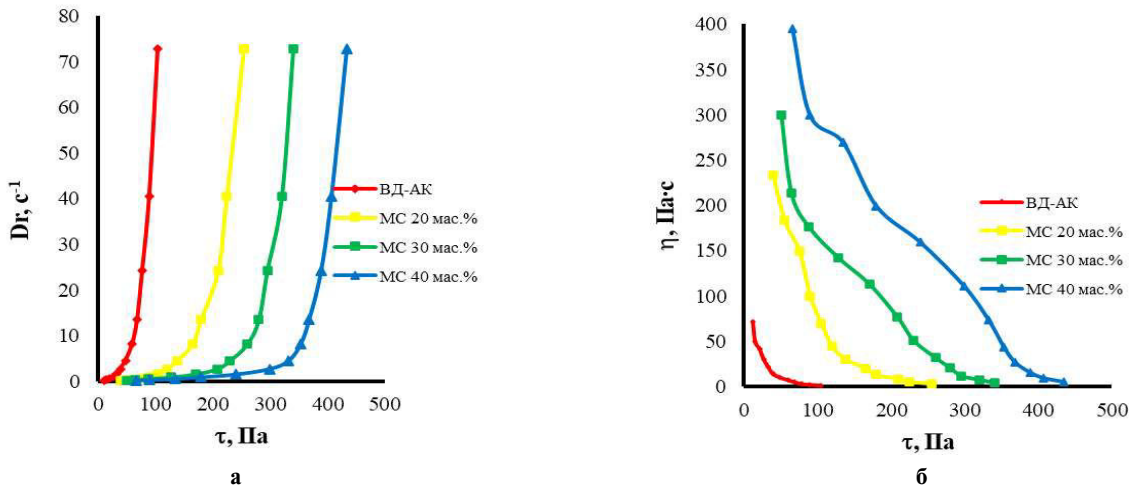


Рис. 3. Реологічні залежності ВД-АК від вмісту мікросфер (МС) у вигляді кривих течії (а) і кривих зміни в'язкості від напруги зсуву (б)

хом підвищення ступеня іонізації карбоксильних груп. Крім того, наповненим мікросферам дисперсії ВД-АК властиве значне підвищення ефективної в'язкості на початкових ділянках деформування за малих значень напруги зсуву, що спричинено розривом на початковій стадії менш міцних контактів між глобулами дисперсії, між мінеральними частинками і глобулами полімерів, а також орієнтації частково зруйнованих агрегатів у напрямку зсуву. Незважаючи на значне зміцнення структури наповненої мікросферами ВД-АК, коагуляційна структура легко відновлюється, що засвідчує відсутність на кривих течії петлі гістерезису.

Водночас збільшення ступеня наповнення порожнистими мікросферами до 40 мас.% значно підвищує в'язкість композиції (у 4 рази), що

приводить до технологічних труднощів під час нанесення тонкошарових покриттів на поверхні, які захищаються. Описані труднощі пов'язані з необхідністю уникання плинності в гравітаційному полі. Подібне «стікання» матеріалу спричиняє виникнення неоднорідності по товщині плівки. Із огляду на той факт, що введення аеросилу дозволяє знизити структурну міцність й ефективну в'язкість ВД-АК, постає потреба дослідити її реологічні властивості за умови наповнення одночасно порожнистими мікросферами та гідрофобізованим аеросилом.

На рис. 4 а,б надано реологічні залежності ВД-АК від вмісту мікросфер (40 мас.%) та аеросилу (0,5, 1,0 і 1,5 мас.%) у вигляді кривих течії (а) і кривих зміни в'язкості від напруги зсуву (б).

