

**О.А. НАГУРСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доц., НУ “Львівська політехніка”

## **КАПСУЛЮВАННЯ ГРАНУЛЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ПЛІВКАМИ НА ОСНОВІ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ В АПАРАТІ ПСЕВДОЗРІДЖЕНОГО СТАНУ**

Досліджено можливість капсулювання гранульованих мінеральних добрив оболонками на основі полімерних відходів в апараті псевдозрідженого стану. Встановлені величини основних технологічних параметрів процесу покриття.

Ключові слова: капсулювання, мінеральні добрива, полімерні відходи, псевдозрідження.

Исследовано возможность капсулирования гранулированных минеральных удобрений оболочками на основе полимерных отходов в аппарате псевдооживленного состояния. Установлены величины основных технологических параметров процесса покрытия.

Ключевые слова: капсулирование, минеральные удобрения, полимерные отходы, псевдооживления.

Possibility of capsulated of granular mineral fertilizers of by shells is investigational on the basis of polymeric offcuts in the vehicle of the pseudofluidized state. The sizes of basic technological parameters of process of coverage are set.

Keywords: capsulation, mineral fertilizers, polymeric offcuts, pseudofluidizing.

### **Вступ**

Капсулювання дисперсних матеріалів дає можливість модифікувати їх фізико-хімічні властивості. Це дозволяє покращувати характеристики капсульованих речовин, розширити можливості їх застосування. У випадку капсулювання мінеральних добрив отримують речовини пролонгованої дії. Особливо актуальним це є для легкорозчинних добрив. Втати яких від вимивання та вивітрювання можуть сягати 50% [1]. Питання створення капсульованих мінеральних добрив є не нове. Йому присвячено ряд наукових праць, деякі організації проводять їх виробництво [2]. Однак вони не набули широкого застосування у сільськогосподарському виробництві в силу високої вартості. І надалі традиційно аграрії застосовують традиційні гранульовані синтетичні добрива, що призводить до забруднення ґрунтового, водного і повітряного середовища.

### **Аналіз попередніх досліджень**

Створення мінеральних добрив пролонгованої можна розділити на два шляхи. Один з них – поєднання неорганічних легкорозчинних сполук з органічною важкорозчинною матрицею [3]. І другий – нанесення на поверхню гранули мінерального добрива оболонки яка знижує його розчинність [1, 2]. Застосування методу капсулювання дозволяє використовувати базові гранульовані мінеральні добрива із встановленими збалансованими показниками. Низька масопровідність полімерної плівки дозволяє наносити невелику кількість покриття, звівши до мінімуму вміст баластних речовин у добривах.

### **Мета роботи**

Метою роботи є отримання гранульованих синтетичних мінеральних добрив пролонгованої дії шляхом капсулювання їх плівками на основі полімерних відходів в апараті псевдозрідженого стану.

Матеріал і результати дослідження

Капсулювання, як процес нанесення на поверхню гранул дисперсного матеріалу плівкової оболонки може здійснюватися різними технологічними методами [4]. В умовах великотонажних виробництв, до яких відноситься виробництво синтетичних мінеральних добрив, доцільним є використання для здійснення процесу капсулювання високоінтенсивних з погляду тепло та масообміну апаратів псевдозрідженого стану.

Для капсулювання використовували гранульоване синтетичне мінеральне добриво промислового виробництва – кальцієву і аміачну селітру. Для мінімізації зростання вартості капсульованих добрив у порівнянні з некапсульованими в якості плівкоутворювача використовували полімерні відходи з додаванням гідролізного лігніну, який є відходом переробки деревини целюлозо-паперового виробництва. Гідролізний лігнін є природнім полісахаридом, який здатний ініціювати процес біологічного розкладу полімеру в ґрунті, запобігаючи вторинному його забрудненню.

Для проведення процесу капсулювання мінеральних добрив необхідно визначити величини основних технологічних параметрів. До них належать: інтенсивність подачі плівкоутворюючого розчину в шар матеріалу; швидкість, напір та температура псевдо зріджуючого повітря; час здійснення процесу капсулювання.

Інтенсивність подачі плівкоутворюючого розчину залежить від часу випаровування розчинника з поверхні частинки, яку можна визначити за відомими залежностями [6]:

$$t_c = \frac{1 + \frac{\beta F R T_\kappa}{Q}}{\beta F \left( P_s - \frac{P_n T_\kappa}{T_n} \right)} W \quad (1)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт масовіддачі пари розчинника від поверхні гранули в середовище псевдозріджуючого агенту, м/с;  $W$  – кількість розчинника, кг;  $F$  – площа поверхні частинок, м;  $P_s$  – парціальний тиск насиченої пари розчинника, Па;  $P_n$  – парціальний тиск пари розчинника на вході в робочу зону апарату, Па;  $R$  – універсальна газова стала, Дж/(кг×К);  $Q$  – витрата псевдозріджуючого повітря, м<sup>3</sup>/с;  $T_n$  – початкова температура повітря, К;  $T_\kappa$  – температура повітря на виході з робочої зони апарату, К;  $t$  – час випаровування розчинника з поверхні частинок, с.

