

УДК 532.613.2

Йовченко А.В., асист., Беспалько С.А., канд. техн. наук, доц.,
Рога М.П., асист., Поляков С.П., д-р техн. наук проф.,
Черкаський державний технологічний університет, Україна

ОТРИМАННЯ ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИХ СУСПЕНЗІЙ, ЩО ЗМІНЮЮТЬ СВІЙ АГРЕГАТНИЙ СТАН

Вступ. В даний час у зв'язку зі збільшенням вартості теплопостачання все більше і більше уваги приділяється розвитку систем акумулювання теплової енергії відновлювальних джерел. Одними з перспективних теплоакумулюючих матеріалів які можуть бути використані в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (ОВКП) є так звані фазозмінні суспензії (ФЗС), тобто суспензії що здатні змінювати свій агрегатний стан в області робочих температур. Зазвичай це суспензії типу вода-парафін і вони мають наступні переваги перед іншими теплоакумулюючими матеріалами: покращені теплоакумулюючі властивості за рахунок використання теплоти плавлення парафіну та високої теплоємності води; невеликі розміри теплоакумулюючого резервуару для зберігання суспензій у порівнянні з акумулюванням теплоти в резервуарі з водою; невеликі теплові втрати внаслідок ізотермічності процесу акумулювання; можливість транспортувати суспензію насосом; можливість заміни, в деяких випадках, традиційних теплоносіїв на суспензії, що здатна зазнавати фазовий перехід.

Однак на даний час технологія отримання та застосування ФЗС в системах акумулювання теплоти знаходяться на етапах розробки [1].

Мета та завдання. Метою даного експериментального дослідження було визначення оптимальної концентрації складових, а саме, води, парафіну та поверхнево-активних речовин (ПАР), для отримання стабільних суспензій (паст) типу «парафін у воді» та спостереження за їх стабільністю у часі.

Матеріал і результати досліджень. В якості фазозмінного матеріалу (ФЗМ) в більшості випадків використовують парафін, що складається з суміші переважно прямих ланцюгових n-алканів $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{CH}_3$. Кристалізація CH_3 -ланцюга виділяє велику кількість прихованої теплоти. Перевагами парафіну, як компоненту суспензії є: безпечність, екологічна чистота, хімічна інертність до матеріалів конструкції акумулятора, мала зміна питомого об'єму при плавленні-кристалізації.

Процес змішування парафіну та води відбувається в гомогенізаторах з додаванням неіоногенних поверхнево-активних речовин (ПАР) [2]. При цьому парафін утворює стабільну внутрішню фазу, а вода безперервну зовнішню фазу. До неіоногенних ПАР відносять ПАР серії Tween та Span, що мають гідрофільні та гідрофобні властивості відповідно.

ПАР серії Tween відрізняються довжиною вуглецевого ланцюга. Так Tween 20 має 12 атомів вуглецю, Tween 40 - 16 атомів вуглецю, Tween 60 - 18 атомів, Tween 80 - 18 атомів. В експериментальних дослідженнях для отримання суспензій типу «парафін у воді» використовували ПАР Tween 20, Tween 80, Span 20 та Span 80.

Порядок виконання експерименту для отримання пастоподібних, гелеподібних та текучих ФЗС:

1. Підігріту до $t=50$ °C дистильовану воду змішували з гідрофобною ПАР Span із застосуванням механічного пропелерного змішувача.
2. Розплавлений парафін змішували з гідрофільною ПАР Tween.
3. Безпосереднє перемішування сумішей вода-Span та парафін-Tween у водяній бані протягом 30 хв.
4. Після охолодження до кімнатної температури утворюється пластична паста чи

суспензія в залежності від концентрації компоненту ФЗМ.

Таким чином, варіюючи концентрацією основних компонентів можна створити пасти, гелі та суспензії з зазначеними властивостями, а саме: теплота фазового переходу, сумарна теплоємність акумулюючого матеріалу, температура фазового переходу, в'язкість, густина.

