

ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 628.5.66.002.8

Я.М. Корнієнко, Д.В. Дорошенко,
А.С. Філінков, П.М. Магазій

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ДИСПЕРСНИХ БАГАТОФАЗНИХ СИСТЕ- МАХ

Вступ

Застосування техніки псевдозрідження для зневоднення рідких композитних розчинів, що містять мінеральні й гумінові речовини, дає можливість одержувати багатошарові тверді композити розмірами 1,5–4,5 мм з рівномірним розподіленням компонентів по всьому об'єму, які належать до гуміново-мінеральних добрив нового покоління [1].

Особливість запропонованого методу [2] полягає в утворенні на поверхні центрів грануляції надтонкої плівки рідкої фази, з якої після випаровування розчинника утворюється шар мікрочастин мінеральних компонентів та колоїдних частинок гумінових речовин. Цикл повторюється багатократно, що забезпечує утворення багатошарової структури гранул.

Проведені дослідження показали, що підвищення ефективності гуміново-мінеральних добрив спостерігається при введенні до їх складу сполук кальцію. У цьому випадку рідка фаза є гетерогенною і процес гранулоутворення багатошарових композитів суттєво ускладнюється за рахунок підвищення вірогідності утворення агломератів. Порушення механізму багатошарового гранулоутворення відбувається при перезволоженні гранул у зоні зрошення.

Тому доцільно провести вимірювання температурного поля в околі диспергатора і порівняти його із значеннями температур у характеристичній точці, за якою відбувається регулювання витрат рідкої фази.

Постановка задачі

Задачею експериментальних досліджень було дослідження динаміки зміни температури при гранулоутворенні гуміново-кальцієво-азотних багатошарових композитів із рідких систем в апараті з псевдозрідженим шаром.

Експериментальні дослідження

Вимірювання температурного поля здійснювалось при проведенні безперервного процесу гранулоутворення багатошарових гуміново-каль-

цієво-азотних композитів, які містили гумат, кальцій та азот у співвідношенні Г:К:N = 1:10:16 в камері гранулятора, що має форму паралелепіпеда з розмірами $A \times B \times H = 0,3 \times 0,1 \times 1,2$ (м³). При цьому еквівалентний діаметр частинок D_e у псевдозрідженому шарі змінювався в межах 2,15–2,2 мм, число псевдозрідження K_w підтримувалось на рівні $1,2 \pm 0,05$, коефіцієнт гранулоутворення ψ змінювався в інтервалі 85–95%.

Диспергування рідкої фази здійснювалось дисковим диспергатором.

В апараті з псевдозрідженим шаром (рис. 1) створено направлений вертикальний рух: біля правої вертикальної стінки – висхідний, біля лівої – низхідний. Внаслідок цього прискорюється рух частинок через зони зрошення в околі диспергатора та збільшується інтенсивність тепломасообміну безпосередньо біля газорозподільного пристрою.

Безінерційна термопара 2, показання якої реєструються потенціометром А565-7 і за якими відбувається регулювання витрат розчину, має координати $z_T = 190$ мм, $y_T = 40$ мм, $x_T = 230$ мм, центр робочої поверхні диспергатора – $z_d = 220$ мм, $y_d = 50$ мм, $x_d = 150$ мм, висота псевдозрідженого шару – $z_0 = h_0 = 500$ мм.

У камері гранулятора (див. рис. 1) на висоті $z_1 = 220$ мм і відстані $y_1 = 60$ мм від задньої стінки гранулятора в низхідному потоці зернистого матеріалу розміщується блок термопар 1. Він складається з шести хромель-копелевих термопар у металевих трубках діаметром 1 мм з координатами корольків: $x_1 = 150$ мм, $x_2 = 140$ мм, $x_3 = 130$ мм, $x_4 = 115$ мм, $x_5 = 95$ мм, $x_6 = 75$ мм і лежить в одній горизонтальній площині з віссю диспергатора 3 ($z_1 = 220$, $y_1 = 55$) на відстані $\Delta y_1 = 5$ мм до площини диспергування рідини.