Для нормального ведення процесу час нарощування оболонки повинен бути не меншим часу висушування  $t_c \leq t_n$ . При рівності цих величин інтенсивність зрошення набуває максимального значення.

Коефіцієнт масовіддачі парів розчинника з поверхні частинки в середовище псевдозріджуючого агенту можна визначити з рівняння масовіддачі [5]:

$$\frac{dM}{d\tau} = \beta F_\tau (\rho_{нас} - \rho) \quad (2)$$

де  $M$  – маса випареного розчинника, кг;  $\beta$  – коефіцієнт масовіддачі пари розчинника від поверхні частинки в середовище псевдозріджуючого агента,  $\rho_{нас}$  – густина пари розчинника в стані насичення за умова процесу,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\rho$  – дійсна густина розчинника в робочій зоні апарату,  $\text{кг/м}^3$ .

Замінивши диференціали кінцевою різницею, з рівняння (2) визначаємо коефіцієнт масовіддачі:

$$\beta = \frac{\Delta M}{F_{\tau} \Delta \tau (\rho_{нас} - \rho)} \quad (3)$$

Для забезпечення якісного покриття витрата дійсна плівкоутворювача приймається на 80% від розрахункової [6].

Необхідну кількість плівкоутворюючого розчину визначає концентрація плівкоутворюючих компонентів. Взаємозв'язок між кількістю розчину, плівкоутворюючих компонентів та розчинника визначається рівнянням:

$$P = C \times W \quad (4)$$

де  $P$  – кількість плівкоутворюючого розчину, кг;  $C$  – концентрація плівкоутворюючих компонентів, кг компонентів/кг розчинника;  $W$  – кількість розчинника у розчині, кг.

З даної залежності, знаючи час випаровування розчинника з поверхні частинок (рівняння 1), на яких формується оболонка, можна визначити максимальну витрату плівкоутворюючого розчину.

Величина швидкості псевдозріджуючого повітря визначається необхідністю підтримання шару дисперсного матеріалу у завислому стані. Мінімальне її значення визначається з системи критеріальних залежностей [5]:

$$Re_{кр} = \frac{w_{кр} d_c}{\nu_c}; Re_{кр} = \frac{Ar}{1400 + 5,22 \sqrt{Ar}}; Ar = \frac{d^3 \rho_c g}{\nu_c^2 \rho_c} \quad (5)$$

де  $d_c$  – діаметр частинки, м;  $\nu_c$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості повітря,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $\rho_c$  – густина повітря при умовах процесу,  $\text{кг/м}^3$ .

Процес капсулювання дисперсних матеріалів здійснюється за величини коефіцієнту псевдозрідження  $2,5 \div 3$  [6].

Обмеженням щодо температурного режиму роботи установки є можливість закипання розчинника, що призведе до різкого погіршення якості покриття. В деяких випадках, при капсулюванні термо нестабільних речовин граничну температуру визначає збереження властивостей матеріалу. В якості розчинника для приготування плівкоутворювача застосовували чотрихлористий вуглець, температура кипіння якого становить  $76,8$  °С. Тому приймали температуру псевдозріджуючого повітря на вході в апарат  $70$  °С.

За приведеними вище залежностями проводили розрахунки основних технологічних параметрів процесу капсулювання добрив масою  $0,25$  кг в стані псевдозрідження. Концентрація плівкоутворюючого розчину  $8$  % (мас). Маса покриття складала, відповідно,  $10$  і  $20$  % від маси добрива. Витрата плівкоутворювача –  $13,4 \times 10^8$   $\text{м}^3/(\text{с} \times \text{кг})$ . Швидкість псевдозріджуючого повітря  $3,5$  м/с. Опір шару матеріалу  $45$  мм  $\text{H}_2\text{O}$ .

Приведений алгоритм розрахунку основних технологічних параметрів не враховує впливу на процес наявності на поверхні гранул розчину плівкоутворювача. Він може призвести до злипання найдрібніших частинок добрива в силу їх малої інерційної маси. Також сили злипання, які виникають між поверхнями гранул, та збільшення маси шару матеріалу призводять до зростання його гідравлічного опору. Тому в процесі капсулювання збільшували швидкість псевдозріджуючого повітря для підтримання необхідної пористості шару. Даний параметр контролювали візуально за висотою шару матеріалу в апараті. Так у порівнянні із розрахунковими даними гідравлічний опір шару за час капсулювання зріс на 8 мм Н<sub>2</sub>О, у випадку 10% маси покриття і 14 мм Н<sub>2</sub>О для 20% покриття. Відповідно швидкість повітря збільшили до 3,9 м/с (для 10% покриття) і 4,4 м/с (для 20% покриття).

Якість покриття контролювали шляхом порівняння кінетики вивільнення капсульованих добрив із теоретичними даними, отриманими за приведеним в [4] алгоритмом розрахунку. Результати порівняння у графічному вигляді приведені на рис.1.

