

Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 160 – 167. – Bibliogr.: 7. – ISSN 2079-0821.

One of the main factors limiting the active use of gas jet mills is the increased mill design wear. To develop recommendations for the protection of gas-jet mill accelerating tube is necessary to examine of dynamic parameters change regularities at solid particles accelerating.

In the work change character of energy source velocity and solid particles flowing in a plane channel of gas-jet mill model velocity are examined. Dependence of solid particles velocity from the pressure at the inlet to the accelerating tube, feed solids density and cross-sectional area of the feed hopper are established. The conditions under which the equal distribution of particles in the channel cross section at the outlet of the accelerating tube is achieved are defined.

Key words: two-phase flow, energy source velocity, bulk particle velocity, plane channel, the feed hopper, accelerating tube.

УДК 669.01: 621.9

Є.В. ШТЕФАН, д-р техн. наук, проф., НУХТ, Київ

Д.В. РИНДЮК, канд. техн. наук, доц., НУХТ, Київ

ГРАНУЛЮВАННЯ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ В УМОВАХ КОНТАКТНОГО ТЕРТЯ З РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ МАШИН

В роботі розглянуто проблему гранулювання дисперсних матеріалів в умовах контактного тертя з робочими органами вузла пресування гранулятора. Досліджено вплив шорсткості контактної поверхні на коефіцієнт тертя ковзання при різних швидкостях руху дисперсних матеріалів (стружка сосни та лушпиння соняшника) по сталевій поверхні в каналі формуючої головки.

Ключові слова: дисперсні матеріали, тертя ковзання, гранулювання, шорсткість, біопаливо, екструзія, математична модель.

Вступ. Виробництво твердого біопалива є актуальною потребою для паливно-енергетичного комплексу будь-якої розвиненої країни світу, а отже виникає необхідність в дослідженнях, що дали б змогу розкрити особливості процесу пресування при гранулюванні паливних гранул.

В роботі [1] було розглянуто проблему визначення оптимальних конструктивно-технологічних параметрів процесу гранулювання дисперсних матеріалів (ДМ) екструзією та отримані залежності впливу основних технічних характеристик вузла пресування гранулятора (рис. 1) на якість кінцевого продукту – гранулу.

Незалежно від апаратного оформлення процесу гранулювання екструзією одним з основних параметрів, що визначає закономірність формування

дера: підвищення величини коефіцієнта тертя сприяє збільшенню густини гранул, проте значно збільшує й енерговитрати на процес пресування [2].

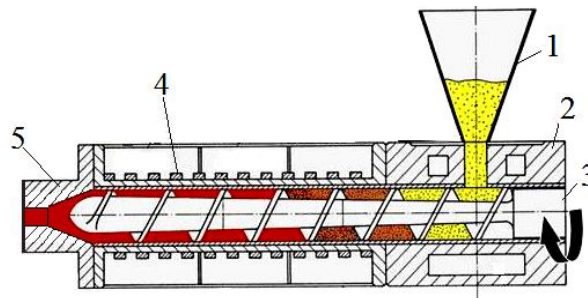


Рис. 1 – Схема вузла пресування шнекового гранулятора-екструдера: 1 – бункер; 2 – циліндр; 3 – шнек; 4 – нагрівач; 5 – формуюча головка.

При русі дисперсного матеріалу по поверхні отворів формуючої головки, виникають зусилля тертя, що включають в себе зусилля адгезії. Проте, через невисоку кількість вологи (8 % – 12 %) в дисперсній сировині, що гранулюється, зусиллями адгезії зазвичай нехтують [3, 4].

Метою роботи є визначення впливу шорсткості контактної поверхні на коефіцієнт тертя ковзання при різних швидкостях руху ДМ в каналі формуючої головки. Розглянуто процес екструзії стружки сосни та лущиння соняшника крізь отвори сталеві матриці.

Методика досліджень оснований на проведенні багатофакторного експерименту з послідовним статистичним обробленням результатів та створенням відповідних математичних залежностей коефіцієнта тертя при різних швидкостях руху ДМ по поверхням отворів різної шорсткості формуючої головки.