Одночасне вимірювання семи значень температур проводилось модульним комплектом, в який входить багатоканальний модуль збору даних RS-485 (I-7018) з конвертером RS-485 (I-7520) з частотою 1 с. Обробка цифрових сигналів та побудова графічних залежностей проводилась за допомогою пакетів Laboratory National Instrument Engineering Workbench (LabVIEW) та Microsoft Office Excel. Тривалість досліду щодо визначення кінетичних характеристик процесу гранулювання гуміново-кальцієво-азотних багатошарових композитів становила 240 хв.

На рис. 2 наведено динаміку зміни температур після 150 хв безперервної роботи гранулятора. При цьому еквівалентний діаметр частинок у шарі становить $D_e = 2,2$ мм, число псевдо-

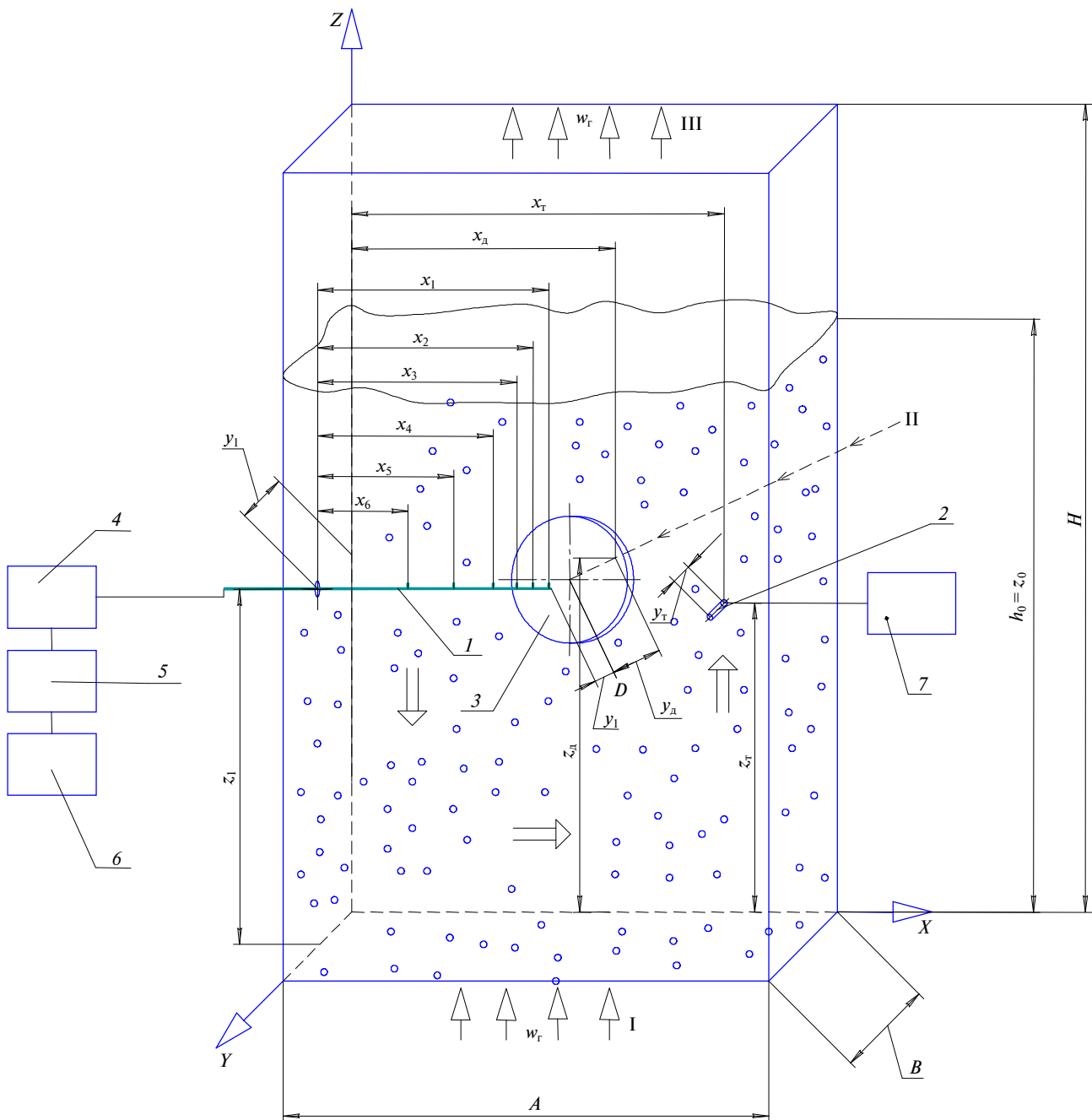


Рис. 1. Схема вимірювання температурного поля в апараті: I – підведення нагрітого газового теплоносія; II – подача рідкої фази на диспергування; III – відведення відпрацьованого теплоносія; 1 – блок термопар; 2 – безінерційна термопара; 3 – диспергатор; 4 – модуль збору даних; 5 – інтерфейс; 6 – EOM; 7 – потенціометр А565

зрідження – $K_v = 1,2$ і коефіцієнт гранулоутворення – $\psi \geq 90\%$. Протягом 40с проходило прогрівання зонда, після чого проводилося вимірювання температури. Одночасно з температурами T_1 – T_6 термопарою 2 (див. рис. 1) реєструвались значення температури шару $T_{ш}$, зображених кривою 7 на рис. 2.

Температури, які вимірювались у точках термопар 3 і 4 ($x_3 = 130$ мм і $x_4 = 115$ мм, рис. 2), лежали у межах 60–76°C, були мінімальними в спектрі виміряних температур. Експериментальні залежності $T_3 = f(\tau)$ і $T_4 = f(\tau)$ відрізнялись від інших великою амплітудою і частотою зміни значень. Це свідчить про те, що в цих точ-

