

УДК 631.331

І.Є. Цизь, к.т.н., І.В. Квач, В.В. Цьось
Луцький національний технічний університет
В.В. Хвесик, В.В. Лавренчук
Любешівський технічний коледж Луцького НТУ
DOI: <https://doi.org/10.36910/agromash.vi43.215>

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗМІРУ КОМІРЧИНИ ГРАНУЛЮЮЧОГО ТРАНСПОРТЕРА

У статті наведена теоретичне обґрунтування до встановлення залежності розміру комірчини гранулюючого транспортера. Визначений раціональний склад та вологість органо-мінеральної суміші на основі сапропелю.

УСАДКА, САПРОПЕЛЬ, СУМІШ, ГРАНУЛА, СУШІННЯ, ВМІСТ, КОМІРЧИНА

Постановка проблеми. До відомих шляхів поліпшення фізико-хімічних властивостей мінеральних добрив шляхом створення їх повільно діючих форм належать: виготовлення полімерних добрив з регульованою швидкістю розчинення; капсулювання мінеральних добрив полімерним, органічним і неорганічним покриттям; виробництво комплексних гранульованих добрив із зв'язуючими домішками, які сповільнюють їх розчинність та підвищують ефективність дії.

Усі із наведених заходів спрямовані на підвищення коефіцієнту використання діючої речовини мінеральних добрив. Пролонгована, а у окремих випадках і заздалегідь запрограмована їх розчинність у воді різко зменшує втрати елементів живлення через вимивання, що знижує рівень засолення ґрунтових вод, забезпечуючи рослини поживними елементами відповідно до періоду вегетації.

Одним із найбільш доступних шляхів створення повільно діючих форм добрив є виробництво комплексних гранульованих добрив із використанням зв'язуючої матриці. У якості такої матриці можна використовувати органічний сапропель [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У процесі здійснення технологічних операцій виготовлення гранульованих органо-мінеральних добрив (ОМД) на основі сапропелю утворюється складна структура, у якій можна виділити 3 зони: 1 – органічна матриця; 2 – наповнювач (мінеральні добрива); 3 – міжфазний (адгезійний) шар. Характеристики такої структури залежить від режимів гранулювання та сушіння [2, 3].

У світовій практиці відома широка гама грануляторів, які використовуються у різних галузях промисловості [4, 5, 6], проте їх конструктивні особливості не дозволяють отримати якісні гранули ОМД на основі сапропелю.

Під час розробки нових конструкцій слід прагнути створити машину, що здатна працювати із сапропелем природної вологості та забезпечувати максимальний вихід товарної фракції кінцевої вологості. До таких нових конструкцій можна віднести пристрій для гранулювання органо-мінеральних добрив основою якого є гранулюючий сітчастий транспортер [7].

Значний вплив на кінцеві характеристики гранул, отриманих у такому пристрої, мають розміри комірчини гранулюючого транспортера та об'ємна усадка в процесі висушування.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень процесу усадки капілярно-пористих колоїдних тіл, до яких можна віднести і гранульовані ОМД на основі сапропелю, наведені у праці А.В. Ликова [8].

Метою дослідження є встановлення закономірності для розрахунку розміру комірчини гранулюючого транспортера із врахуванням усадки гранули у процесі сушіння.

Результати дослідження. Багато матеріалів зменшують свої розміри протягом всього процесу сушіння. До таких матеріалів належать торф, шкіра, зерно, тісто, а також, як показують наведені у [9] дослідження, і органо-мінеральні суміші на основі сапропелю.

Аналіз цих досліджень показує, що зміна лінійних розмірів зі зміною його вологості відбувається за прямолінійним законом. Прямолінійність цієї залежності підтверджена багатьма дослідженнями та спостерігається коли градієнт вологості всередині матеріалу незначний. Рівняння таких прямих має вигляд

$$l = l_0 + a \cdot W, \quad (1)$$

де l - біжучий лінійний розмір зразка матеріалу, м; l_0 - лінійний розмір абсолютно сухого зразка матеріалу, м; a - експериментальний коефіцієнт, м/%; W - вологість матеріалу, % [8].