У загальному вигляді таку математичну залежність представимо у вигляді:

$$f = F(v, Ra), \quad (1)$$

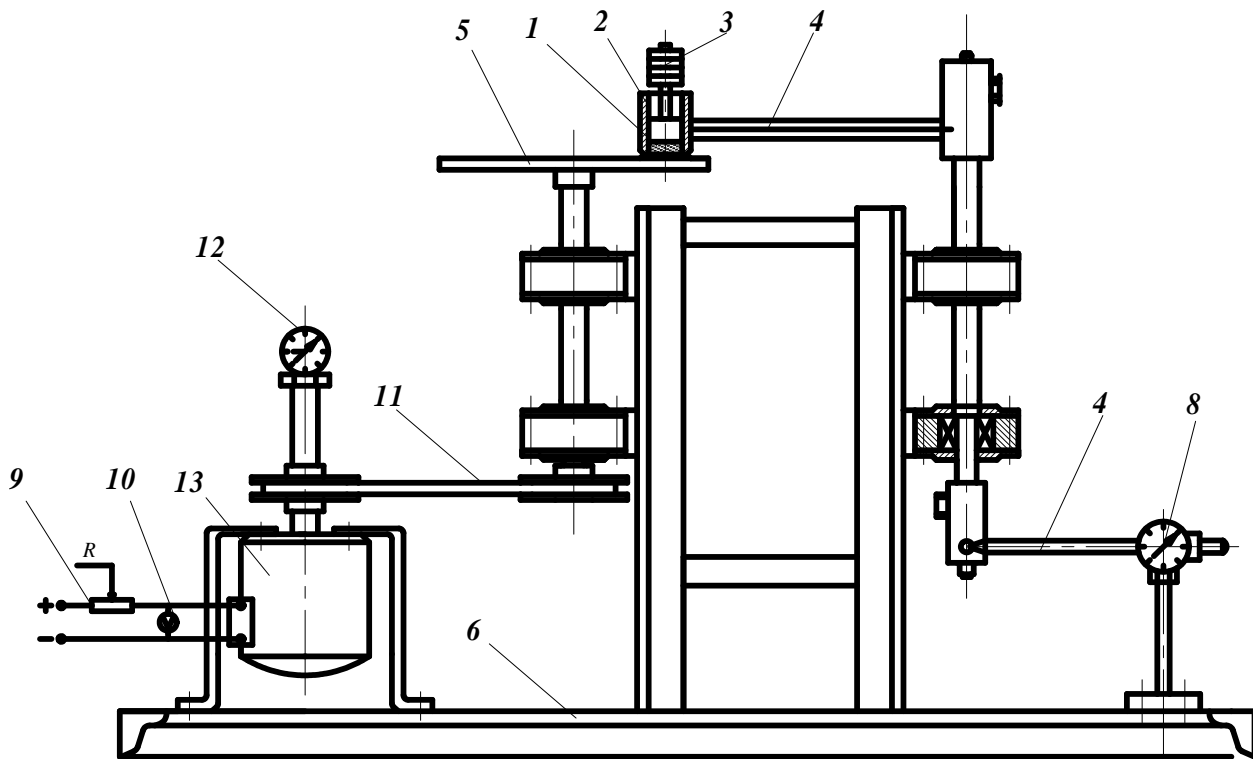
де f – коефіцієнт тертя між ДМ та поверхнею отвору формуючої головки; Ra – шорсткість обробки поверхні отвору формуючої головки; v – швидкість руху сировини, м/с.

З використанням факторного експерименту другого порядку рівняння (1) набуває вигляду полінома [5]:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1x_2 + b_4x_1^2 + b_5x_2^2,$$

де y – асоціюється з коефіцієнтом тертя f , x_1 , x_2 з v та Ra відповідно.

Для проведення комплексу натурних експериментів використовувалась лабораторна установка для дослідження впливу залежності коефіцієнта тертя між ДМ та сталеву контактною поверхнею при різних шорсткості оброблення поверхні та швидкостях руху сировини (рис. 2).



1 – продукт, що досліджується; 2 – тримач; 3 – вантажі; 4 – важелі; 5 – диск; 6 – станина; 8 – динамометр; 9 – реостат; 11 – пасова передача; 12 – тахометр; 13 – двигун.

Установка складається з тримача 2, в якому знаходиться дослідний матеріал (гранула) 1, притискних вантажів 3, важелів 4 та 7, змінного диска 5, електродвигуна 13 із пасовою передачею 11, реостата 14, динамометра 8, тахометра 12, вольтметра 10, станини 6.

Тримач 2 закріплений на важелі таким чином, що між ним і диском 5 утворюється щілина розміром до 0.5 мм.

Рух диску 6 передається пасовою передачею 1 від електродвигуна 13.

Швидкість обертання двигуна змінюється за допомогою реостата 14 і визначається тахометром 12. З метою використання гранул як предмету дос-

ліджень в установці змінено конструкцію тримача 2 для досліджуваної сировини, систему важелів 4, 7 та відрегульовано динамометр 8 для вимірювання коефіцієнта тертя, також використано набір дисків 5 з різною шорсткістю поверхні.

