

7. Markin, V. S. Energy transduction between a concentration gradient and an alternating electric field [Text] / V. S. Markin, T. Y. Tsong, R. D. Astumian, and R. Robertson // J. Chem. Phys. – 1990. – № 93. – P. 5062-5066.
8. Markin, V. S. Frequency and concentration windows for the electric activation of a membrane active transport system [Text] / V. S. Markin, T. Y. Tsong // Biophys. J. – 1991. – № 59 (6). – P. 1308-1316.
9. Chen, Y. Comparison of kinetics of formation of helices and hydrophobic core during the folding of staphylococcal nuclease from acid [Text] / Y. Chen, T. Y. Tsong, // Biophys. J. – 1994. – № 66. – P. 2151-2158.
10. Rozenbaum, V. M. Catalytic wheel as a Brownian Motor [Text] / V. M. Rozenbaum, D.-Y. Yang, S. H. Lin, T.Y. Tsong // J. Phys. Chem. B. – 2004. – 108. – P. 15880-15889.
11. Корочкова, Т. Е. Молекулярный насос, управляемый флуктуациями электрического поля [Текст] / Т. Е. Корочкова, В. М. Розенбаум; под ред. П. П. Горбика // Химия, физика и технология поверхности. – 2006. – Вып. 11-12. – С. 29–40.
12. Gomez-Marin Two-state flashing molecular pump [Text] / Gomez-Marin, J. M. Sancho // EPL 86. – 2009. – P. 40002.
13. Rozenbaum, V. M. Adiabatically driven Brownian pumps [Text] / V. M. Rozenbaum, Yu. A. Makhnovskii, I. V. Shapochkina, S.-Y. Sheu, D.-Y. Yang, S. H. Lin // Phys. Rev. E. – 2013. – 88, No. 1. – 012104-1-7.
14. Risken, H. The Fokker-Planck Equation [Text] / H. Risken. – Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York – Tokyo, XVI, 454 p.
15. Rozenbaum, V. M. Brownian motor with competing spatial and temporal asymmetry of potential energy [Text] / V. M. Rozenbaum, T. Ye. Korochkova, A. A. Chernova and M. L. Dekhtyar // Phys. Rev. E. – 2011. – 83, No. 5. – 051120-1-10.
16. Корочкова, Т. Е. Точные аналитические решения в теории броуновских моторов и насосов. [Текст] / Т. Е. Корочкова, Н. Г. Шкода, А. А. Чернова, В. М. Розенбаум // Поверхность – 2012. – № 4(19). – P. 19–35.

*В статті представлено дослідження процесу піноутворення бінарних сумішей поверхнево активних речовин (ПАР) на основі комплексного визначення його фізико-хімічних, технологічних характеристик. На основі отриманих результатів дослідження визначено кількісні характеристики процесу піноутворення бінарних сумішей ПАР. Визначено оптимальне співвідношення компонентів у суміші та робочі концентрації розчинів з метою їх ефективного застосування в різних процесах обробки текстильних матеріалів*

*Ключові слова: піноутворення, поверхнево-активні речовини, бінарні суміші, дисперсні системи, опорядження*

*В статье представлено исследование процесса пенообразования бинарных смесей поверхностно-активных веществ (ПАВ) на основе комплексного анализа их физико-химических и технологических свойств. На основе полученных результатов исследования определены количественные характеристики процесса пенообразования бинарных смесей ПАВ. Определено оптимальное соотношение компонентов в смеси и рабочие концентрации растворов с целью их эффективного применения в различных процессах обработки текстильных материалов*

*Ключевые слова: пенообразование, поверхностно-активные вещества, бинарные смеси, дисперсные системы*

УДК 661.185:66.063.6

## ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ПІНОУТВО- РЕННЯ В РОЗЧИНАХ ПОВЕРХНЕВО- АКТИВНИХ РЕЧОВИН

**О. А. Параска**

Кандидат технічних наук, доцент\*

E-mail: olgaparaska@gmail.com

**С. А. Карван**

Доктор технічних наук, доцент, професор\*\*

E-mail: karvan@ukr.net

**Т. С. Рак**

Аспірант\*

E-mail: raktetyana@mail.ru

\*Кафедра хімічної технології\*\*\*

\*\*Кафедра хімії\*\*\*

\*\*\*Хмельницький національний університет

вул. Інститутська, 11,

м. Хмельницький, Україна, 29016

### 1. Вступ

Важливим завданням перед фахівцями підприємств текстильної промисловості є створення но-

вих технологій, що забезпечують скорочення витрат тепла, електроенергії, води, барвників та текстильно-допоміжних речовин (ТДР) при одночасному збереженні і забезпеченні високої якості продукції [1]. Для

текстильної галузі України ця проблема є особливо актуальною у зв'язку з високими витратами енергоносіїв на виробництво продукції.