Коефіцієнт a рівний приросту лінійного розміру за певний приріст вологості, тобто [8]

$$a = \frac{dl}{dW} = tg\psi, \quad (2)$$

де ψ - кут нахилу прямої усадки матеріалу.

Проте для більш загального використанню залежність (1) можна записати у вигляді

$$l = l_0 \cdot (I + \beta \cdot W), \quad (3)$$

де $\beta = \frac{dl}{l_0} \cdot dW$ - коефіцієнт лінійної усадки, який характеризує інтенсивність усадки, % [8].

Залежність (3) дозволяє розраховувати зміну лінійного розміру досліджуваного зразка у процесі сушіння, проте при м'якому режимі сушіння, тобто коли вологість матеріалу у будь-якій точці зразка однакова, аналогічна залежність має місце і для зміни об'єму зразка, тобто

$$V = V_0 (I + \beta_v \cdot W), \quad (4)$$

де V - біжучий об'єм зразка, м³; V_0 - об'єм абсолютно сухого зразка, м³; β_v - коефіцієнт об'ємної усадки, % [8].

Проте у більшості випадків кінцевий об'єм зразка невідомий, але у якості вихідних даних відомий об'єм який займає зразок V_n за певної вологості W_n . Тоді за (4) маємо

$$V_n = V_0 \cdot (I + \beta_v \cdot W_n).$$

Звідки

$$V_0 = \frac{V_n}{I + \beta_v \cdot W_n}.$$

Після підстановки отриманого значення V_0 у (4) маємо

$$V = \frac{V_n \cdot (I + \beta_v \cdot W)}{I + \beta_v \cdot W_n}. \quad (5)$$

Отримана залежність дозволяє розрахувати значення об'єму частинки матеріалу за вологості W , якщо відомі початковий об'єм та вологість матеріалу. Проте можна розв'язувати й обернену задачу, тобто визначити який об'єм матеріалу початкової вологості

W_n слід взяти для того щоб після висушування до вологості W отримати необхідний його об'єм V .

З іншої сторони, відповідно до технічних умов, готові гранули ОМД повинні мати кулясту форму та діаметр у межах 2...6 мм. Тому враховуючи, що кінцевий об'єм частинки (гранули) органо-мінеральних добрив визначається об'ємом кулі, отримаємо

$$V_n = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^3 \cdot (1 + \beta_v \cdot W_n)}{3 \cdot (1 + \beta_v \cdot W)} \quad (6)$$

де r - радіус гранули, м.

За отриману формулою можна розрахувати початковий об'єм матеріалу з вологістю W_n необхідний для отримання при вологості W сферичної гранули з радіусом r .

З іншої сторони початковий об'єм органо-мінеральної суміші визначається площею комірчин гранулюючого транспортера та товщиною шару матеріалу, що нанесений на нього, яка у свою чергу визначається зазором між кожухом шнека та підпірною пластиною [7].

Оскільки найбільш доцільним є використання сітки із квадратними комірчинами то можна записати

$$V_n = h \cdot b^2,$$

де h - товщина шару органо-мінеральної суміші на гранулюючому транспортері, м; b - сторона квадрата комірчини гранулюючого транспортера, м.

Введемо позначення $\lambda = h/b$ та після підстановки значення V_n у (6) і перетворень отримаємо

$$b = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot \pi \cdot r^3 \cdot (1 + \beta_v \cdot W_n)}{3 \cdot \lambda \cdot (1 + \beta_v \cdot W)}} \quad (7)$$

Практичне використання наведеної формули можливе за наявності визначеного експериментальним шляхом коефіцієнта об'ємної усадки β_v . З цією метою була розроблена методика та проведено дослідження усадки органо-мінеральних сумішей на основі сапропелю.

Дослідження проводили для сумішей до складу яких входило 10, 20 та 30% мінеральних компонентів. У якості мінеральних компонентів використовувались подвійний суперфосфат, калімагnezія та карбамід. Значення коефіцієнта об'ємної усадки отримані у результаті досліджень наведені у

таблиці.