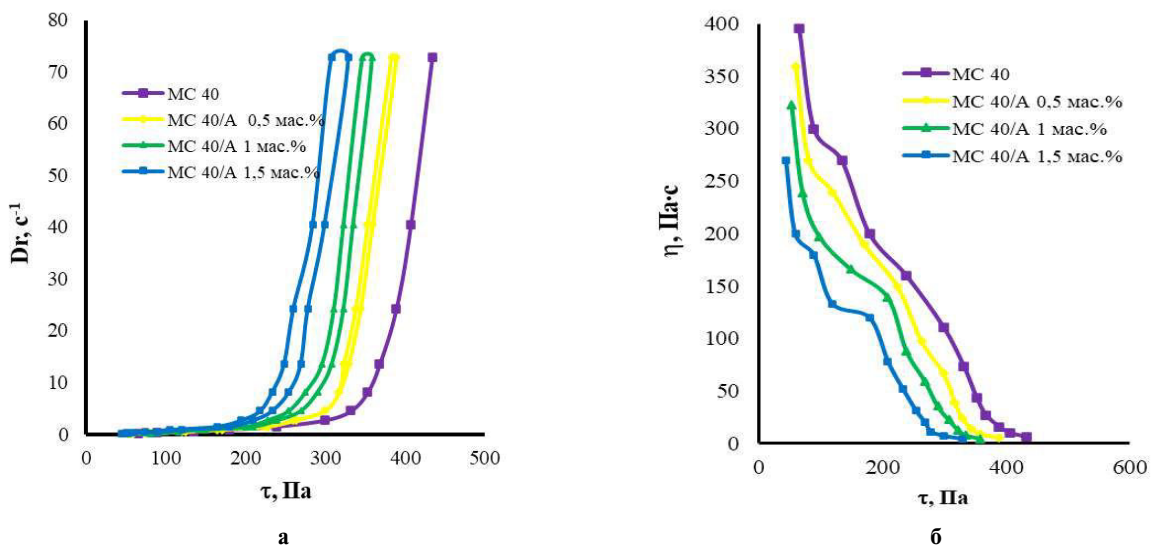


Рис. 4. Реологічні залежності ВД-АК від вмісту МС та А-300 у вигляді кривих течії (а) і кривих зміни в'язкості від напруги зсуву (б)

Детальний огляд отриманих залежностей дає підстави стверджувати, що при введенні в високонаповнену систему гідрофобізованого аеросилу характер реологічних кривих залишається незмінним, але спостерігається зниження міцності структурної сітки, підтвердженням чого є значення умовної статичної межі текучості  $\tau_s$ , величина, якої зменшується з 65,8 Па до 59,9, 52,4 і 44,9 Па при введенні аеросилу в кількості 0,5, 1,0 і 1,5 мас.%, відповідно (таблиця). Водночас спостерігається зниження значення початкової ефективної в'язкості ( $\eta_0$ ) з 395,1 Па·с до 359,1, 314,2 і 269,3 Па·с (таблиця) та скорочується інтервалу напруг зсуву руйнуючих структуру ВД-АК, наповнених одночасно мікросферами та аеросилом.

Усі досліджувані ВД-АК, наповнені алюмосилікатними мікросферами та гідрофобізованим аеросилом, характеризуються нелінійною поведінкою реологічних кривих і появою петлі гістерезису, яка свідчить про неповне відновлення структури в динамічному режимі за прямим і зворотнім ходом деформування під дією зсувних напружень.

Системи, наповнені 40 мас.% МС, фактично не досягають ньютонівського характеру течії, що пов'язано з утворенням локальних обмежених поверхнею ковзання, об'ємних структур, які виникають під час розриву суцільності концентраційної дисперсної системи. Описаний ефект суттєво обмежує можливості отримання однорідних дисперсій і нанесення досліджуваних високонаповнених тонкошарових покриттів на основі ВД-АК.

Оцінити ступінь структурування і міцність міжмолекулярних взаємодій у високонаповнених ВД-АК дають змогу структурно-реологічні характеристики: умовно статична межа плинності ( $\tau_s$ ), в'язкість за мінімальною швидкістю початку руйнування (початкова ефективна в'язкість) ( $\eta_0$ ), в'язкість «зруйнованої» структури за ньютонівським характером течії ( $\eta_{\min}$ ) (за 13,5 об./с),  $n$  – показник ступеня в рівнянні Гершеля-Балклі.