Опорядження текстильних матеріалів є однією із найважливіших технологічних операцій, що визначає основні експлуатаційні характеристики та конкурентоспроможність виробів. Для забезпечення рентабельності вітчизняної продукції впроваджуються технології, що характеризуються: низькою температурою здійснення; суміщенням технологічних операцій і процесів, тобто зменшенням їх кількості; скороченням часом технологічного циклу; зниженням витрат електроенергії, води і хімічних реагентів, в тому числі за рахунок розпилення розчинів і застосування пінних систем; повторного використання води; застосування нових видів енергії [2].

Широке застосування композицій на основі поверхнево-активних речовин (ПАР) в складах ТДР обумовлено, з одного боку, необхідністю використання ресурсозберігаючих технологій, а з другого – посиленням вимог до екологічної безпеки текстильної продукції [3]. Розробка оптимальних умов використання компонентів складів для обробки текстильних матеріалів при їх мінімальних витратах можлива тільки на основі знань про фізико-хімічні основи їх дії, закономірності процесу їх адсорбції і вплив на поверхневі властивості волокон.

ПАР використовують у різних процесах як мийні агенти, пом'якшувачі, змочувачі, для стабілізації дисперсних систем: емульсій, піни, суспензій [4, 5]. При створенні мийних засобів для здійснення процесів в автоматичних машинах (пральних, посудомийних, хімічного чищення) доцільним є використання ПАР з низькою піноутворювальною здатністю, але з високою мийною дією. Це обумовлено тим, що сильнопінні засоби, особливо зі стійкою піною, ускладнюють зливання відпрацьованих мийних розчинів, погіршують якість полоскання матеріалів та сприяють залишкам забруднень на них. Тому важливо вивчати закономірності процесу піноутворення ПАР та їх сумішей, оскільки вони маловивчені та характеризуються складністю методів дослідження.

## 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Здатність препаратів створювати піну впливає на ефективність їх застосування в конкретних технологічних процесах. Піни – термодинамічно нестійкі системи, тому що при вспінюванні рідини відбувається збільшення вільної енергії системи за рахунок різкого зростання міжфазної поверхні. Для утворення стабільної піни, крім введення в систему газу необхідно досягти зниження поверхневого натягу. Це забезпечується за рахунок додавання ПАР. ПАР, що стабілізують піни, утворюють мономолекулярні шари з кожної сторони плівки. Орієнтація відбувається таким чином, що гідрофобна частина молекули спрямована у бік газу. Адсорбційні шари створюють умови для утворення плівок з порівняно стійкими каркасами, і відповідно для утворення пін різної стійкості. Руйнування піни відбувається тому, що плівка, яка розділяє бульбашки газу, намагається зменшити вільну енергію системи за рахунок скорочення поверхні, збираючись

в одну краплю, а їй перешкоджає адсорбція ПАР на межі поділу фаз. Таким чином, стабільність піни залежить від структури, концентрації та здатності ПАР до адсорбції, тому потребує комплексного дослідження для ефективного застосування в конкретних технологічних процесах.

Піноутворення використовується в багатьох технологічних процесах як цільовий, або як небажаний (побічний) продукт [5]. Однак в обох випадках піноутворення впливає на проведення технологічних процесів і якість продукції. В певних технологічних процесах необхідно застосовувати пінні системи, як ефективні емульгатори, диспергатори, солубілізатори, детергенти, антистатики, кондиціонери, тощо. А отже, потрібні показники їх ефективності, виражені чисельно, для порівняння, аналізу та прогнозування дії сумішей ПАР.