Таблиця 1 – Інтервали варіювання

Інтервали варіювання	x_1	x_2
Нульовий рівень	0,03	6,35
Крок варіювання	0,02	6,15
Нижній рівень	0,01	0,2
Верхній рівень	0,05	12,5

Порядок проведення досліджень по визначенню коефіцієнта тертя гранул по сталевій поверхні з різною шорсткістю складається з наступних етапів:

1. Підготовка установки до роботи.
2. Виготовлення гранули з досліджуваного ДМ у вигляді зразку циліндричної форми діаметром 40 і висотою 40 мм [6].
3. Встановлення зразка в тримач 2 (рис. 2).
4. Увімкнення електродвигуна та встановлення циліндра з продуктом у робоче положення.
5. За допомогою динамометра визначення значення зусилля тертя G та за кількістю змінних пластин 3 зафіксувати зусилля притискання N зразка 1 до контактної поверхні 5.
6. За допомогою тахометра 12 завдання кутової швидкості диска ω , яка повинна відповідати швидкості руху ДМ по внутрішній поверхні отворів формуючої головки.
7. Проведення дослідів згідно розробленого плану багатофакторного експерименту.

Результати досліджень. В результаті статистичного оброблення результатів проведених експериментів отримано рівняння регресії (табл. 2), що описують залежність коефіцієнта тертя f між ДМ та поверхнею формуючого отвору при різній шорсткості Ra оброблення поверхні та швидкостях руху v сировини.

Графічне відображення отриманих рівнянь має вигляд поверхонь відгук (рис. 3), які дають уяву про вплив шорсткості Ra оброблення поверхні та швидкості руху v сировини на коефіцієнт тертя f між ДМ та поверхнею фор-



муючого отвору.

Рис. 3 – Поверхні відгуку коефіцієнта тертя f від шорсткості Ra оброблення поверхні та швидкості руху v , м/с сировини (а – стружка сосни, б – лущиння соняшника)

Таблиця 2 – Результати статистичного оброблення результатів експериментів

№ п/п	Тип сировини	Рівняння регресії
1	Лущиння соняшника	$f = 0.3727 - 5,5v + 0.019Ra - 0,0815v \cdot Ra - 0.0002Ra^2 + 70v^2$
2	Стружка сосни	$f = 0.391 - 9.2v + 0.022Ra - 0,0813v \cdot Ra - 0.0001Ra^2 + 167.5v^2$

Висновки.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що зі збільшенням шорсткості контактної поверхні при мінімальних швидкостях руху сировини коефіцієнт тертя ковзання буде збільшуватись.

Також слід зазначити, що зростання коефіцієнта тертя ковзання для стружки сосни при максимальній швидкості руху, очевидно, відбувається за рахунок зміни властивостей ДМ. Зміна властивостей ДМ обумовлена, насамперед, розчиненням лігніну під впливом підвищення температури, що відбулась за рахунок інтенсивного тертя між контактними поверхнями. Це пояснюється тим, що при відносно низьких температурах процесу (до 150 °С) переважними є реакції гідролітичного розкладання вуглеводів сировини й часткова деполімеризація лігніну з утворенням низькомолекулярних фрагментів.

Підвищення температури процесу підсилює ступінь деструкції вуглеводів, а з реакціями деполімеризації лігніну починають конкурувати реакції його реполімеризації [7]. В наступних роботах планується провести докладні дослідження енергозатрат необхідних на проведення процесу гранулювання екструзією з урахуванням впливу коефіцієнта тертя ковзання між контактними поверхнями сировини та прес-матриці екструдера.

Отримані результати доцільно використовувати в якості рекомендацій

при організації технологічного процесу гранулювання дисперсних матеріалів екструзією та конструюванні відповідного обладнання.

Список літератури: 1. *Rindyuk D.V.* The method of determination of the optimal parameters of dispersed materials granulation through consolidation / *D.V. Rindyuk, S.Y. Lementar* // Food and Environment Safety. Journal of Faculty of Food Engineering, Ștefan cel Mare University. – 2012. – Vol. XI, Iss. 2. – P. 15 – 18. 2. *Samuelsson R.* Moisture content and storage time influence the binding mechanisms in biofuel wood pellets / [*R. Samuelsson, S.H. Larsson, M. Thyrel et all.*] // Applied Energy. – 2012. – Vol. 99. – P. 109 – 115. 3. *Крагельский И.В.* Трение и износ / *И.В. Крагельский*. – М.: Машгиз, 1962. – 363 с. 4. *Дерягин Б.В.* Адгезия твердых тел / *Б.В. Дерягин*. – М.: Химия, 1973. – 140 с. 5. *Федоров В.В.* Теория оптимального эксперимента (планирование регрессионных экспериментов) / *В.В. Федоров* – М.: Наука, 1971. – 312 с. 6. *Штефан Є.В.* Дослідження структурно-механічних властивостей дисперсних матеріалів рослинного походження / *Є.В. Штефан, Д.В. Риндюк, О.В. Таран* // Вісник Вінницького національного аграрного університету. – 2012. – Т. 1, № 10. – (Серія: Технічні науки). – С. 181 – 187. 7. *Оболенская А.В.* Практические работы по химии древесины и целлюлозы / [*А.В. Оболенская, В.П. Щеголев, Г.Л. Аким и др.*]. – М.: Лесная промышленность, 1965. – 441 с.