#### **Висновки**

Вивчено вплив порожнистих алюмосилікатних мікросфер (20, 30 та 40 мас.%) і високодисперсного аморфного діоксиду кремнію Аеросил-300 (0,5, 1,0 та 1,5 мас.%) на реологічні властивості водної дисперсії акрил-стирольного сополімеру за допомогою ротаційної віскозиметрії.

Встановлено закономірності зміни в'язкості та швидкості деформування ВД-АК від напруги зсуву. За характером реологічних кривих ненаповнена силікатними мінеральними наповнювачами ВД-АК відноситься до пластичних тіл з нелінійною пластичною поведінкою і граничною напругою зсуву, має просторову структурну сітку, яка руйнується під дією відносно невеликих прикладених напруг зсуву, порядку 15–20 Па, і легко відновлює коагуляційну структуру, про що свідчить відсутність на кривих течії петлі гістерезису.

Ступінь тиксотропності стирол-акрилового сополімеру наповненого Аеросил-300 характеризується площею петлі гістерезису і абсолютним значенням в'язкості при малих швидкостях зсуву і зростає зі збільшенням вмісту наповню-

**Структурно-реологічні характеристики високонаповнених ВД-АК**

Склад композицій, мас.%	$\tau_s$ , Па	$\eta_0$ , Па·с	$\eta_{\min}$ , Па·с	$n$
ВД-АК	14,9	71,8	5,1	0,36
ВД-АК/аеросил 0,5	11,9	53,9	4,9	0,39
ВД-АК/аеросил 1,0	8,9	35,9	3,9	0,43
ВД-АК/аеросил 1,5	4,5	17,9	3,1	0,53
ВД-АК/МС 20	55,0	233,9	13,3	0,29
ВД-АК/МС 20/аеросил 0,5	53,9	233,4	12,6	0,28
ВД-АК/МС 20/аеросил 1,0	38,9	197,5	11,3	0,32
ВД-АК/МС 20/аеросил 1,5	26,9	143,6	9,5	0,36
ВД-АК/МС 30	64,0	299,9	20,7	0,31
ВД-АК/МС 30/аеросил 0,5	60,0	269,9	18,1	0,32
ВД-АК/МС 30/аеросил 1,0	53,0	227,9	16,9	0,33
ВД-АК/МС 30/аеросил 1,5	39,5	179,9	15,9	0,37
ВД-АК/МС 40	89,8	395,1	27,3	0,30
ВД-АК/МС 40/аеросил 0,5	80,8	359,1	24,4	0,29
ВД-АК/МС 40/аеросил 1,0	71,8	323,9	22,8	0,30
ВД-АК/МС 40/аеросил 1,5	59,9	269,3	19,9	0,32



вача, оскільки коагуляційної взаємодії частинок належить основна роль в утворенні просторових структур. Введення малих добавок Аеросилу-300 приводить до деякого зниження структурної міцності та ефективної в'язкості водної дисперсії акрилового сополімеру, що дозволяє суттєво знизити в'язкість та регулювати реологічні характеристики високонаповнених ВД-АК, які визначають їх технологічність при нанесенні.

Збільшення ступеня наповнення порожнистими мікросферами до 40 мас.% значно підвищує в'язкість композиції, що призводить до технологічних труднощів при нанесенні покриттів на поверхні, що захищаються. Ці труднощі пов'язані з необхідністю уникнути течії плівки в гравітаційному полі. Таке «стікання» матеріалу може призвести до виникнення неоднорідності по товщині плівки.