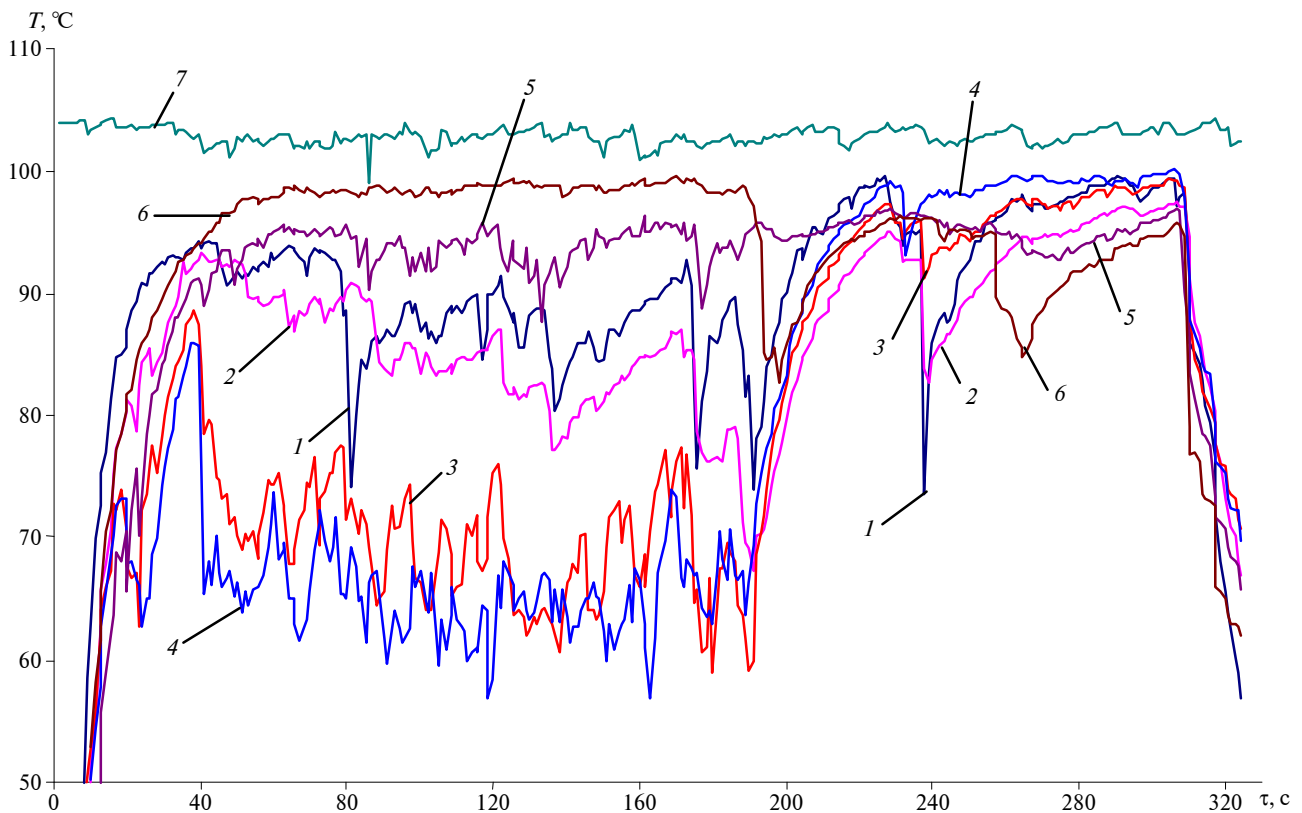


Рис. 2. Динаміка зміни температурного поля на 150 хв процесу грануляції при $D_e = 2,15$ мм і щільності поверхні зрошення $a_f = 0,33$ кг вологи/(m^2 ·год); номери і координати термопар: 1 – $x_1 = 150$ мм; 2 – $x_2 = 140$ мм; 3 – $x_3 = 130$ мм; 4 – $x_4 = 115$ мм; 5 – $x_5 = 95$ мм; 6 – $x_6 = 75$ мм; 7 – $x_7 = 230$ мм, $y_r = 40$ мм, $z_r = 190$ мм

ках до системи зернистий матеріал–газовий теплоносії додається ще й рідка фаза у вигляді дрібних крапель із нерівномірним спектром диспергування.

При наближенні до осі обертання диспергатора на відстань $x_1 = 150$ мм і $x_2 = 140$ мм (точки термопар 1 і 2) температури набували більших значень: 80–92 °С, за винятком локальних екстремумів при $\tau = 80, 138, 178, 190, 239$ с. Це пов'язано з тим, що зволожені гранули підіймалися знизу висхідним потоком і їх поверхня і вся система гранули–теплоносії встигали прогріватися за рахунок внутрішнього запасу тепла гранул. Значення температури в найбільш віддалених від осі обертання диспергатора точках термопар 5 і 6 ($x_5 = 95$ мм і $x_6 = 75$ мм), де інтенсивність масообмінних процесів незначна, температури досягали максимальних значень – 92–99 °С (див. рис. 2), тобто в інтервалі часу вимірювання $40 \leq \tau \leq 190$ с спостерігалось інтенсивне диспергування рідкої фази в псевдозріджений шар, що підтверджується динамічним розподіленням температур по довжині апарата.

Такий характер зміни температур пояснюється існуванням зони диспергування рідкої фази з великою щільністю зрошення.

На рис. 3 наведено розподілення температур, які визначались зондом у вертикальній площині по довжині апарата в шести точках. У період активної фази диспергування на відстані 20–40 мм від осі обертання диспергатора в точках термопар 3 і 4 спостерігалась зниження температури в псевдозрідженому шарі до 63–67 °С. Але на відстані 50 мм від осі диспергатора відбувалось зростання і стабілізація температури до 98 °С ($\tau = 50; 100; 150$ с).