Таблиця – значення коефіцієнта об’ємної усадки для органо-мінеральних сумішей на основі сапропелю

Вид мінерального компоненту	Вміст мінеральної частини у суміші, %		
	10	20	30
Суперфосфат	0,5979	0,3170	0,0170
Калімагnezія	0,0687	0,0788	0,0525
Карбамід	0,0461	0,1746	0,0076

Для вибору раціонального розміру комірчин гранулюючого транспортера побудуємо графічні залежності за формулою (7) для діапазону зміни радіуса кулі гранул $r = (1...3) \times 10^{-3}$ м, кінцевої вологості гранул $W = 5...15$ %, параметру $\lambda = 0.5...1.0$. Значення початкової вологості відповідають початковій вологості відповідної рецептури органо-мінеральної суміші, а значення β_v отримані експериментально для цих сумішей і наведені у таблиці.

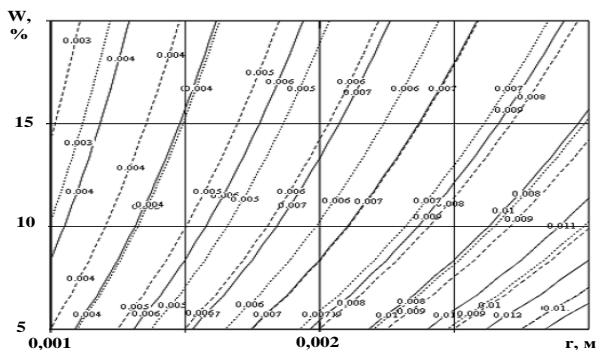


Рис. 1 – Графічні залежності розміру комірчини гранулюючого транспортера b (м) від кінцевих радіуса гранули r та вологості W для ОМД із вмістом 10% суперфосфату: — $\lambda = 0.5$; ---- $\lambda = 0.75$; штрихпунктирна $\lambda = 1.0$

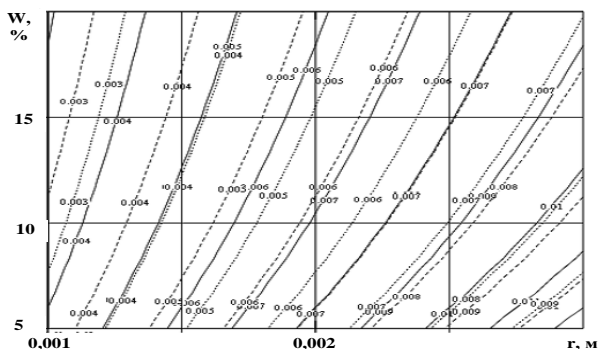


Рис. 2 – Графічні залежності розміру комірчини гранулюючого транспортера b (м) від кінцевих радіуса гранули r та вологості W для ОМД із вмістом 20% суперфосфату: — $\lambda=0.5$; ---- $\lambda=0.75$; $\lambda=1.0$

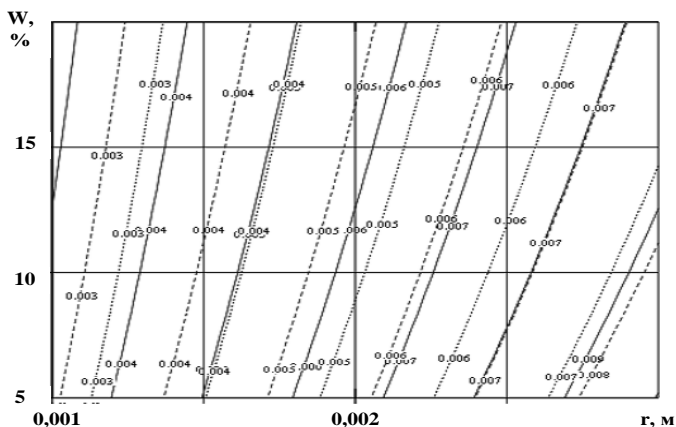


Рис. 3 – Графічні залежності розміру комірчини гранулюючого транспортера b (м) від кінцевих радіуса гранули r та вологості W для ОМД із вмістом 10% калімагnezії: — $\lambda=0.5$; ---- $\lambda=0.75$; $\lambda=1.0$