Наприклад, в пожежогасінні значення пін виняткове, оскільки піни, які використовуються при гасінні пожеж, зазвичай містять у вигляді дисперсної фази карбон діоксид. Така піна при нанесенні на предмети, що горять, перешкоджає доступу до них повітря і сприяє загасанню вогню.

У нафтогазовій промисловості піна використовується при бурінні свердловин і розкритті продуктивних пластів. Видобута порода виноситься за допомогою піни, що рухається з великою швидкістю вгору по кільцевому простору. Застосування піни в цій галузі забезпечує високу ефективність буріння в складних умовах.

На санітарних звалищах замість присипки шарів сміття землею рекомендовано наносити рідку піну, що забезпечує кращий розклад органічних відходів, придатних до компостування.

В роботах [1, 2] розглянуто особливості застосування пінних технологій в текстильній промисловості, показано, що використання пінних технологій в значній мірі сприяє покращенню екологічної безпеки процесу. Сутність технології полягає в заміні більшої частини рідини в пінних системах на повітря, в результаті чого від 3 до 4 разів знижується вологовміст обробленого текстильного матеріалу, скорочуються витрати енергії в процесах теплової обробки, зменшується обсяг промислових стічних вод.

Виробничий досвід [3, 5] підтверджує доцільність та ефективність застосування пінних систем на етапі підготовки текстильних матеріалів в процесах емульгування, шліхтування, вибілювання (включаючи оптичні відбілювачі), мерсеризації бавовняних і карбонізації вовняних тканин. Пінне фарбування текстилю може здійснюватися при модулі ванни від 5 до 10 з економією води до 30 %, енергії – до 40 %, ТДР – до 50 %. Можливість регулювання товщини шару нанесеної піни дозволяє збільшити ступінь фіксації барвників, знизити їх міграцію (за умови достатньо високої розчинності) з отриманням досить інтенсивних, рівних і міцних забарвлень.

У процесах пінного друку істотно знижується витрата загусників: для активних барвників – на 65 %, пігментів – на 50 %, дисперсних барвників – на 60 %. При цьому забезпечується м'якість грифу текстильного матеріалу, підвищується якість візерунків. У разі друкування пігментами (більше 80 % набивного

текстилю у світі) виключається застосування вибухо- і пожежонебезпечних емульсійних загусників, можливо суміщення процесу пігментного друку з обробкою тканин спіненими латексами. При використанні активних барвників ступінь їх ковалентного фіксації збільшується з ростом кратності друкованої піни, інтенсифікується процес промивки надрукованого матеріалу, знижується температура і тривалість його теплової обробки.

Аналіз процесів заключної обробки показує [1, 2, 6], що використання пінних складів з низьким вмістом водної фази, дозволяє збільшити продуктивність роботи сушильно-ширильного обладнання від 1,5 до 2 разів, знизити температуру обробки на 15–20 °С. При цьому знижується виділення формальдегіду, поліпшується якість загальних і спеціальних видів заключної обробки (незминальність, формостійкість, гідро- і олеофобність та ін).

Необхідною умовою виготовлення продукції високої якості в харчовій промисловості, є постійний контроль утворення піни. Наприклад, при виробництві соків окрім зменшення виключення сахарози, піна в дифузійних апаратах значно ускладнює циркуляцію, сприяє надмірному ущільненню стружки, яка порушує оптимальний режим роботи і зменшує її продуктивність. Піноутворення погіршує умови очищення, фільтрації соків і знецукрення осадів, ускладнює процеси варіння і центрифугування. Це призводить до збільшення насичення кольору напівпродуктів, підвищує вихід патоки, погіршує якісні показники цукру і знижує його вихід, який негативно відображається на техніко-економічних показниках.

За допомогою спінювання і подальшого видалення піни можна очищати деякі рідини від поверхнево-активних домішок, що містяться в них, переходом при спінюванні в піну. І навпаки, користуючись тим же прийомом, з розчину можна отримувати цінні ПАР, що містяться в ньому.

Дослідження показують [4, 8], що у процесах хімічного чищення і прання, надмірне піноутворення є негативним чинником. Великі об'єми піни у барабані пральної машини призводять до збільшення часу полоскання і кількості витраченої води, що ускладнює перебіг технологічного процесу. Рівень піни при пранні не повинен перевищувати верхній край люка в машинах з фронтальним завантаженням, оскільки велика кількість піни, що утворюється, погіршує результат прання і може вивести з ладу пральну машину.

