

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МЕХАНІЧНОГО ДИСПЕРГАТОРА

Манастирний М.М., Корнієнко Я.М., Любека А.М.

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Одностадійні процеси одержання твердих речовин з рідких систем при застосуванні газового теплоносія знайшли широке застосування в хімічній, харчовій, фармацевтичній та інших галузях. Особливо це актуально для одержання гранульованих продуктів шляхом зневоднення робочих розчинів у псевдозрідженому шарі. Застосування техніки псевдозрідження дозволяє одержати гранульований продукт різної структури [1, 2]. Стійкість кінетики таких багатофакторних процесів суттєво залежить від способів введення рідкої фази. У статті викладено результати оцінки ефективності роботи механічного диспергатора. Проведено аналіз трьох типів диспергатора. Встановлено вплив конструкції та росташування живильної трубки по відношенню до торцевої поверхні диспергатора.

Ключові слова: диспергатор, розподілення, розпилення, псевдозрідження, зневоднення.

Постановка проблеми. Одержання комплексних органо-мінеральних добрив найбільш ефективно проводити в псевдозрідженому шарі при зневодненні композитних розчинів для цього найбільш доцільним є введення рідкої фази за допомогою механічного диспергатора.

Попередніми дослідженнями встановлено [4], що використання дискового диспергатора призводить до локального перезволоження, зменшення робочої зони і утворення агломератів з подальшим припиненням процесу. Тому з метою запобігання вказаних недоліків запропоновано застосувати нову конструкцію механічного диспергатора із збільшеною зоною диспергування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [3] наведені різні способи введення рідкої фази, які ґрунтуються на принципі роботи форсунок, які мають обмежену продуктивність і тому необхідна продуктивність забезпечується їх кількістю. Це суттєво ускладнює контроль за їх роботою і можливе для застосування в періодичних процесах наприклад у фармацевтичній промисловості. Окрім того, рідка фаза повинна бути без вмісту суспендованих твердих частинок.

Мета статті. Метою досліджень було визначення впливу конструктивних параметрів меха-

нічного диспергатора на рівномірність розподілення рідкої фази у збільшеній робочій зоні.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводилися на експериментальному стенді який дозволяє вимірювати щільність зрошення робочої зони на зовнішній поверхні рисунок 1.

Частота обертів диспергатора вимірювалась електронним частотоміром в межах 50–90 1/с з точністю $\pm 0,5$. В якості модельної рідини використовували воду. Витрати рідкої фази вимірювалися об'ємним методом з точністю $\pm 0,11$ л.

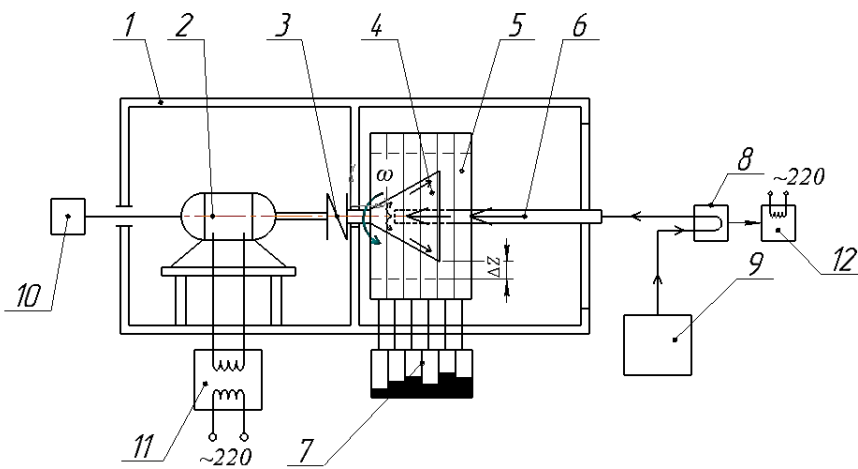
При заданій частоті обертання диспергатора та сталих витратах рідини яка подавалась по живильній трубці 6, рисунок 1 за час $\Delta t = 60$ с розподілялась механічним диспергатором в кільцеву камеру 5, в якій з інтервалом $\Delta l = 6$ мм встановлені кільцеві перегородки. Кожна кільцева комірka з'єднана з мірними колбами 7. Висота рідини в колбах дозволяє визначити гістограму розподілення.

