

Список литературы: 1. Коломийцева М.Г. Микроэлементы в медицине / М.Г. Коломийцева, Р.Д. Габович. – М.: Медицина, 1979. – 288 с. 2. Большой Энциклопедический Словарь / под ред. Е.И. Лунина. – М.: научное издательство, 2000. – 792 с. 3. Семененко К.А. Аналитическая химия элементов. Марганец / К.А. Семененко, В.М. Иванов, Г.В. Прохорова. – М.: Наука, 1986. – 345 с. 4. Пешкова В.М. Методы абсорбционной спектроскопии в аналитической химии / В.М. Пешкова, М.И. Громова. – М.: Высшая школа, 1976. – 280 с.

Поступила в редколлегию 28.10.11

УДК 536:628.4.043/.045.002.8

О.Г. ЛЕВИЦЬКА, аспірант, ДДТУ, Дніпродзержинськ,
М.Д. ВОЛОШИН, докт. техн. наук, проф., ДДТУ, Дніпродзержинськ,
С.Х. АВРАМЕНКО, канд. техн. наук, доц., ДДТУ, Дніпродзержинськ

ТЕПЛОВІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСІВ ПЛАВЛЕННЯ-ОХОЛОДЖЕННЯ СИРОВИННОЇ СУМІШІ ІЗ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД І ВІДХОДІВ ПЛАСТИКУ, ЩО УТИЛІЗУЄТЬСЯ

В роботі визначені основні теплові закономірності, значення температур плавлення, питомі теплоємності та питомі теплоти плавлення сумішей осадів стічних вод і відходів поліетилену для виготовлення будівельних матеріалів, складені математичні рівняння теплових процесів, що протікають при утилізації відходів.

В работе определены основные тепловые закономерности, значения температур плавления, удельные теплоёмкости и удельные теплоты плавления смесей осадков сточных вод и отходов полиэтилена для изготовления строительных материалов, составлены математические уравнения тепловых процессов, протекающих при утилизации отходов.

Basically thermal appropriateness, melting temperature, specific thermal capacity and specific heat of fusion accounts of mixture of sludge and polyethylene wastes for building materials production were estimated in work, mathematical equalizations of thermal processes leaking as a result of wastes utilization.

Вступ. Утилізація відходів промислових виробництв сьогодні є одним із найефективніших вирішень проблеми забруднення довкілля. Зокрема, сучасним економічно та екологічно вигідним методом є переробка відходів у будівельні матеріали.

Часто промислові шлами використовують в якості щебеню для формування бетонної суміші. У випадку утилізації дрібнофракційних шламів доці-

льно використовувати технологію із нагріванням відходів разом із зв'язуючим до температури плавлення останнього та наступним охолодженням отриманої в'язкої суміші.

Таким чином можна виготовляти заповнювач для формування бувельних матеріалів, стінові блоки.

Подібні технології описані в [1, 2].

В роботі розглянуті сировинні суміші, що містять осади стічних вод та відходи поліетилену в якості зв'язуючого.

Постановка задачі. Для контролю перебігу технологічного процесу нагрівання необхідно знати оптимальні теплові залежності: температур нагрівання, плавлення та випаровування сировинних сумішей від витрати теплоти та температур нагрівання, плавлення та охолодження суміші від часу. Визначення цих залежностей і стало задачею роботи. При цьому графічно перевіряються значення температур нагрівання, розм'якшення, плавлення та охолодження суміші, граничні величини витрати теплоти на розплавлення для запобігання процесу випаровування пластикових мас.

Результати роботи. В основі розглянутих технологій по утилізації осаду стічних вод і пластику лежить процес плавлення. При підведенні теплоти суміш розм'якшується, досягає температури плавлення та плавиться протягом декількох хвилин. Після закінчення процесу плавлення пластик починає випаровуватись. На рисунках 1, 2 наведені залежності температур від витрати теплоти, необхідної для нагрівання і плавлення сумішей масою 1 кг, для виготовлення стінових блоків і щебеню.

Експериментально встановлені залежності температурних показників від теплових витрат. Ці дані позначені на рисунках 1, 2.

На ділянках *ab* рисунків 1, 2 відбувається нагрівання сумішей для виготовлення блоків і щебеню до температури її плавлення.

