

УДК 666.973.6

Ковалик І.В., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОЇ ПІНИ

В статті представлено теоретичні дослідження з визначення основних показників піни (піноутворююча здатність та кратність) для білкових і синтетичних розчинів ПАР. Отримані теоретичні залежності та доведена їхня адекватність на основі наших досліджень та досліджень інших авторів.

The theoretical research of foam quality indexes determination (foaming possibility and multiplicity of foam) for albuminous and synthetic solutions of surfactants is shown in the article. The theoretical dependencies are obtained and their adequacy was proved on the basis of our researches and the researches of other authors.

Якісні показники поризованих піною матеріалів (піногіпс, пінобетон, пінокераміка) значною мірою залежать від її параметрів – кратності, стійкості та ін. У даній статті пропонується експериментально-розрахункова методика прогнозування і розрахунку кратності піни залежно від виду ПАР, концентрації їх розчинів, умов диспергування, а також проектування піни із заданими параметрами.

Кратність піни визначається як відношення об'єму піни V_n до об'єму розчину ПАР V_p :

$$\beta_n = V_n / V_p = (V_p + V_z) / V_p = 1 + V_z / V_p, \quad (1)$$

де V_z – об'єм газу (повітря) в піні [1].

Спираючись на відомі уявлення і базові закономірності колоїдної хімії [2, 3], можна стверджувати, що кратність піни згідно рівняння (1) визначиться за залежністю:

$$\beta_n = \frac{V_p + V_z}{V_p} = 1 + \frac{A_0 (\sigma_0 - a_n \ln(1 + 3,25^m C)) C}{I}, \quad (2)$$

де A_0 – коефіцієнт, який враховує умови диспергування розчину і клас ПАР; σ_0 – поверхневий натяг води; a_n – постійна для гомологічного ряду ПАР у піні; m – величина пропорційна номеру гомологічного ряду; C – концентрація розчину ПАР, %; I – інтенсивність диспергування розчину.

Для підтвердження адекватності отриманого рівняння (2) і визначення коефіцієнтів, що є його складовими, нами були проведені експериментальні дослідження. Досліджувалися піноутворювачі на основі білкової та синтетичної сировини (табл. 1).

Таблиця 1

Фізико-хімічні характеристики піноутворювачів

Найменування показників	Unisell (білковий)	Isocem S/B-P (білковий)	Reniment SB 31 L (білковий)	Фэлком (синтетичний)	Hostapur OSB (синтетичний)
Зовнішній вигляд	темно-коричнева рідина	темно-коричнева рідина	темно-коричнева рідина	однорідна рідина без розшарувань	однорідна рідина без розшарувань
Концентрація, %	30	30	30	30	30
Густина при 20 °С, г/см ³	1,3 (±5%)	1,15	1,15	1,04-1,05	1,04-1,05
Кратність піни	не менше 12	24-30	20-30	70	70
Стійкість піни, хв.	не менше 60	не менше 50	не менше 50	40	40
Дозування	135-210 г сухої речовини на 1 м ³ пінобетону	135-210 г сухої речовини на 1 м ³ пінобетону	135-210 г сухої речовини на 1 м ³ пінобетону	0,005-0,05 % маси на суху будівельну суміш	0,005-0,05 % маси на суху будівельну суміш
Термін придатності, місяць, не менше	12	12	12	18	18

Величина поверхневого натягу розчинів ПАР залежно від їх концентрації визначається рівнянням Б. Шишковського [3]:

$$\sigma = \sigma_0 - a \ln(1 + 3,25^m C), \quad (3)$$

де a – стала для гомологічного ряду ПАР;

Таблиця 2

Результати визначення поверхневого натягу досліджених розчинів ПАР

Назва ПАР	Середні значення поверхневого натягу для концентрацій, σ мН/м				Коефіцієнти рівняння (3)		S_a^2	F_p
	0,05%	0,10%	0,50%	1,00%	a	m		
Unisell	69,5	67,9	65,7	63,6	2,8	3	15,7	1,15
Isocem S/B-P	67,9	65,0	61,5	59,7	2,8	4	15,7	1,14
Reniment SB 31 L	68,0	65,7	61,5	59,7	2,8	4	14,9	1,09
Hostapur	36,6	34,0	29,7	28,4	2,8	14	14,9	1,09
Фелком	40,3	32,5	29,2	26,4	2,8	14	22,5	1,65