Досліджувались конструкції 3-х типів конічних диспергаторів з перфорованою поверхнею. Відстань крайки комірки в кільцевій камері 5, рисунок 1, до крайки диспергатора становить $\Delta Z = 15$ мм.

Для диспергатора типу 1, рисунок 2 на бічній поверхні по спіральній траєкторії рівномірно розташовувались отвори діаметром 4,5 мм. Відношення площі до бічної поверхні диспергатора $\frac{f_{ome}}{F_{би}} \cdot 100\% = 4\%$ (коефіцієнт живого перетину).

Механічний диспергатор тип 1, рисунок 2 а, являю собою зрізаний конус з більшим діаметром $D = 80$ мм, меншим $D_1 = 40$ мм і шириною $L = 47$ мм. В торцевій частині, площина Γ має 4 отв. діаметром 4,5 мм. Кут при вершині зрізаного конуса 25° дозволяє запобігти утворенню осаду на робочій поверхні.

Особливість введення рідкої фази полягає в тому, що



1 - корпус, 2 - елемент двигуна, 3 - муфта, 4 - диспергатор, 5 - кільцева камера збірника, 6 - трубка для подачі розчину, 7 - мірні колби, 8 - перистальтичний насос 9 - ємність рідини, 10 - електронний частотомір, 11, 12 - блоки регулювання числа обертів електродвигуна та насоса

Рис. 1. Дослідний стенд для оцінки рівномірності диспергування

Джерело: розроблено авторами

живильна труба 6, рисунок 2а) має зріз під кутом 30°, який повернутий вниз, а кінець розташований на відстані $l_0 = 2$ мм від внутрішньої торцевої поверхні диспергатора.

З попередніх досліджень [4] встановлено, що лінійна швидкість крайки диспергатора з діаметром D , $w_s = 9$ м/с, яка досягається при частоті обертання диспергатора $n = 60$ 1/с.

При масових витратах $G = 12,44$ кг/с і кутовій швидкості $n = 60$ 1/с за інтервал часу час $\Delta t = 60$ с одержимо розподілення маси рідини, по довжині робочої зони, що виражається співвідношенням висот в мірних колбах 7, рисунок 2в,г. $h_1:h_2:h_3:h_4:h_5:h_6:h_7 = 0,9:1,1:0,9:1,1:1,2:11:3$. Десятикратне перевищення висоти h_6 пояснює, що внаслідок наявності сил поверхневого натягу на зовнішній поверхні диспергатора утворюються струмені рідини, рисунок 2б.

Питома щільність зрошення визначається за формулою:

$$a = \frac{G}{L \cdot 3600}$$

де G – масові витрати рідини, кг/год, а L – довжина диспергатора, мм;

Для усунення цього явища було запропоновано конструкцію диспергатора тип 2, рисунок 3 а. На зовнішній поверхні встановлені відбійні кільця в інтервалі між якими розташовані отвори із співвідношенням коефіцієнтів живого перерізу відповідно $\varphi_1 : \varphi_2 : \varphi_3 : \varphi_4 : \varphi_5 = 1 : 1 : 3 : 5 : 5$, при збереженні загального коефіцієнта живого перетину $f = 4\%$, рисунок 3. Живильна трубка 6, рисунок 3а, мала зріз крайки під кутом 30°, але повернутим вгору. Відстань від внутрішньої торцевої поверхні диспергатора $l_0 = 0$.