Ділянками *bc* на рисунках 1, 2 позначений процес повного плавлення сумішей із витратами теплоти, але без зміни температури. На ділянках *cd* рисунків 1, 2 відбувається випарювання поліетилену.

Експериментально встановлено, що температура розм'якшення сумішей для виготовлення блоків і щебеню дорівнює 114 °С.

За даними рисунків 1, 2 встановлено, що на досягання цієї температури при нагріванні сумішей масою 1 кг для виготовлення блоків і щебеню необхідно затратити відповідно $Q_p = 170$ кДж та $Q_p = 160$ кДж теплоти, – це і є кількості теплоти розм'якшення.

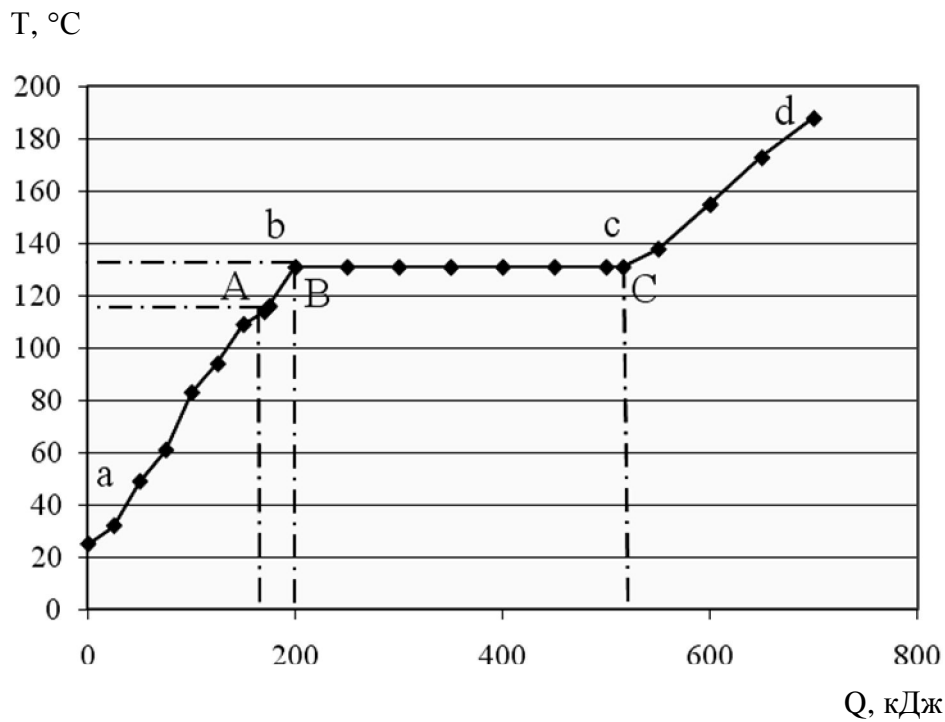


Рис. 1. Залежність температур від витрати теплоти, необхідної для нагрівання і плавлення суміші масою 1 кг, для виготовлення стінових блоків