Аналіз науково-технічної літератури свідчить про те, що процеси піноутворення в розчинах ПАР характеризуються складністю та багатофакторністю. В літературі наводяться особливості піноутворення індивідуальних ПАР, однак дослідження процесів піноутворення сучасних сумішей ПАР недостатньо вивчено. В літературі описані ПАР різних класів, однак немає кількісних показників їх ефективності. До сьогодення відсутні стандартні методики дослідження конкретної фізико-хімічної дії пінних систем в технологічних процесах, наприклад, емульгування або солюбілізації. На жаль, між практичними і фізико-хімічними характеристиками пінних систем немає достовірної кореляції.

Тому дослідження, засновані на науковому обґрунтуванні інтенсифікації процесів опорядження виробів з використанням пінних композицій для надання текстильним матеріалам комплексу цінних властивостей, є актуальним завданням і представляє науковий і практичний інтерес.

### 3. Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є вивчення закономірностей процесу піноутворення в розчинах ПАР та їх бінарних сумішей на основі комплексного визначення їх фізико-хімічних, технологічних характеристик.

Для досягнення поставленої мети передбачалось:

- дослідити кількісні показники піноутворення бінарних сумішей ПАР;
- оцінити вплив фізико-хімічних та колірних властивостей сумішей ПАР на процес піноутворення;
- провести комплексний аналіз параметрів пінноутворення сумішей ПАР;
- обґрунтувати ефективність застосування досліджуваної суміші в конкретних технологічних процесах обробки виробів.

В дослідженнях використовували ПАР, які випускаються в Україні та за кордоном: LAS-80 (Китай), Empicol (Франція), ОС-20 (ГОСТ 10730-82), твін-80 (ТУ У 24.5-25066661-004:2008), неол (ТУ 2483-077-05766801-98), стеарокс-6 (ГОСТ 8980-75), омеро-16 (ТУ У24.6-33781676-016:2008), діетаноламід [3].

Характеристика використаних в дослідженнях ПАР наведена в табл. 1.

Оскільки піни є нестійкими дисперсними системами, і за певних умов піноутворення з одного об'єму різних розчинів утворюються різні об'єми піни, то до теперішнього часу немає універсального критерію, який би однозначно оцінював пінні системи в будь-яких умовах [8].

Для оцінки якості піноутворювальних властивостей розчинів ПАР та їх сумішей використовують різні критерії: кратність піни, стабільність (стійкість) і дисперсність піни.

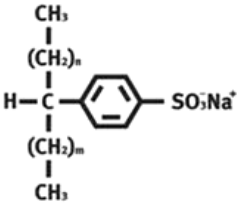
Комплексною характеристикою, що враховує максимальний за даних умов об'єм піни і час її життя є піноутворювальна здатність розчину. Кількісно вона виражається об'ємом піни (або висотою пінного стовпа), який можна отримати в конкретних умовах (спосіб піноутворення, температура, концентрація ПАР, рН, і т. д.) з певного об'єму розчину.

Під стійкістю піни в загальному випадку розуміють її здатність зберігати незмінними часі основні параметри: дисперсність бульбашок, вміст рідини (кратність) і об'єм піни в цілому. В якості простої кількісної міри стійкості часто використовують час руйнування.

Основною і найбільш ефективною методикою визначення піноутворювальної здатності розчинів є метод виливання Росса-Майлса (ДСТУ ISO 696: 2005). Цей метод прийнятий в багатьох країнах в якості стандартного.

Розміри бульбашок піни та їх розподіл за величиною визначали за допомогою системи автоматичного аналізу дисперсних систем методом Канні [9, 10].