Це призвело до зміни гістограми розподілень рідини диспергатором при ідеальних умовах проведення експерименту. А саме $h_1:h_2:h_3:h_4:h_5:h_6:h_7:h_8 = 5,5:1,3:1:2,2:6,2:2,3:1$. Аналіз фотографій зовнішньої поверхні диспергатора в робочому стані підтвердив ефективність застосування відбійних кілець. А в зоні 1 спостерігалось значне підвищення параметра h_1 , що пов'язано з наближення крайки труби живлення 2 до торця

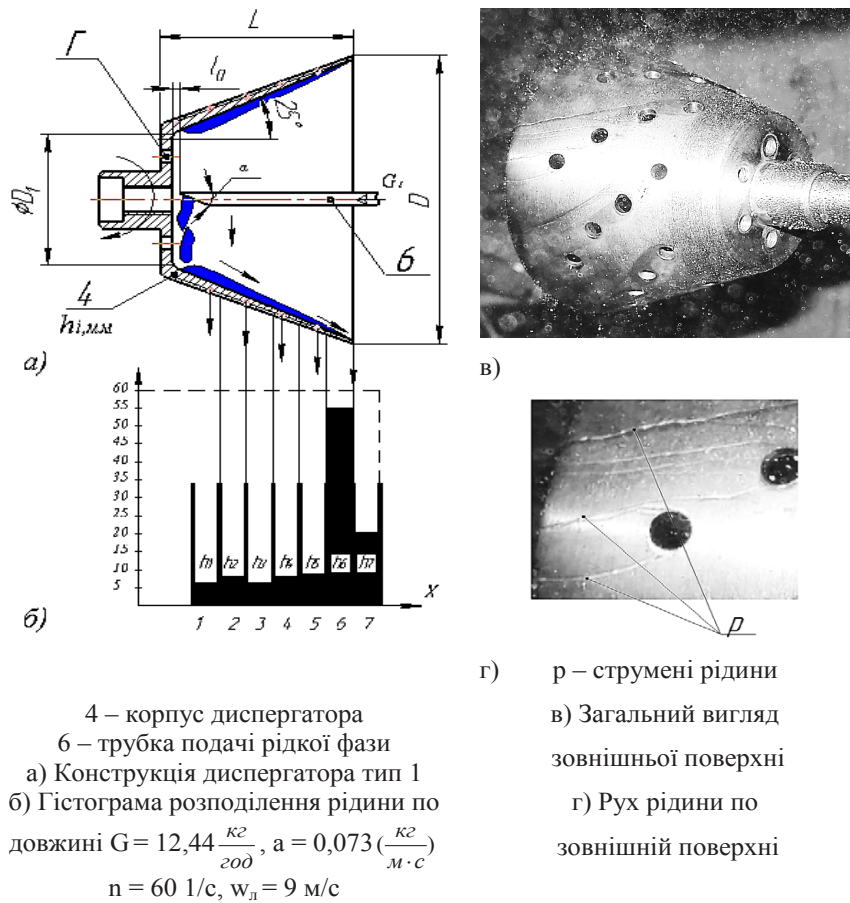


Рис. 2. Механічний диспергатор тип 1

Джерело: розроблено авторами

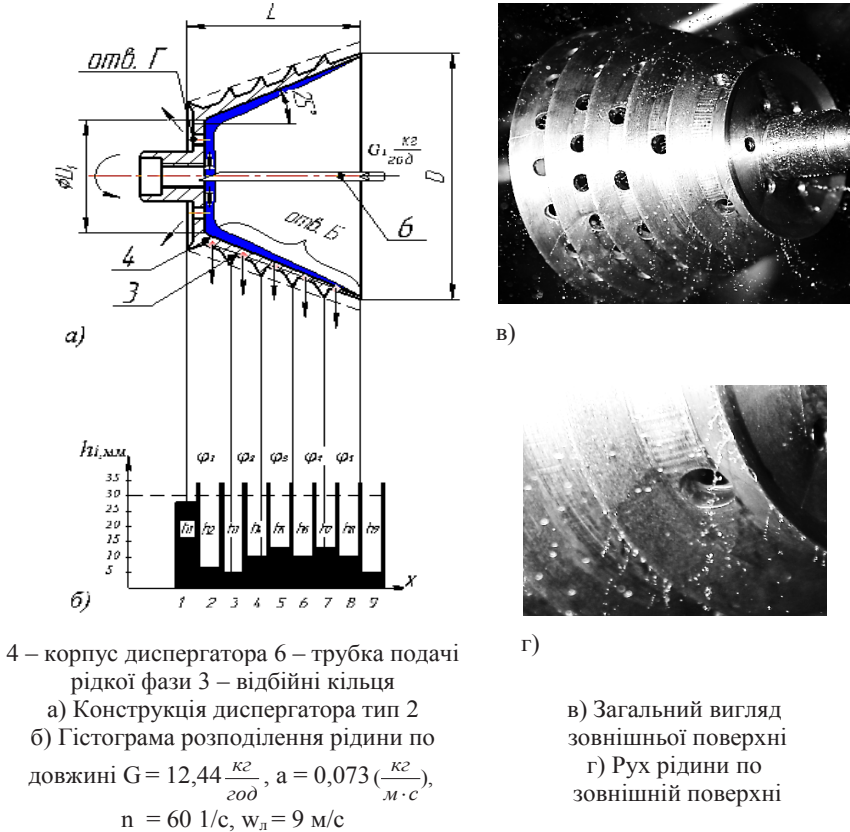
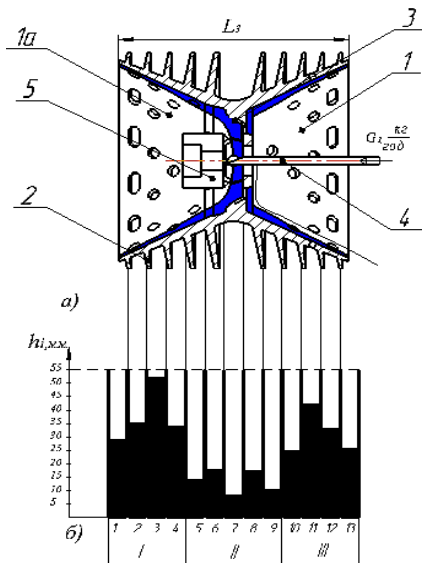


Рис. 3. Механічний диспергатор тип 2

Джерело: розроблено авторами

диспергатора, рисунок 3а. Внаслідок цього через отвори Г рисунок 3а, відбувалося виведення значної маси рідини.

Для подальшого покращення рівномірності розподілення диспергованої рідини запропоновано диспергатор тип 3, рисунок 4, який являє суміщення дзеркального відображення диспергатора тип 2 із введенням рідини в центральну частину, рисунок 4. Робочий розчин через трубку введення 4 подається в камеру 3 в якій відбувається розділення на два потоки з наступним створенням плівки яка рухається в зону більшого діаметру.



1 – диспергатор, 2 – відбійні кільця, 3 – розподільча камера, 4 – трубка подачі робочого розчину, 5 – елемент кріплення до валу

а) Конструкція диспергатора тип 3
 $L_3 = 1,63L$

б) Гістограма розподілення рідини по довжині $G = 19,6 \frac{кг}{год}$, $a = 0,071 (\frac{кг}{м \cdot с})$,
 $n = 60 \text{ 1/с}$, $w_{л} = 9 \text{ м/с}$