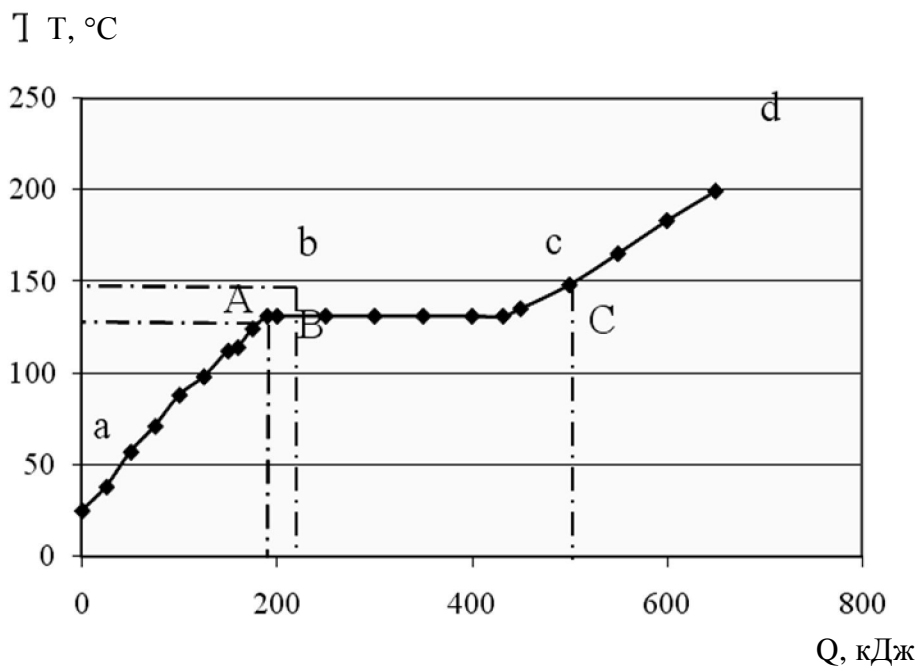


Рис. 2. Залежність температур від витрати теплоти, необхідної для нагрівання і плавлення суміші масою 1 кг для виготовлення щебеню.

Експериментально встановлено, що температура, при якій плавляться відходи поліетилену, дорівнює 131 °C. За даними рисунку 1 встановлено, що на досягання цієї температури при нагріванні сумішей для виготовлення бло-

ків і щебеню необхідно витратити відповідно $Q_n = 200$ кДж/кг та $Q_n = 190$ кДж/кг, – це і є кількості теплоти плавлення. Точки з координатами, що визначають температуру та теплоту плавлення, можна знайти при продовженні прямих ab та bc на рисунках 1, 2 і наступному визначенні їх точки перетину. Дані експериментальних та математичних визначень співпали, що свідчить про правильність проведення експерименту.

Точки із абсциссами, що позначають теплоту, необхідну для повного розплавлення 1 кг сумішей, визначаються шляхом продовження прямих bc та cd на рисунках 1, 2. Таким чином, загальна кількість теплоти, необхідна для розм'якшення, нагрівання і плавлення сумішей для виготовлення блоків і сумішей для виготовлення щебеню масою 1 кг, дорівнює відповідно $Q_{\text{заг.}} = 516$ кДж та $Q_{\text{заг.}} = 432$ кДж.

Питома теплоємність речовини визначається за формулою:

$$c = Q_n / [m(t_{\text{пл}} - t_0)]$$

У даному випадку $t_0 = 25$ °С. Після проведення розрахунків визначено, що питомі теплоємності суміші для виготовлення блоків і суміші для виготовлення щебеню дорівнюють відповідно $c = 1,887$ кДж/кг·°С та $c = 1,792$ кДж/кг·°С.

Питома теплота плавлення у випадку, коли $m = 1$, визначається за формулою:

$$\lambda = Q_{\text{заг.}} - Q_n$$

Питомі теплоти плавлення суміші для виготовлення блоків і суміші для виготовлення щебеню дорівнюють відповідно $\lambda = 316$ кДж/кг та $\lambda = 242$ кДж/кг.

При температурі 100 °С починає випарюватись вода, що міститься у осадах.

При перевищенні температури плавлення взятого виду пластику останній починає випаровуватись, що небезпечно, оскільки леткі сполуки, в тому числі діоксини, які є канцерогенами, надходять до навколишнього середовища. Для попередження цього визначають кількості теплоти, які необхідні для нагрівання та плавлення сумішей. Після розплавлення суміші джерело теплоти відключається.

Пара, що утвориться при нагріванні води, яка міститься у осадах стічних вод, містить значну кількість тепла, що тим більше, чим вища температура пари. Цю теплоту доцільно використати при подачі до плавильно-нагрівального апарату.

Розрахунок кількості пари, що утвориться протягом місяця при застосуванні технологій, що розглядаються, проводили, враховуючи місячну масову кількість осадів стічних вод, що в сучасних умовах виробництва вивантажуються на мулові карти та вологість цих осадів після механічного та природного зневоднення на мулових картах, що дорівнює 20 та 26,99 мас. % відповідно. За пропорцією визначали загальний вміст води у осадах при наведеній вологості та, враховуючи значення густини водяного пару, що дорівнює 0,597 кг/м³, розраховали вихід водяного пару, що склав 1688442,2 та 2278552,7 м³ для осаду, що зневоднюється механічним та природним шляхами відповідно. В таблиці 1 наведені рівняння процесів нагрівання, плавлення та випарювання сировинних сумішей та вірогідність апроксимації, отримані із графіків а, б рисунків 1, 2 за допомогою програми Microsoft Office Excel 2007.