Характеристика досліджуваних ПАР

ПАР	Хімічний склад	Використання
LAS-80 (Китай)	Суміш натрієвих солей алкілбензолсульфокислот 	Виробництво СМЗ, автокосметики, процеси органічного синтезу, а також інші галузі промисловості
Емрікол (Франція)	Додецилсульфат $C_{12}H_{25}NaO_4S$	Виробництво шампуней, рідкого мила, пін для ванн; загущувач для аніонних ПАР
Діетаноламід (Китай)	Діетаноламід жирних кислот кокосової олії $C_{11}H_{23}CO-N(CH_2CH_2OH)_2$	Стабілізатор, пом'якшувач, антистатик, загущувач, регулятор в'язкості композицій
Твін80- (Україна)	Оксиетильований складний моноестер ангідрогексавитів жирних кислот $C_{58}H_{114}O_{26}$	Емульгатор, стабілізатор
Неонол (Росія)	Оксиетильований нонілфенол, суміш ізомерів оксиетильованих алкілфенолів на основі тримерів пропілену наступного складу: $C_9H_{19}C_6H_4O(C_2H_4O)_nH$ $n=9-10$	Виробництво мийних засобів технічного призначення, є компонентом автошампуней та зимової склоомивної рідини
Стеарокс-6 (Україна)	Суміш поліоксиетиленгліколевих естерів стеаринової кислоти $C_{17}H_{35}COO(C_2H_4O)_nC_2H_4OH$	Процеси опорядження хімічних волокон, емульгатор при виробництві штучних волокон
ОС20- (Україна)	Суміш поліоксиетиленгліколевих естерів вищих жирних спиртів $C_{18}H_{37}O(C_2H_4O)_20$	Вирівнювач, емульгатор, змочувач, детергент, антистатик
Омеро-16 (Україна)	Оксиетильовані метилові естери вищих жирних кислот ріпакової олії $R = C_{17} - C_{21}$ із ступенем оксиетильовання $n=16$ $C_{17}H_{33}CCO(CH_2CH_2O)_{16}H$ $C_{21}H_{41}CCO(CH_2CH_2O)_{16}H$	НПАР у рецептурах порошкоподібних та рідких СМЗ

#### 4. Визначення фізико-хімічних, технологічних характеристик процесу піноутворення бінарних сумішей ПАР

Для вибору оптимальних компонентів пінних систем для процесів миття та опорядження текстильних матеріалів визначали піноутворювальну здатність індивідуальних ПАР.

На рис. 1 представлена піноутворювальна здатність розчинів ПАР через 30 с і 5 хв відповідно. Піноутворювальну здатність ПАР при концентраціях розчину 1 г/л (рис. 1, а) і 2 г/л (рис. 1, б) оцінювали за висотою пінного стовпа,  $h$ , мм [1, 8].

Із рис. 1 видно, що найбільшою піноутворювальною здатністю володіє LAS-80. Найменшу здатність до спінування проявляють такі ПАР як діетаноламід, твін-80, стеарокс-3 та омеро-16. Це пояснюється тим, що LAS-80 краще розчиняється у воді і володіє високою емульгувальною здатністю. Дослідження показують, що при концентрації 2 г/л найбільшим показником піноутворення володіє Емрікол, який відповідає висоті пінного стовпа 160 мм. Слід відзначити, що порівняно з концентрацією розчинів 1 г/л при концентрації 2 г/л висота стовпчика піни більшості ПАР дещо підвищується.

Попередні дослідження показали, що LAS-80 володіє високими колоїдно-хімічними та технологічними властивостями [3], а також рекомендується для застосування в рецептурах мийних композицій. Бінарні суміші і складні багатоконпонентні системи на основі ПАР володіють кращими показниками ефективності, наприклад мийною, емульгувальною та змочувальною здатністю порівняно з індивідуальними ПАР. Тому вважався екологічним аспектом їх використання, для подальших досліджень обрано LAS-80 та омеро-16 [7, 11].

Піноутворювальну здатність сумішей омеро16- і LAS-80 визначали при різних співвідношеннях компонентів та робочих концентраціях розчинів. На рис. 2 представлено приклади залежності висоти піни сумішей ПАР ( $h$ , мм) залежно від вмісту омеро-16/LAS-80 ( $W$ , %) при концентрації  $1 \cdot 10^{-4} M$  через 30 с та 5 хв відповідно.

Із рис. 2 видно, що висота піни бінарної суміші зростає при збільшенні масової частки LAS-80, оскільки він є більш пінною ПАР. Через 5 хв спостерігається незначне зменшення висоти стовпа піни, що пов'язане з частковим руйнуванням дисперсної

системи. Аналогічна тенденція спостерігається для суміші ПАР при концентрації  $1,6 \cdot 10^{-3}$  М.