Для визначення поверхневого натягу в досліджуваних розчинах ПАР застосовувався метод підрахунку крапель при використанні сталагмометра – піпетки. Середні значення поверхневого натягу розглянутих розчинів ПАР, дисперсія адекватності та розрахункові критерії Фішера наведено в табл. 2. Дисперсія відтворюваності проведених досліджень при $f_1 = 40$ степенях вільності в наших дослідах становила $S_g^2 = 13,7$. Табличний критерій Фішера при надійності 95% $F_{0,95}(40, 8) = 2,18$ [4].

На рис. 1 представлені графіки залежності поверхневого натягу від концентрації розчинів досліджених синтетичних і білкових ПАР.

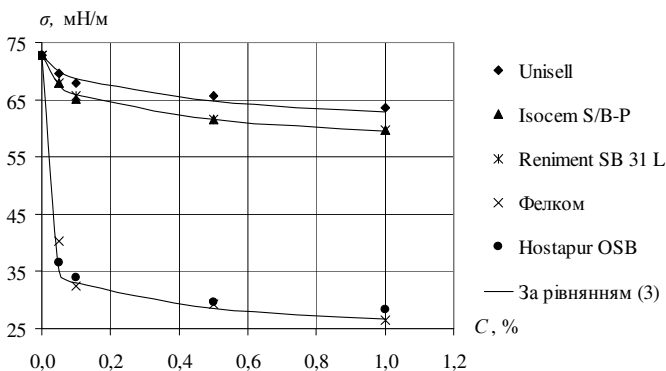


Рис. 1. Графіки залежності поверхневого натягу від концентрації розчинів досліджених синтетичних і білкових ПАР

З графіків наочно видно, що синтетичні ПАР мають значно більшу здатність знижувати поверхневий натяг, ніж білкові. Для них чітко просліджується і деяка оптимальна концентрація, що забезпечує близьке до мінімального значення поверхневого натягу.

Рівняння (3) адекватно описує експериментальні точки при відповідних значеннях коефіцієнтів a і m .

Були виконані експериментальні дослідження кратності піни для розчинів інших піноутворювачів ПАР вказаних в табл. 1. Диспергування водних розчинів відбувалось при максимальних обертах насадки міксеру ($I=1$). Середні значення кратності піни при трьохкратних повтореннях дослідів наведено в табл. 3.

На основі статистичної обробки наведених даних (табл. 3) розраховані коефіцієнти A_b , a_n і m рівняння (2). Коефіцієнт A_b для білкових ПАР коливаються в межах від 40 до 100, а для синтетичних дорівнює 2000. Коефіцієнт

a_n для наведених ПАР, виявився постійним і рівним $a_n = 3,96$. Коефіцієнт m для піноутворювачів на основі білкової сировини змінювався від 3 до 4, а для піноутворювачів з синтетичної сировини він виявився практично однаковим і рівним 14. Рівняння (2) для визначення кратності піни з визначеними розрахунковими коефіцієнтами адекватно враховує вид ПАР та концентрацію їх розчинів.

Таблиця 3

Результати досліджень кратності піни розчинів білкових і синтетичних ПАР

Назва ПАР	Кратність піни при концентраціях					Коефіцієнти рівняння (2)			S_a^2	F_p
	0,50%	1,00%	1,50%	2,00%	2,50%	A_o	a_n	m		
Unisell	2,05	3,15	4,65	5,87	6,25	40	3,96	3	0,73	1,16
Isocem S/B-P	3,53	4,83	6,73	8,19	8,52	100	3,96	4	0,85	1,27
Reniment SB 31 L	4,11	5,40	6,15	7,50	9,32	100	3,96	4	0,82	1,16
Hostapur OSB	10,98	13,48	16,55	17,60	17,99	2000	3,96	14	0,92	1,39
Фелком	11,31	14,31	15,43	17,08	18,92	2000	3,96	14	0,83	1,27