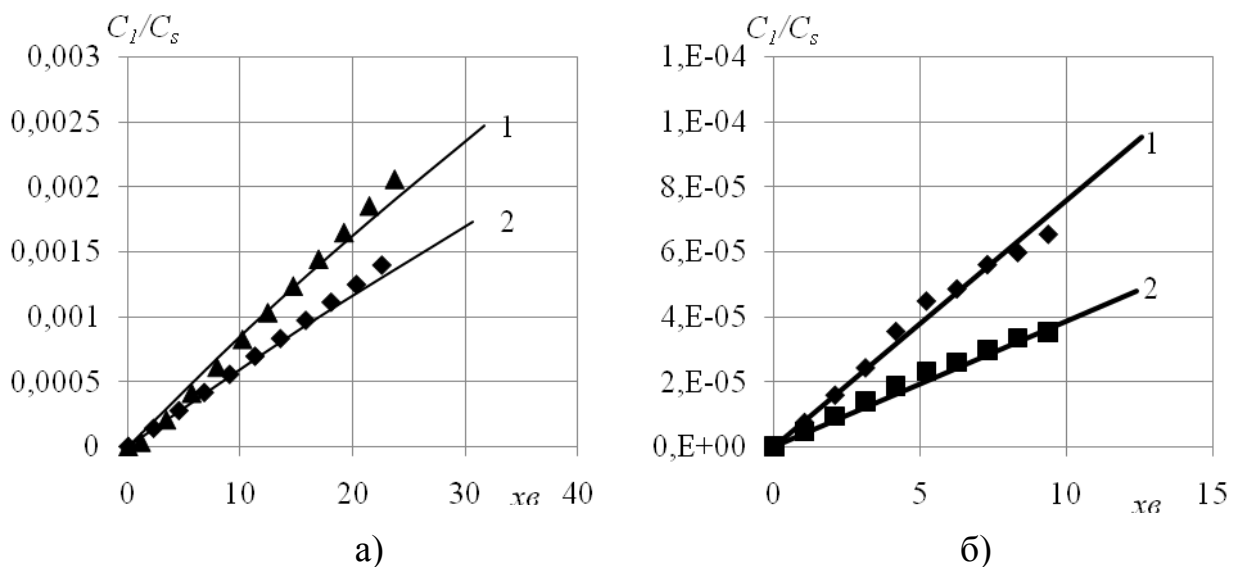


Рис.2. Порівняння теоретичних (лінії) та експериментальних значень (точки) процесу вивільнення компоненту з капсульованих частинок кулястої форми, покритих нерозчинною оболонкою різної маси (%):  
а)  $Ca(NO_3)_2$  1-10, 2-20; б)  $NH_4NO_3$  - 1-10, 2-20

Відносна похибка експериментальних та теоретичних значень лежить в межах 3,7÷10,2%. Незначна розбіжність між даними вказує на те, що на поверхні гранул мінеральних добрив нанесене рівномірне покриття.

### Висновки

Для отримання капсульованих матеріалів з прогнозованими властивостями необхідно вносити поправки до розрахункових технологічних параметрів. Найбільш точним є величини отримані дослідним шляхом, так як теоретично важко врахувати вплив плівкоутворювача на процес капсулювання, реологічні властивості якого змінюються по мірі випаровування розчинника.

**Список літератури:** 1. Писаренко В.Н. Экологические проблемы при использовании минеральных удобрений: Пути возможного загрязнения окружающей среды удобрениями и

мероприяття по его предотвращению [Текст] / Писаренко В.Н., Писаренко П.В., Писаренко В.В. – Полтава: Агроэкология, 2008. – 252 с. 2.. *Winiarski A. Metody zwiekszania wykorzystania azotu z nawozow mineralnych zwiazane z technologia ich wytwarzania I stosowania* [Текст]: Prace Nauk. ITN I NMPWr, - N 40, 1994. – 69 s.3.*Корнієнко Я.М.* Утилізація промислових відходів через створення технології виробництва нових добрив для екологічно безпечного землеробства [Текст]: автореф. дис. д-ра техн. н.: 21.06.01 / Я.М. Корнієнко; [НТУУ «КПІ»]. – Київ, 2003. – 37 с. 4. *Демчук И.Я.*, Массоперенос из твердой шарообразной частицы, покрытой нерастворимой полимерной оболочкой [Текст] / И.Я. Демчук, О.А. Нагурский, Я.М. Гумницкий // Журнал Теоретические основы химической технологии. - 1997. - т.31. - №4. - С.380 -383. 5. *Гельперин Н.И.* Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст] / Н.И. Гельперин. В двух книгах. – М.: Химия, 1981. – 812 с. 6.*Демчук И.А.* Разработка технологии и моделирования процессов капсулирования твердых лекарственных форм в псевдооживленном слое [Текст]: дис. к. т. н. / И.А. Демчук . – Львов, 1991. – 203с.

*Поступила в редколлегию 29.04.2011*