Характерною особливістю процесу є те, що починаючи з 190 с суттєво зменшуються витрати рідкої фази, про що свідчить підвищення значень температур в точках термопар 3 і 4. При $\tau = 200$ с відбувалось підвищення температури до 92–99 °С (див. рис. 3). Це показує наявність інтенсивного перемішування зернистого матеріалу у всьому об'ємі шару.

Порівнюючи динаміку зміни температури $T_{ш} = f(\tau)$ в характеристичній точці по кривій 7 та динаміку зміни температур в точках, вимірних зондом (див. рис. 2), можна відзначити, що ці характеристики суттєво відрізняються. Подача рідкої фази є періодичною, з різною інтенсив-

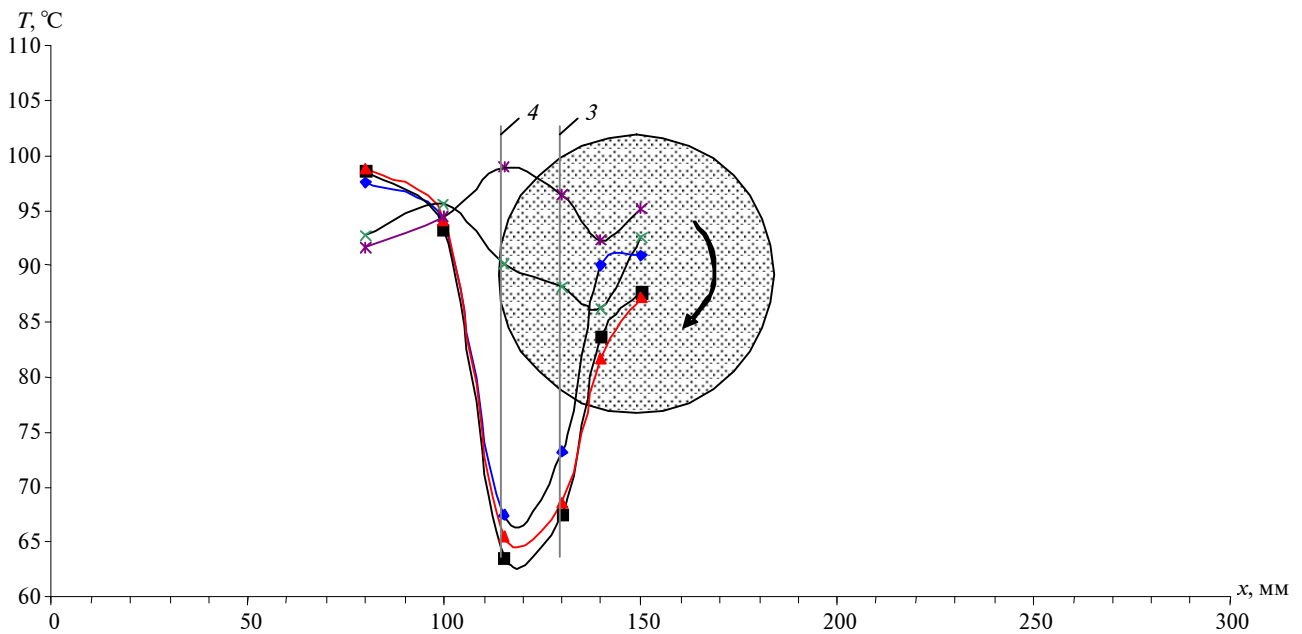


Рис. 3. Зміна температури в зоні диспергування у вертикальній площині при фіксованих значеннях часу при $T_{ш} = 102^{\circ}\text{C}$; $K_w = 1,2$; $D_e = 2,14-2,18$ мм; $a_f = 0,319-0,343$ кг вологи/($\text{м}^2\cdot\text{год}$); $\psi = 85\%$; час вимірювання: \blacklozenge – 50 с; \blacksquare – 100 с; \blacktriangle – 150 с; \blackast – 200 с; \blackcross – 250 с