Рис. 4. Механічний диспергатор тип 3

Джерело: розроблено авторами

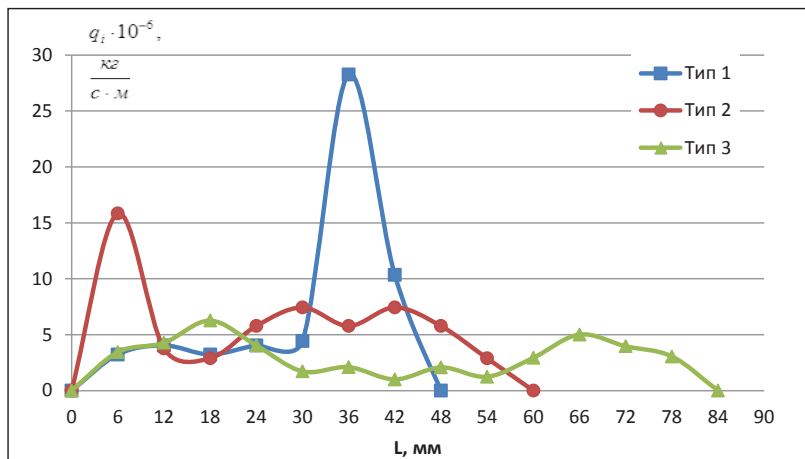


Рис. 5. Щільність розподілу маси рідини по довжині зони диспергування для диспергаторів Тип 1, Тип 2, Тип 3

Джерело: розроблено авторами

Відбійні кільця 2 розбивають струмені рідини, що рухаються по зовнішній поверхні диспергатора та сприяють ефективному диспергуванню на більшій довжині, рисунок 4в,г.

В результаті вдалося суттєво змінити гістограму розподілення по довжині ротора $h_1:h_2:h_3:h_4:h_5:h_6:h_7:h_8:h_9:h_{10}:h_{11}:h_{12}:h_{13} = 3,4:4,2:6,2:4:1,7:2:1:2:1,2:2,9:5:4:3$. За рівномірністю розподілення можна умовно виділити в 3 зони. h_I , h_{III} зона зрошення диспергатором 1 та 1а, з середнім значенням $h_I = 37,7$ мм, $h_{III} = 31,3$ мм. В зоні h_{II} спостерігається явний мінімум по розподіленню в порівнянні з зонами h_I та h_{III} , $h_{II} = 13,64$ мм через розміщення розподільчої камери та малої лінійної швидкості в даній області $w_{л} = 3-4$ м/с.

Щільність розподілення визначалась за формулою:

$$g_i = \frac{h_i \cdot G}{\sum h_i \cdot 3600 \cdot L_p}$$

де G – масові витрати рідини, кг/год;

h_i – висота стовпа рідини в окремій комірці касети, мм;

L_p – робоча зона зрошення, мм;

$\sum h_i$ – сума висот стовпів рідини у всіх комірках, мм.

Залежність $g = f(L)$ для трьох типів диспергаторів наведена на рисунку 5.

Наявність максимумів для диспергаторів типу 1 і 2, що в 6 і 3 рази перевищують базовий рівень, що є неприйнятним і сприяє утворенню локальної зони перезволоження. Більш ефективним є диспергатор тип 3 де співвідношення значно менше.

Оцінку рівномірності диспергування проводили по індексу щільності розподілення:

$$j_{max} = \frac{g_{i,max}}{L_p}$$

де L_p – ширина робочої зони розпилення, а $g_{i,max}$ – максимальне значення щільності розподілення рідини в окремій мірній колбі, мм;

Порівняння індексу щільності показує, що найбільшій рівномірності розподіленню досягнуто при застосуванні конструкції третього типу, що в 4,5 рази менший ніж у диспергаторі типу 1 і в 2,5 рази типу 2.

Висновки. Проведені дослідження показали, що при застосуванні механічних диспергаторів з перфорованою поверхнею швидкостях $w_{л}$ менше

$9 \frac{м}{с}$, на зовнішній поверхні за рахунок сил поверхневого на-

тягу утворюються струмені рідини, які зумовлюють зони локального перезволоження, тип 1.

Запропонована нова конструкція диспергатора тип 2, яка усуває вказані недоліки. Експериментально встановлено вплив конструкції та росташування живильної трубки по відношенню до торцевої поверхні диспергатора, тип 2.