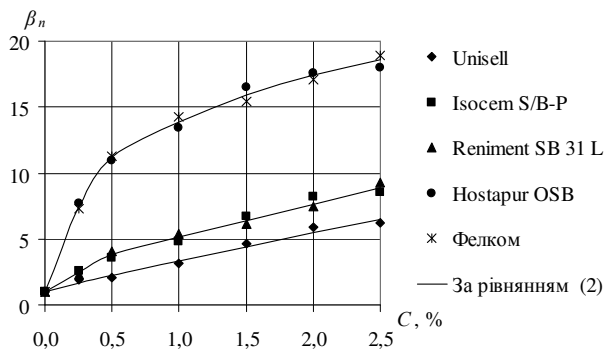


Рис. 2. Графіки залежності кратності піни від концентрації розчинів для білкових і синтетичних ПАР

На рис. 2 побудовані графіки залежності кратності піни, досліджуваних водних розчинів ПАР, від концентрації. Аналіз даних рис. 1 і рис. 2 показує чіткий взаємозв'язок показників кратності піни утворених розчином ПАР при

певній концентрації та інтенсивності перемішування з величиною поверхневого натягу.

У табл. 4 та на рис. 3 наведені значення кратності піни залежно від типу ПАР та концентрації їх розчинів отриманні іншими авторами [5].

Таблиця 4

Кратність піни залежно від концентрації піноутворювачів за даними [5]

Назва ПАР	Кратність піни при концентраціях					Коефіцієнти рівняння (2)			S_a^2	F_p
	0,50 %	1,00 %	1,50 %	2,00 %	2,50 %	A_0	a_n	m		
ПО-1	14,5	20,4	22,7	23,3	24,7	2470	3,96	14	0,83	1,24
НЧК	5,5	9,1	10,0	11,5	12,3	1070	3,96	14	1,50	2,24
СНВ	3,0	7,0	8,4	8,6	10,0	810	3,96	14	1,32	1,96
ЦНИИПС-1	2,8	3,0	3,5	5,0	5,2	370	3,96	14	0,71	1,06
Милонафт	2,5	3,7	7,6	10,1	12,4	70	3,96	1	5,49	1,10

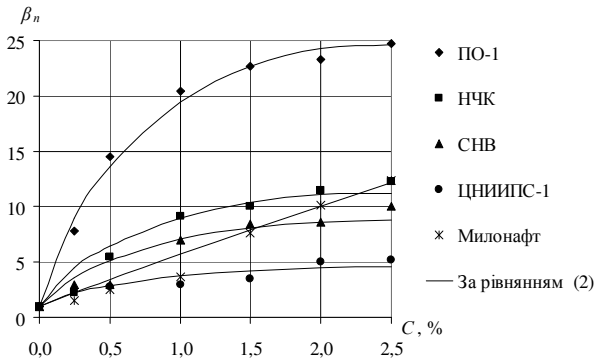


Рис. 3. Графіки залежності кратності піни від концентрації розчинів піноутворювача за даними [5]

На основі цих даних нами також були визначенні коефіцієнти A_0 , a_n і m , які дозволяють розрахувати показник кратності піни залежно від концентрації розчину певного піноутворювача. Встановлено, що за даними [5], як і за нашими експериментальними даними, найістотніше при розрахунку кратності, змінювався коефіцієнт A_0 , який визначається видом ПАР. Він змінюється в межах від 70 до 2470. Коефіцієнт a_n для наведених ПАР, виявився постійним і співпадає за величиною з отриманими нами значеннями для ін-

ших піноутворювачів ($a_n = 3,96$). Коефіцієнт m для піноутворювачів на основі білкової сировини виявився рівним $m = 1$, а для піноутворювачів з синтетичної сировини $m = 14$.

З рівняння (2), із відомими значеннями розрахункових коефіцієнтів, методом ітерації [6] можна визначити необхідну концентрацію піноутворюючого розчину для отримання піни заданої кратності:

$$C = \frac{(\beta_n - 1)I}{A_o (\sigma_o - a_n \ln(1 + bC))}. \quad (4)$$

Задача проєктування піни при отриманні поризованого матеріалу полягає у визначенні залежності від заданих значень її об'єму, кратності, умов диспергування, необхідного об'єму розчину піноутворювача V_g з вихідною концентрацією C_g , %.