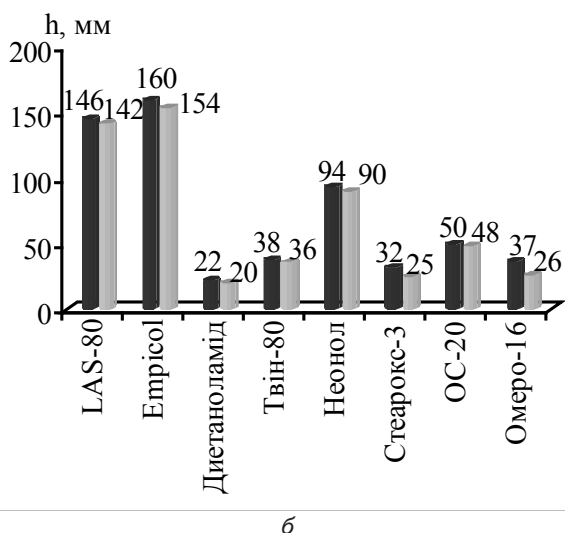
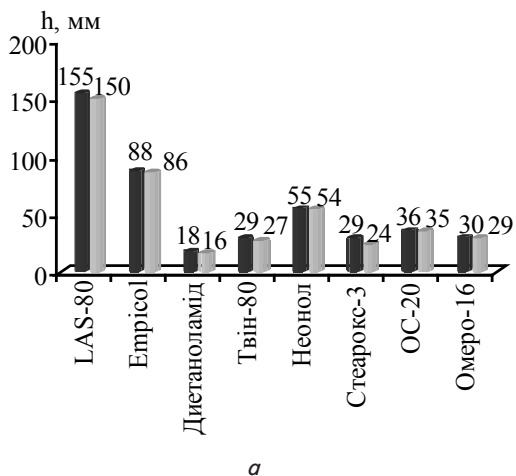


Рис. 1. Піноутворювальна здатність розчинів ПАР  
 ■ – висота стовпа піни через 30 с, □ – висота стовпа піни через 5хв: а – піноутворювальна здатність ПАР при концентраціях розчину 1 г/л; б – піноутворювальна здатність ПАР при концентраціях розчину 2 г/л

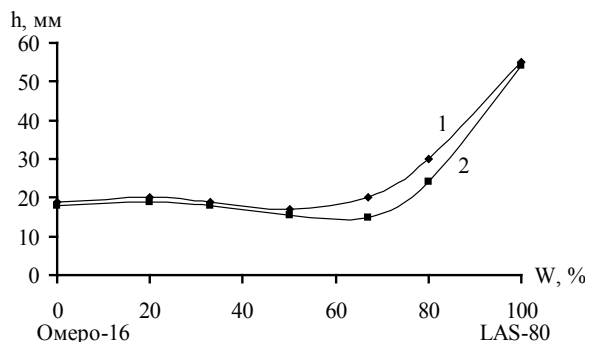


Рис. 2. Піноутворювальна здатність (h, мм) суміші омеро-16/LAS-80 (W, %): 1 – висота стовпа піни через 30 с; 2 – висота стовпа піни через 5 хв

Для ефективного використання суміші ПАР в технологічних процесах обробки текстильних

виробів визначали стійкість піни  $S_n$  % суміші омеро-16/LAS-80. Стійкість піни сумішей ПАР омеро-16/LAS-80 визначена при різних концентраціях розчину та мольному співвідношенні компонентів наведена у табл. 2.