ністю. В інтервалі часу $40 \leq \tau \leq 190$ с спостерігалось розділення температур залежно від координати їх розташування, тобто існувала зона інтенсивного зрошення, яка ідентифікується пониженим значенням температур і, в міру збільшення відстані точок вимірювання від осі обертання диспергатора, температура підвищувалась і наближалась до значень $T_{ш}$. І тільки після того, як відбувалось суттєве зниження температури в точці b з 98 до 85°C , яка максимально віддалена від осі обертання диспергатора, автоматичним регулятором припинялась подача рідкої фази, що підтверджується підвищенням температури вище 90°C у всіх точках (див. рис. 2).

Проведені експериментальні дослідження температурного поля при локальному способі введення рідкої фази доводять, що максимальне зниження температури до $63-64^{\circ}\text{C}$ і суттєва деформація температурного поля спостерігалась на відстані 5–10 мм від краю робочого органа диспергатора, що могло призвести до утворення агломератів. Тому для запобігання цього явища доцільно збільшувати число точок введення рідкої фази або збільшувати число псевдозрідження до $K_w = 1,5-1,7$.

Таким чином, деформація температурного поля в грануляторі з дисковим диспергатором здійснюється в обмеженій зоні і залежить від витрати рідкої фази, яка диспергується, а стабілізація температурного поля відбувається завдяки інтенсивному перемішуванню зернистого шару.

Висновки

Результати експериментальних досліджень дають можливість оцінити інтенсивність циркуляції зернистого матеріалу при гранулюванні багат шарових композитів у псевдозрідженому шарі з рідких систем.

Процес гранулоутворення гуміново-кальцієво-азотних багат шарових композитів здійснюється при мінімальному числі псевдозрідження $K_w = 1,2$, щільності зрошення вологою поверхні $a_f = 0,34$ кг вологи/($\text{м}^2\cdot\text{год}$) та коефіцієнтом гранулоутворення $\psi > 85\%$.

В разі збільшення продуктивності доцільно збільшити кількість диспергаторів.

У подальшому необхідно встановити вплив розглянутих вище параметрів на стійкість кінетики гранулоутворення при одержанні продукту із заданим дисперсним складом в межах 1,5–4,5 мм.

Я.Н. Корниенко, Д.В. Дорошенко, А.С. Филінков,
П.Н. Магазій

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В
ДИСПЕРСНЫХ МНОГОФАЗНЫХ СИСТЕМАХ

Исследовано температурное поле при проведении процесса грануляции в аппарате с псевдоожигенным слоем. Определены основные закономерности его изменения. Предложена новая методика измерения и обработки полученных результатов.

Ya.M. Korniyenko, D.V. Doroshenko, A.S. Filinkov,
P.M. Magaziy

STUDY OF THE TEMPERATURE FIELD DISPER-
SE POLYPHASE SYSTEM

The study considers the temperature field in the fluid bed apparatus during the granulation process. Specifically, the main regularity of its change is defined, and the new measuring technique and the obtained results processing is proposed.

1. *Корнієнко Я.М., Мехед Є.П.* Дослідження кінетики процесу гранулоутворення гуміново-мінеральних добрив при утилізації промислових відходів // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2004. – № 6. – С. 79–82.
2. *Пат. 4465 Україна, МПК C05 G1/00.* Спосіб виготовлення гранулоутворених ограномінеральних добрив / Я.М. Заграй, Я.М. Корнієнко. – № 93121640; Заявл. 21.05.93; Опубл. 27.12.94; Бюл. № 6.

Рекомендована Радою інженерно-хімічного факультету НТУУ “КПІ”

Надійшла до редакції
7 квітня 2008 року