Таблиця 1

Математичні рівняння кривих плавлення сировинних сумішей для виготовлення стінових блоків і щебеню та значення вірогідності апроксимації

Ділянка графіку	Тепловий процес	Математичне рівняння	Вірогідність апроксимації
Для суміші для виготовлення стінових блоків			
ab	нагрівання	$y = 2E - 7x^4 - 8E - 5x^3 + 0,0117x^2 + 0,0361x + 25,15$	0,9977
bc	плавлення	$y = 131$	-
cd	охолодження	$y = 3E - 8x^4 - 7E - 5x^3 + 0,0745x^2 - 32,432x + 5314,1$	0,9991
Для суміші для виготовлення щебеню			
ab	нагрівання	$y = E - 7x^4 - 5E - 5x^3 + 0,0048x^2 + 0,4792x + 24,723$	0,999
bc	плавлення	$y = 131$	-
cd	охолодження	$y = -E - 8x^4 + 2E - 5x^3 - 0,0133x^2 + 3,8495x - 306,38$	0,9916

На рисунках 3, 4 наведені графіки залежності температур нагрівання-охолодження сировинної суміші від часу.

На ділянках ab рисунків 3, 4 відбувається процес нагрівання та при досяганні температури 114 °С – розм'якшення суміші пластику і осадів стічних вод. При досяганні 131 °С – температури плавлення взятого поліетилену та протягом 16,5 хв. (рисунок 3) та 12,75 хв. (рис. 4) суміші плавляться.

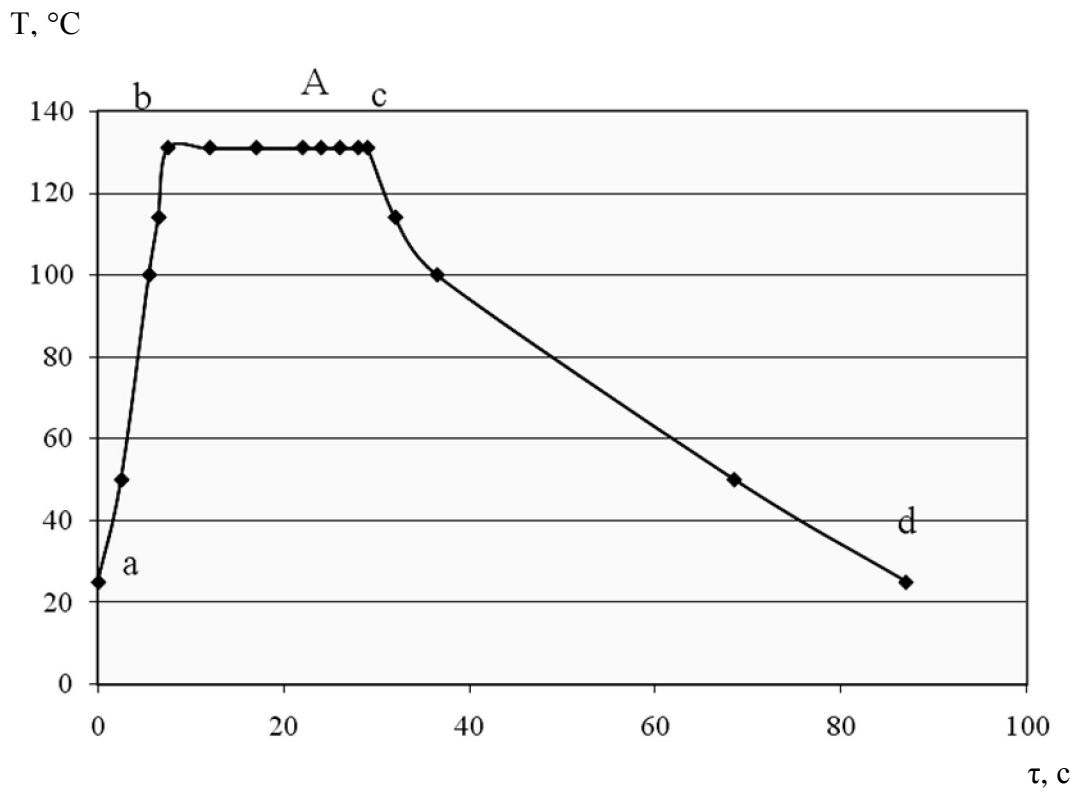


Рис. 3. Залежність температур нагрівання-охолодження сировинної суміші при виготовленні стінових блоків