Таблиця 2  
 Стійкість піни бінарної суміші омеро-16/LAS-80

См, моль/л	Мольне співвідношення омеро-16 / LAS-80						
	0/100	20/80	33/67	50/50	67/33	80/20	100/0
$10^{-5}$	100	75,0	100	100	100	0	0
$10^{-4}$	94,7	95,0	94,7	90,4	75,0	80,0	98,2
$1,6 \cdot 10^{-4}$	100	95,5	95,5	94,7	90,6	91,7	84,3
$4 \cdot 10^{-4}$	96,7	90,3	94,1	96,8	98,1	95,2	93,8
$8 \cdot 10^{-4}$	97,7	97,6	98,6	96,8	98,1	100	95,8
$1,6 \cdot 10^{-3}$	65,7	70,2	73,7	77,3	68,7	86,8	95,4
$2,4 \cdot 10^{-3}$	22,2	66,7	14,0	92,8	80,5	47,6	95,3
$4 \cdot 10^{-3}$	7,4	54,0	35,3	34,7	44,8	42,6	94,8

Дослідження показують, що найбільший показник стійкості піни при концентрації 1 г/л досягається при співвідношенні омеро-16 і LAS-80 – 33/67 %, а при концентрації  $1,6 \cdot 10^{-3}$  М при співвідношенні омеро-16 і LAS-80 – 67/33 %.

Враховуючи одержані дані, найбільш доцільним є використання суміші ПАР при концентрації  $1,6 \cdot 10^{-3}$  М, оскільки в даному випадку спостерігаються вищі показники стійкості піни, що є позитивним чинником в процесі обробки текстильних матеріалів.

Для вибору оптимальних параметрів використання пінних систем, необхідно досліджувати наступні показники спінених композицій: кількість бульбашок в об'ємі піни, їх діаметри, час протягом якого піна зберігає свої властивості. Як відомо з практичного досвіду, дослідження пінних систем характеризується певною складністю. Застосування сучасних методів дослідження дозволяє швидко і точно отримувати результати вимірювань. З метою автоматичного отримання статистичних даних, що характеризують дисперсну систему, проведено ряд перетворень вхідних даних – зображення піни [9, 10]. Метод Канні дозволяє швидко та якісно зробити обробку зображень піни та визначити розподіл радіусів бульбашок, що є важливим при виборі компонентів для складу мийних композицій.

Практичне застосування опоряджувальних пінних систем дає можливість визначити необхідні інтервали значень параметрів, які характеризують їх будову, властивості та забезпечують отримання прогнозованих результатів в різних технологічних процесах [8, 11].

Вплив показників пінних систем на перебіг технологічних процесів наведено в табл. 3 [5].

Представлені дані (табл. 3) мають усереднене значення і можуть коливатися в достатньо широких межах залежно від ПАР, які входять до складу композиції та їх концентрації. Слід відмітити, що дисперсні системи, які використовуються для друкування текстильних матеріалів, мають інші характеристики будови, ніж опоряджувальні піни з аналогічними параметрами.

Характеристики кратності піни суміші ПАР омеро-16/LAS-80 при різних концентраціях та співвідношеннях компонентів наведені в табл. 4.

Таблиця 3

## Властивості опорядчувальних дисперсних систем

Застосування піни	Співвідношення сферичних і багатогранних комірок	Середній діаметр бульбашок $d_{cp} \cdot 10^6$ , м	Кратність піни, $\beta$	Період напіврозпаду, $t_{1/2}$ , хв	Товщина стінки, $l_w \cdot 10^6$ , м
Шліхтування	40/60	180–210	15–22	15–20	2–5
Мерсеризація	50/50	140–170	12–18	10–15	4–8
Карбонізація	70/30	90–120	10–15	15–18	5–10
Відбілювання	60/40	110–130	10–15	5–15	5–10
Фарбування	70/30	90–140	2–5	120–72000	15–20
Друкування	100/0	40–60	10–25	5–35	3–6
Заключне оброблення	80/20	100–110	8–12	10–40	5–10

забруднень з текстильних матеріалів та процесів опорядження є співвідношення омеро-16/LAS-80 33/67 % при концентрації розчину  $1 \cdot 10^{-4}$  М.

## 5. Висновки

На основі комплексного дослідження властивостей сумішей визначено характеристики процесу піноутворення бінарної суміші ПАР омеро-16/LAS-80. Показано, що застосування пічних композицій дозволяє зменшити

робочі концентрації сумішей, що дає можливість перейти до ресурсозберігаючих, маловідходних технологій, зменшити енерговитрати, покращити екологічну безпеку процесу, а також дозволяє зменшити витрати речовин та суттєво знизити вартість обробки.