Результати досліджень покладені в основу технічного рішення конструкції диспергатора тип 3. У якого індекс щільності розпилення в 2,5 ніж у диспергатора тип 2 та в 4,5 рази ніж тип 1. В подальшому доцільно проводити дослідження впливу числа обертів та витрат в диспергаторі тип 3 на щільність розподілення та середній розмір крапель.

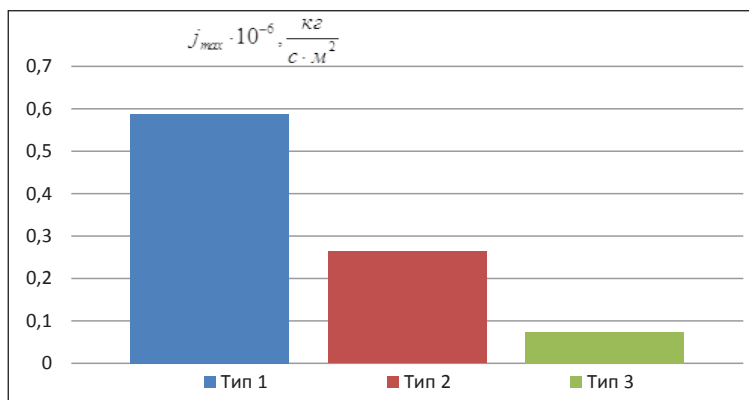


Рис. 6. Індекс щільності розпилення j_{max} для різних типів диспергатора

Джерело: розроблено авторами

Список літератури:

1. Pawar S. K., Henrikson F., Finotello G., Padding J. T., Deen N. G., Jongsma A. An experimental study of droplet-particle collisions / Pawar S. K. – Powder Technology, the Netherlands, 2016.
2. Nandiyanto A. B. D., Okuyama K. Progress in developing spray-drying methods for the production of controlled morphology particles: from the nanometer to submicrometer size ranges / Okuyama K. – Advanced Powder Technology, Japan, 2011.
3. Технологии грануляции компании Glatt. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.glatt.com>
4. Корнієнко Я. М., д.т.н., проф., Цюпляшук А. М. магістрант. Вплив шорсткості й змочуваності робочої поверхні кінцевого диспергатора на диспергування рідкої фази Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».

Манастырний М.Н., Корниенко Я.Н., Любека А.Н.

Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МЕХАНИЧЕСКОГО ДИСПЕРГАТОРА

Аннотация

Одностадийные процессы получения твердых веществ из жидких систем при применении газового теплоносителя нашли широкое применение в химической, пищевой, фармацевтической и других отраслях. Особенно это актуально для получения гранулированных продуктов путем обезвоживания рабочих растворов в псевдооживленном слое. Применение техники псевдооживления позволяет получить гранулированный продукт различной структуры [1, 2]. Устойчивость кинетики таких многофакторных процессов существенно зависит от способов введения жидкой фазы. В статье изложены результаты оценки эффективности работы механического диспергатора. Проведено анализ трех типов диспергаторов. Установлено влияние конструкции и размещения питательной трубки по отношению к торцевой поверхности диспергатора.

Ключевые слова: диспергатор, распределения, распыления, псевдооживления, обезвоживание.

Manastyorny M.N., Kornienko Y.N., Lyubek A.N.

Kiev I. Sikorsky Polytechnic Institute

THE EVALUATION EFFICIENCY OF WORKING MECHANICAL LIQUID DISTRIBUTOR

Summary

The one stage process for preparing solid substances from liquid systems when used coolant gas have been widely used in chemical, food, pharmaceutical and other industries. This is especially important for obtaining granulated products by dewatering solutions in a fluidized bed. Application of the fluidization technique makes it possible to obtain a granular product of different structures [1, 2]. The stability of the kinetics of such multifactor processes depends substantially on the methods of introducing the liquid phase. The paper presents the results of an evaluation of the efficiency of a mechanical liquid distributor. Three types of liquid distributors were analyzed. The effect of the construction and placement of the feed tube with respect to the end surface of the liquid distributor is established.

Keywords: liquid distributor, distribution, spraying, fluidization, dehydration.