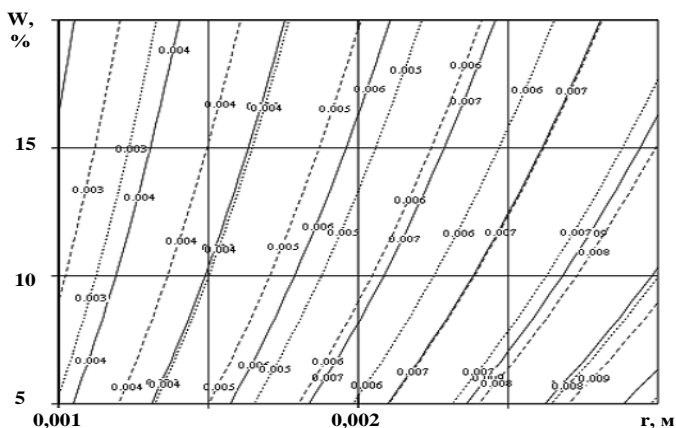


Рис. 4 – Графічні залежності розміру комірчини гранулюючого транспортера b (м) від кінцевих радіуса гранули r та вологості W для ОМД із вмістом 20% карбаміду: — $\lambda = 0.5$; ---- $\lambda = 0.75$; $\lambda = 1.0$

Висновки. Аналізуючи отримані графічні залежності (рис. 1-4) можна зробити такі висновки:

- для усіх видів органіно-мінеральних добрив (сапропель+суперфосфат, сапропель+калімагnezія, сапропель+карбамід) можна підібрати співвідношення між органічною та мінеральним частинами при яких початковий розмір сторони квадрата комірчини гранулюючого транспортера буде складати 8...10 мм, а кінцевий діаметр гранул не перевищуватиме 6 мм;

- кінцева вологість гранул повинна знаходитись у межах $W = 8...10$ %, а співвідношення між стороною квадрата комірчини гранулюючого транспортера та товщиною шару нанесеної суміші повинно знаходитись у межах $\lambda = 0.5...0.75$;

- найбільш технологічними, з точки зору забезпечення максимального розміру b є органіно-мінеральні суміші на основі сапропелю до складу яких входить 10-20 % суперфосфату, до 10 % калімагnezія та 10-20% карбаміду.

Література

1. Шевчук М. Й. Сапропелі України: запаси, якість та перспективи використання. –Луцьк: Надстир'я, 1996. -383 с.

2. Вирясов Г. П. Физические и технологические основы производства торфоминеральных гранулированных удобрений. Дис... докт. техн. наук.05.15.05 Минск, 1992. -451 с.

3. Вирясов Г. П., Лиштван И. И., Мееровский А. С. Тишкович А. В. Новые способы приготовления эффективных удобрений на торфяной основе. – Мн.: Наука и техника, 1979. -80 с.

4. Вилесов Н.Г. Процессы гранулирования в промышленности. - К.: Техніка, 1976. – 192 с.

5. Классен П.В. Гришаев И.Г. Основы техники гранулирования. М.: Химия, 1982. – 272 с.

6. Кучинская З.М., Особов В.И., Фрегер Ю.Л. Гранулирование и брикетирование кормов. – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 54-96.

7. Пат 54510 України, В01J2/20. Пристрій для гранулювання органо-мінеральних добрив / Цизь І.Є., Спетрук І.О. - №u201006320; Заявл. 25.05.10; Опубл. 10.11.2010. Бюл. № 21. -3 с.

8. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.

9. Голій О.В. Дослідження усадки органо-мінеральних сумішей на основі сапропелю / Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 24. – Луцьк: Ред.- вид. відділ ЛНТУ, 2013. – с. 94-99.