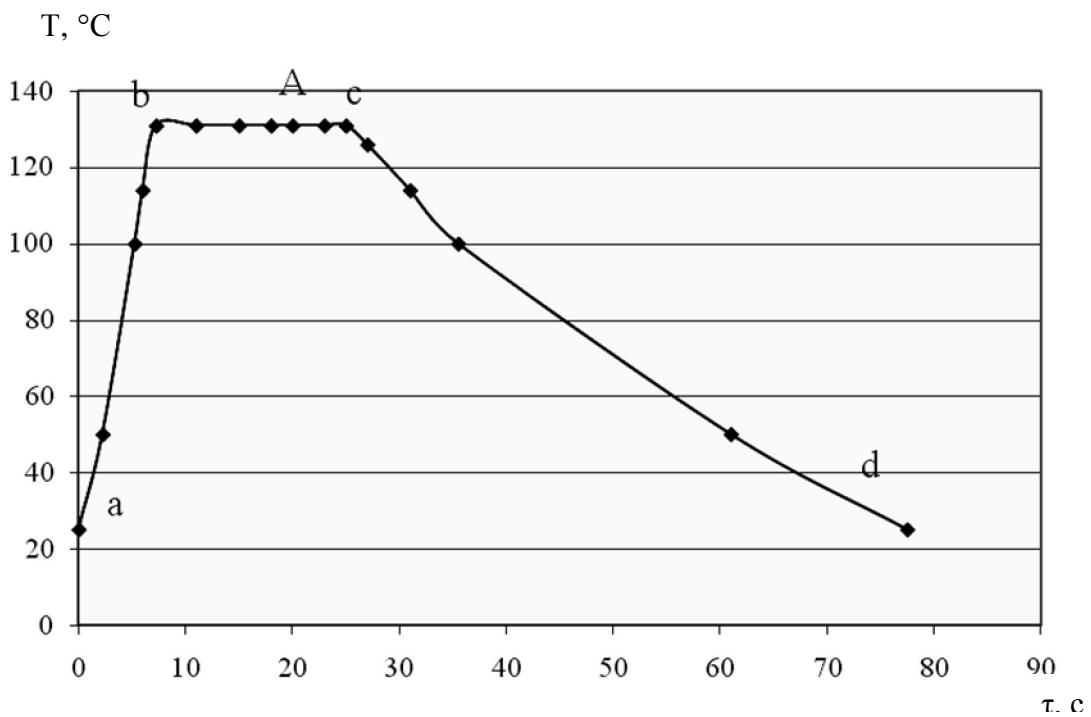


Рис. 4. Залежність температур нагрівання-охолодження сировинної суміші при виготовленні щебеню

При відключенні джерела теплоти – т. А – всередині в'язкої суміші утворюються первинні гранули. Центрами цих гранул слугують інерідні ато-

ми, пилінки та інші часточки, яких достатньо у даній суміші. Надлишкова кінетична енергія атомів рідини компенсує відвід теплоти, тому процес кристалізації відбувається при постійній температурі 131 °С (ділянки bc рисунків 3, 4). Після цього суміші охолоджуються до температури навколишнього середовища (ділянки cd рисунків 3, 4). В таблиці 2 наведені рівняння процесів нагрівання, плавлення-твердіння та охолодження сировинних сумішей та вірогідність апроксимації, отримані із графіків a,b рисунків 3, 4 за допомогою програми Microsoft Office Excel 2007.