Визначено оптимальне співвідношення компонентів суміші ПАР омеро-16/LAS-80, яке складає 33/67 %, для ефективного використання в процесах миття та опорядження виробів. Зокрема, використання бінарної суміші омеро-16/LAS-80 при створенні пом'якшувачів і кондиціонерів для текстильних виробів є доцільним, оскільки в процесі обробки відбувається пом'якшення поверхні матеріалів.

Визначено кількісні показники піноутворювальної здатності бінарної суміші ПАР, їх зв'язок з технологічними властивостями і конкретним призначенням.

Таблиця 4

## Кратність піни бінарної суміші омеро-16/LAS-80

$C_M$ , моль/л	Мольне співвідношення омеро-16 / LAS-80						
	0/100	20/80	33/67	50/50	67/33	80/20	100/0
$10^{-5}$	5,4	3,1	3,1	1,5	1,5	0	0
$10^{-4}$	14,6	15,4	14,6	13,2	15,4	23,1	42,3
$1,6 \cdot 10^{-4}$	17,7	16,9	16,9	14,6	24,6	27,7	53,8
$4 \cdot 10^{-4}$	23,1	23,8	26,2	23,8	40,8	48,5	86,9
$8 \cdot 10^{-4}$	33,1	31,5	54,6	47,7	79,2	76,9	92,3
$1,6 \cdot 10^{-3}$	76,2	74,5	72,3	61,5	60,7	88,2	100
$2,4 \cdot 10^{-3}$	34,6	34,6	33,1	74,6	66,9	64,6	115,4
$4 \cdot 10^{-3}$	73,1	48,5	26,2	37,7	80,8	77,7	119,2

Таким чином, враховуючи одержані дані, оптимальним співвідношенням компонентів бінарної суміші ПАР для їх високої ефективності видалення

## Література

- Сафонов, В. В. Перспективы развития технологии отделки текстильных материалов [Текст] / В. В. Сафонов // Текстильная промышленность. – 2005. – № 7-8. – С. 57–66.
- Міщенко, Г. В. Основні напрямки у технології опорядження текстильних матеріалів [Текст] / Г. В. Міщенко, О. В. Погоріла // Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины. – 2002. – № 6. – С. 49.
- Raw Materials for Textile Auxiliaries [Text] // Evonik Industries, Catalog, Germany. – 2014. – № 2 – P. 2–16.
- Antifoams [Text] : // Evonik Industries, Catalog, Germany, 2012. – № 38 – P. 1–5.
- Schramm, L. Laurier. Surfactants and their applications [Text] / Laurier L. Schramm, Elaine N. Stasiuk and D. Gerrard Marangoni // Annu. Rep. Prog. Chem., Sect. – 2003. – № 99 – P. 3 – 48.
- Weaire, D. L. The Physics of Foams [Text] / D. L. Weaire, S. Hutzler. – Oxford University Press, 2001. – 246 p.
- Salerno, A. Effect of blowing agent composition and processing parameters on the low temperature foaming of poly(L-lactide/caprolactone) co-polymer by means of supercritical CO<sub>2</sub>/ethyl lactate binary mixtures [Text] / Aurelio Salerno, Concepción Domingo // The Journal of Supercritical Fluids. – 2013. – Vol. 84. – P. 195–204.
- Paraska, O. The determination of the parameters of foaming [Text] : inter. scien. conf. / O. Paraska, V. Stopchak, M. Odarchuk // Sesje studenckich kół naukowych, Crakow, Poland, 9 May, 2013. – P. 59–60.
- Chervonyuk, D. Foaming in mixtures of surfactants [Text] / D. Chervonyuk, S. Karvan, O. Paraska, Yu. Kl'ots // 59 SEPAWA Congress and European detergents conference: Congress Catalog, Fulda, Germany, 2012. – P. 16.
- Кльоц, Ю. П. Метод ідентифікації бульок піни на зображеннях [Текст] / Ю. П. Кльоц // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2012. – № 5. – С. 200–204.
- Paraska, O. The creation of high- and low-foaming surfactant compositions for the technological processes of production of textile materials [Text] / O. Paraska, S. Karvan, T. Rak // UTIB VI th International R&D Project Brokerage Event In Turkish Textile and Clothing Sector Bursa, Turkey, 3-4 April 2014. – P. 68.