Введення Аеросилу-300 у високонаповнену ВД-АК дозволяє регулювати реологічні властивості на стадії виготовлення покриттів або перед їх застосуванням, що дозволяє поєднувати одночасно ряд позитивних явищ: зниження в'язкості матеріалу при нанесенні (без розведення) за рахунок застосування високих швидкостей зсуву та підвищення в'язкості (структурування) після нанесення, а також у період їх зберігання та транспортування.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Караваєв Т.А.* Водно-дисперсійні фарби: товарознавча оцінка. – Київ: КНТЕУ, 2015. – 288 с.
2. *Peruchi A.B., Zuchinali F.F., Bernardin A.M.* Development of a water-based acrylic paint with resistance to efflorescence and test method to determine the appearance of stains // *J. Build. Eng.* – 2021. – Vol.35. – Art. No. 102005.
3. *Комаха В.О., Свідерський В.А.* Стан та перспективи розвитку вітчизняного ринку білих мінеральних наповнювачів для лакофарбових матеріалів // *Вісн. Львівської комерційної академії (Сер. товарознавча).* – 2014. – Вип. 14. – С.27-33.
4. *Караваєв Т., Свідерський В.* Перспективи ринку карбонатних наповнювачів в Україні // *Товари і ринки.* – 2011. – Т.12. – № 2. – С.18-26.
5. *Structure and rheology of aqueous poly (vinyl acetate) dispersions modified with montmorillonite / Gerasin V.A., Kurenkov V.V., Pashkov O.V., Ilyin S.O.* // *Colloid. J.* – 2017. – Vol.79. – No. 5. – P.588-595.
6. *Malkin A.Y., Kulichikhin S.G.* Rheokinetics: rheological transformations in synthesis and reactions of oligomers and polymers. – John Wiley & Sons, 2008. – 325 p.
7. *Sikorsky O., Myronyuk O., Svidersky V.* Rheological behavior of montmorillonite water suspensions in the presence of surfactants // *Chem. Chem. Technol.* – 2015. – Vol.9. – No. 2. – P.237-240.
8. *Мережко Н., Шульга О.* Реологічні властивості водних дисперсій модифікованого каоліну // *Товар і ринки.* – 2014. – № 1. – С.110-117.
9. *Dumitri P., Jitaru I.* The influence of rheology modifiers and dispersing agents on the quality of water-based decorative paints // *Rev. Chim.* – 2010. – Vol.61. – P.651-656.
10. *The effect of silicate fillers on adhesion and adhesion strength properties of water-based coatings / Saienko N.V., Bikov R.A., Popov Y.V., Demidov D.V., Younis B.* // *Key Eng. Mater.* – 2020. – Vol.864 – P.73-79.
11. *Rahman I.A., Padavettan V.* Synthesis of silica nanoparticles by sol-gel: size-dependent properties, surface modification, and applications in silica-polymer nanocompositesa review // *J. Nanomater.* – 2012. – Art. No. 132424.
12. *Yang X.H., Zhu W.L.* Effects of fumed silica on the viscosity of acrylic latex system // *J. Dispers. Sci. Technol.* – 2006. – Vol.27. – No. 6. – P.789-794.
13. *Research of the influence of silicate fillers on water absorption and microstructure of styrene-acrylic dispersion coatings / Saienko N., Bikov R., Skripinets A., Demidov D.* // *Mater. Sci. Forum.* – 2021. – Vol.1038. – P.61-67.
14. *Крпх Г.Б.* Визначення реологічних параметрів рідин за консистентними змінними. – Львів: Львівська політехніка, 2011. – С.126-131.

Надійшла до редакції 28.12.2022

## STUDY OF THE EFFECT OF SILICATE FILLERS ON THE STRUCTURAL AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF ACRYLIC DISPERSIONS

N.V. Saienko <sup>a,\*</sup>, R.O. Bikov <sup>b</sup>, D.V. Demidov <sup>c</sup>, A.V. Skripinets <sup>a</sup>, T.M. Obizhenko <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv, Ukraine

<sup>b</sup> National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine

<sup>c</sup> Kharkiv State Auto-Transport Professional College, Kharkiv, Ukraine

\* e-mail: natause@ukr.net

This work reports the rheological properties of an acrylic aqueous dispersion filled with hollow aluminosilicate microspheres and highly dispersed amorphous silicon dioxide studied by using rotational viscometry. It was established that an increase in the degree of filling with hollow microspheres leads to a significant increase in the viscosity of the aqueous dispersion, which results in technological difficulties when applying coatings to the surface. The introduction of a small amount of silicon dioxide additive leads to a decrease in the structural strength and effective viscosity of the aqueous dispersion of the acrylic copolymer, which allows significantly reducing the viscosity and regulating the rheological characteristics of highly filled systems, which is decisive in the technology of their application. The combination of such fillers as silicon dioxide and hollow aluminosilicate microspheres in an aqueous dispersion of an acrylic copolymer allows simultaneously reaching a number of positive phenomena: a reduction in the viscosity of the material during application (without dilution) due to the use of high shear rates and an increase in the rate of dispersion structuring after application, and also allows achieving sedimentation resistance during storage and transportation.