Таблиця 2

Математичні рівняння кривих плавлення-охолодження сировинних сумішей для виготовлення стінових блоків і щебеню та значення вірогідності апроксимації

Ділянка графіку	Тепловий процес	Математичне рівняння	Вірогідність апроксимації
Для суміші для виготовлення стінових блоків			
ab	нагрівання	$y = 0,0963 x^4 - 1,6856x^3 + 9,8573x^2 - 5,613x + 25$	0,9899
bc	плавлення-твердіння	$y = 131$	-
cd	охолодження	$y = 2E-6x^4 - 0,001x^3 + 0,179x^2 - 11,73x + 348,3$	0,9992
Для суміші для виготовлення щебеню			
ab	нагрівання	$y = -0,0725x^4 + 0,8917x^3 - 2,4064x^2 + 12,838x + 25$	0,9977
bc	плавлення-твердіння	$y = 131$	-
cd	охолодження	$y = -5E-5x^4 + 0,0093x^3 - 0,6073x^2 + 13,578x + 45,17$	0,9994

Висновки.

В ході роботи розглянуті залежності температур сумішей для виготовлення стінових блоків і сумішей для виготовлення щебеню від витрати теплоти та часу нагрівання-охолодження цих сумішей. Встановлені вперше питомі теплоємності та питомі теплоти плавлення, а також температури та кількості теплоти, необхідні для розм'якшення, плавлення та випаровування розглянутих сировинних сумішей.

За допомогою програми Microsoft Office Excel 2007 побудовані математичні рівняння розглянутих теплових процесів. Визначені значення вірогідності апроксимації рівнянь. Їх значення близькі до 1. Саме тому математичні рівняння процесів нагрівання, плавлення-твердіння та охолодження сировинних сумішей, складених за результатами експериментів, носять достовірний характер.

Список літератури: 1. *Левицька О.Г.* Розробка технології термічної обробки осадів стічних вод і відходів пластику / *О.Г. Левицька* // Актуальні проблеми енергетики і екології: XIV міжнар. наук.-техн. конф., 21-23 вересня 2011 р.: збірник статей. – Одеса: Одеська державна академія холоду. – 2011. – С. 24 – 25. 2. *Левицька О.Г.* Утилізація промислових і побутових відходів шляхом переробки їх у стінові блоки / *О.Г. Левицька, М.Д. Волошин* // Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів: VI міжнар. наук.-техн. конф. при участі молодих вчених, 19-21 жовтня 2011 р.: тези доп. – Х.: ХНАДУ. – 2011. – С. 46 – 47. 3. *Горбунов О.Д.* Теплотехніка. Розрахунки теплообмінних апаратів: навчальний посібник для студентів теплоенергетичних, металургійних і хімічних спеціальностей / *О.Д. Горбунов, М.Д. Волошин*. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2009. – 294 с.

Надійшла до редколегії 28.10.11

УДК 666.29

Я.А. ПОКРОЕВА, инж., НТУ «ХПИ»,
Л.Л. БРАГИНА, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»

КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ СТЕКЛОФРИТТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ШЛИКЕРОВ ИЗ СМЕСЕЙ RTU

У статті розглянуті й обґрунтовані переваги використання сухих композиційних сумішей Ready to Use (RTU) у шликерній технології емалювання сталевих виробів. Обґрунтовано вибір склакомпоненту й тугоплавких наповнювачів у композиції. Встановлено вплив тугоплавких наповнювачів на плавкісні характеристики сумішей і хімічну стійкість покриттів.

В статье рассмотрены и обоснованы преимущества использования сухих композиционных смесей Ready to Use (RTU) в шликерной технологии эмалирования стальных изделий. Обоснован выбор стеклокомпонента и тугоплавких наполнителей в композиции. Установлено влияние тугоплавких наполнителей на плавкостные характеристики смесей и химическую стойкость покрытий.

The paper considers the benefits of the dry composite mixtures Ready to Use (RTU) using in the slip enamelling technology of steel products. The choice of glass component and refractory fillers in the composition is justified. The influence of refractory fillers on melting characteristics of mixtures and chemical resistance of coatings are established.

Введение. Сухие композиционных смесей Ready to Use (RTU) получили большое распространение в шликерной технологии эмалирования благодаря гибкости технологического процесса производства эмалированных изделий при их использовании [1, 2]. По сравнению с традиционным мокрым помолом примене ние такого вида смесей на эмалировочных предприятиях позво-