Застосування ПАР з так званими довгими вуглецевими ланцюгами (16 або 18 атомів вуглецю) приводить до утворення більш стабільних суспензій, які мають нижчий ступінь переохолодження завдяки утворенню більш компактних і упорядкованих адсорбційних шарів. Здатність ПАР стабілізувати суспензії типу «парафін у воді» визначається гідрофільною функціональною групою, такою як Tween 80 і помірно розвинутою гідрофобною частиною діфільної молекули – Span 20 [2]. У першому варіанті молекула ПАР вуглеводневою частиною розміщується в глобулі парафіну, а гідрофільною - у воді і захищає частинки дисперсної фази від коалесценції при їх зіткненні і, відповідно, запобігає наступному збільшенню розміру глобул. Фотографії отриманих зразків зображені на рис. 1.

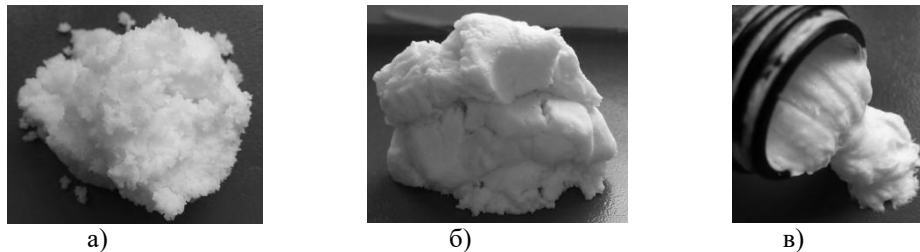


Рисунок 1 – Фото суспензій «парафін у воді», тривалість зберігання 3 міс.:
а) парафін 31,5%, води 63,5%, ПАР Tween 20 5%;
б) парафін 45%, вода 45%, ПАР Tween 80 10%
в) парафін 45%, вода 45% і 10% ПАР (Tween 80:Span 20, 1:1).

На рис. 1, а) зображена нестійка суспензія з використанням ПАР Tween 20. Для отримання стійких ФЗС необхідним є використання ПАР з гідрофобною та гідрофільною функціональною групою, тобто отримання гідрофобно-ліпофільного балансу (ГЛБ). Велике значення міжфазного натягу спостерігається при використанні ПАР з довгими вуглецевими ланцюгами. Для отримання стійких, пастоподібних сумішей необхідна концентрація ФЗМ 45% (рис. 1, б), для гелеподібних - 30-35% (рис.3, в). Для отримання текучих ФЗС максимальна концентрація ФЗМ складає 20%.

У пастоподібних суспензіях (див. рис. 1, б) через десять днів на дні пробірки утворився водний шар, у гелеподібних - через п'ять днів. Надалі даний процес протікав повільніше і, як правило, суспензія ставала стабільною.

Висновки: В результаті проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Для отримання стійких, пастоподібних сумішей необхідна концентрація ФЗМ 45%, для гелеподібних - 30-35%. Для отримання текучих ФЗС максимальна концентрація ФЗМ 20%.

2. Для отримання стійких суспензій необхідна бінарна суміш неіонних ПАР Tween та Span з ГЛБ 12. Мінімальна концентрація ПАР – 5%.

Для отримання дрібнодисперсних, стійких ФЗС необхідне подальше дослідження процесів емульгування в емульгаторах статичного та роторного типу, що будуть виконані в майбутніх працях.

Список використаних літературних джерел

1. J. Shao, J. Darkwa, G.Kokogiannakis, Review of Phase change emulsions (PCMEs) and their applications in HVAC systems, Energy and Buildings (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.03.003>.
2. Xiyao Zhang, Jian-yong Wu, Jianlei Niu, PCM-in-water emulsion for solar thermal applications: The effects of emulsifiers and emulsification conditions on thermal performance, stability and rheology characteristics /Solar Energy Materials & Solar Cells 147 (2016) 211–224.