**Keywords:** acrylic copolymer; silicon dioxide; hollow microsphere; effective viscosity; structural and rheological characteristics.

### REFERENCES

1. Karavayev TA. *Vodno-dispersiini farby: tovaroznavcha otsinka* [Water-dispersion paints: commodity assessment]. Kyiv: KNTEU; 2015. 288 p. (in Ukrainian).
2. Peruchi ABR, Zuchinali FF., Bernardin AM. Development of a water-based acrylic paint with resistance to efflorescence and test method to determine the appearance of stains. *J Build Eng*. 2021; 35: 102005. doi: 10.1016/j.jobe.2020.102005.
3. Komakha V, Svidersky V. Stan ta perspektyvy rozvytku vitchyznyanogo rynku bilykh mineral'nykh napovnyuvachiv dlya lakofarbovykh materialiv [Conditions and prospects of development of white mineral fillers for paints domestic market]. *Bull Lviv Univ Trade Econ Techn Sci*. 2014; (14): 27-33. (in Ukrainian).
4. Karavayev T, Sviderskyi V. Perspektyvy rynku karbonatnykh napovnyuvachiv v Ukraini [Perspectives of carbonate fillers market in Ukraine]. *Commodities and Markets*. 2011; 12(2): 18-26. (in Ukrainian).
5. Gerasin VA, Kurenkov VV, Pashkov OV, Ilyin SO. Structure and rheology of aqueous poly(vinyl acetate) dispersions modified with montmorillonite. *Colloid J*. 2017; 79: 588-595. doi: 10.1134/S1061933X17050064.
6. Malkin AY, Kulichikhin SG. *Rheokinetics: rheological transformations in synthesis and reactions of oligomers and polymers*. John Wiley & Sons; 2008. 325 p.
7. Sikorsky O, Myronyuk O, Svidersky V. Rheological behavior of montmorillonite water suspensions in the presence of surfactants. *Chem Chem Technol*. 2015; 9(2): 237-240. doi: 10.23939/chcht09.02.237.
8. Merezko N, Shul'ga O. Reologichni vlastyvoli vodnykh dyspersii modyfikovanogo kaolinu [Rheological properties of aqueous dispersions of modified kaolin]. *Tovar i Rynky*. 2014; (1): 110-117. (in Ukrainian).
9. Dumitri P, Jitaru I. The influence of rheology modifiers and dispersing agents on the quality of water-based decorative paints. *Rev Chim*. 2010; 61(7): 651-656.
10. Saienko NV, Bikov RA, Popov YV, Demidov DV, Younis B. The effect of silicate fillers on adhesion and adhesion strength properties of water-based coatings. *Key Eng Mater*. 2020; 864: 73-79. doi: 10.4028/www.scientific.net/kem.864.73.
11. Rahman IA, Padavettan V. Synthesis of silica nanoparticles by sol-gel: size-dependent properties, surface modification, and applications in silica-polymer nanocomposites – a review. *J Nanomater*. 2012; 2012: 132424. doi: 10.1155/2012/132424.
12. Yang XH, Zhu WL. Effects of fumed silica on the viscosity of acrylic latex system. *J Dispers Sci Technol*. 2006; 27(6): 789-794. doi: 10.1080/01932690500468789.
13. Saienko N, Bikov R, Skripinets A, Demidov D. Research of the influence of silicate fillers on water absorption and microstructure of styrene-acrylic dispersion coatings. *Mater Sci Forum*. 2021; 1038: 61-67. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1038.61.
14. Krykh GB. *Vyznachennya reologichnykh parametriv ridyn za konsyistentnyimi zminnyimi* [Determination of rheological parameters of liquids by consistent variables]. Lviv: Lvivska Politehnika; 2011. p. 126-131. (in Ukrainian).