Порядок розрахунку наступний:

1. Методом ітерацій визначаємо концентрацію розчину піноутворювача, яка забезпечить необхідну кратність піни:

$$C = \frac{(\beta_n - 1)I}{A_o (\sigma_o - a_n \ln(1 + 3,25^m C))}.$$

2. Визначаємо об'єм розчину піноутворювача з концентрацією C , який необхідний для отримання заданого об'єму піни:

$$V_p = V_n / \beta_n.$$

3. Визначаємо необхідну масу піноутворювача (на суху речовину) для утворення розчину з концентрацією C :

$$Q = \frac{V_p C}{100}.$$

4. Визначаємо необхідний об'єм розчину піноутворювача з вихідною концентрацією C_g , %, для приготування піни:

$$V_g = \frac{Q}{C_g} 100.$$

Приклад розрахунку:

Для виготовлення 1 м^3 піногіпсу необхідно приготувати піну об'ємом $V_p = 800 \text{ л}$ з кратністю $\beta_n = 2$. Визначити необхідний об'єм розчину Ностарип OSB з вихідною концентрацією $C_g = 30 \%$ для приготування цієї піни.

Приготування піни виконується міксером ($A_o = 2000$). Інтенсивність перемішування розчину ПАР приймаємо $I = 1$. При використанні піноутворювача-

ча Hostapur OSB емпіричне значення номеру гомологічного ряду $m = 14$. Коefіцієнт $a_n = 3,96$.

1. Методом ітерацій визначасмо концентрацію розчину піноутворювача, яка забезпечить необхідну кратність піни:

$$C = \frac{(\beta_n - 1)I}{A_o (\sigma_o - a_n \ln(1 + 3,25^m C))} = \frac{(2 - 1)I}{2000(72,8 - 3,96 \ln(1 + 3,25^{14} 0,0222))} = 0,0222 \%$$

2. Визначаємо об'єм розчину піноутворювача з концентрацією $C = 0,0222 \%$, який необхідний для отримання заданого об'єму піни:

$$V_p = V_n / \beta_n = 800 / 2 = 400 \text{ л.}$$

3. Визначаємо необхідну масу піноутворювача (на суху речовину) для утворення розчину з концентрацією $C = 0,0222 \%$:

$$Q = \frac{V_p C}{100} = \frac{400000 \cdot 0,0222}{100} = 88,8 \text{ г.}$$

4. Визначаємо необхідний об'єм розчину піноутворювача з вихідною концентрацією $C_g = 30 \%$ для приготування піни:

$$V_g = \frac{Q}{C_g} 100 = \frac{88,8}{30} 100 = 296 \text{ мл.}$$

На підставі проведених експериментально-теоретичних досліджень отримані розрахункові залежності для визначення кратності піни на основі різних розчинів ПАР. Доведена адекватність отриманих рівнянь як на підставі наших експериментальних досліджень, так і даних інших авторів [5].

1. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. – 2-е изд., перераб. – М.: Химия, 1983. – 264 с. 2. Штюпель Г. Синтетические моющие и очищающие средства / пер. с нем., под ред. А.И. Гершеневича. – М.: Госхимиздат, 1960. – 672 с. 3. Курс коллоидной химии / под общей ред. А.П. Писаренко. – 3-е изд. – М.: Высшая школа, 1969. – 248 с. 4. Рекомендации по применению методов математического планирования эксперимента в технологии бетона. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1982. – 103 с. 5. Гаджилы Р.А., Меркин А.П. Поверхностно-активные вещества в строительстве. – Баку: Азербайджанское госиздательство, 1981. – 132 с. 6. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. Для научных работников и инженеров. Определения, теоремы, формулы / пер. с англ., под ред. И.Г. Арамановича. – М.: Наука, 1968. – 720 с.

Рецензент: д.т.н., проф. Дворкін О.Л. (НУВГП)