Referens: 1. *Rindyuk D.V.* The method of determination of the optimal parameters of dispersed materials granulation through consolidation / *D.V. Rindyuk, S.Y. Lementar* // Food and Environment Safety. Journal of Faculty of Food Engineering, Ștefan cel Mare University. – 2012. – Vol. XI, Iss. 2. – P. 15 – 18. 2. *Samuelsson R.* Moisture content and storage time influence the binding mechanisms in biofuel wood pellets / [*R. Samuelsson, S.H. Larsson, M. Thyrel et all.*] // Applied Energy. – 2012. – Vol. 99. – P. 109 – 115. 3. *Kragel'skij I.V.* Trenie i iznos / *I.V. Kragel'skij*. – Moscow: Mashgiz, 1962. – 363 s. 4. *Derjagin B.V.* Adgezija tverdyh tel / *B.V. Derjagin*. – Moscow: Himija, 1973. – 140 s. 5. *Fedorov V.V.* Teorija optimal'nogo jeksperimenta (planirovanie regressionnyh jeksperimentov) / *V.V. Fedorov*. – Moscow: Nauka, 1971. – 312 s. 6. *Shtefan Ye.V.* Doslidzhennya strukturno-mekhanichnykh vlastyvostey dyspersnykh materialiv roslynnoho pokhodzhennya / *Ye.V. Shtefan, D.V. Ryndyuk, O.V. Taran* // Visnyk Vinnyts'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. – 2012. – Vol. 1, № 10. – (Seriya: Tekhnichni nauky). – S. 181 – 187. 7. *Obolenskaja A.V.* Prakticheskie raboty po himii drevesiny i celljulozy / [*A.V. Obolenskaja, V.P. Shhegolev, G.L. Akim i dr.*]. – Moscow: Lesnaja promyshlennost', 1965. – 441 s.

Надійшла до редколегії (Received by the editorial board) 28.07.2014.

УДК 669.01: 621.9

Гранулювання дисперсних матеріалів в умовах контактного тертя з робочими органами машин / Є.В. ШТЕФАН, Д.В. РИНДЮК // Вісник НТУ «ХП». – 2014. – № 52 (1094). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 167 – 173. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0821.

В работе рассмотрена проблема гранулирования дисперсных материалов в условиях контактного трения с рабочими органами узла прессования гранулятора. Исследовано влияние шероховатости контактной поверхности на коэффициент трения скольжения при различных скоростях движения дисперсных материалов (стружка сосны и лузги подсолнечника) по стальной поверхности в канале формующей головки.

Ключевые слова: дисперсные материалы, трения скольжения, гранулирования, шероховатость, биотопливо, экструзия, математическая модель.

UDC 669.01: 621.9

Disperse materials granulation under contact with friction on equipment elements working surfaces / E.V. SHTEFAN, D.V. RINDYUK // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № 52 (1094). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 167 – 173. – Bibliogr.: 7. – ISSN 2079-0821.

The paper's topic is connected with the actual problem of solid bio fuel manufacturing. The organic disperse material compaction technologies is observed. The article is devoted to creation of scientific bases of designing both improvement of processes and equipment of solid bio fuel production. It will provide an opportunity of rational constructive–technological design data choice of the equipment and modes of its operation. This paper considers the problem of disperse materials granulation under contact with friction at working surfaces in the pressing node. One of the main parameters that have great influence on granules shaping features is friction coefficient between extruders working surfaces and disperses materials. The experimental method of friction coefficient determination is presented. The steel contact surface roughness influence on friction coefficient with different speed moving of disperse material (pine shavings and sunflower husks) is studied. The experimental results statistic analyze (regressed methods) gave it's possible to obtain analytic equation for friction coefficient calculation.

Keywords: disperse materials, friction, granulation, roughness, bio fuel energy, extrusion, mathematical model.

УДК 666.9.015.42:666.971.3

С.О. КИСЕЛЬОВА, канд. техн. наук, доц., УДАЗТ, Харків

ВПЛИВ ДОБАВКИ РОЗЧИНУ АЛЮМІНІЙ (III) ХЛОРИДУ НА ГІДРАТАЦІЮ ВАПНЯНО – КРЕМНЕЗЕМНОЇ СУМІШІ ПРИ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРАХ АВТОКЛАВУВАННЯ.

ЧАСТИНА 2. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПРОЦЕСІВ ГІДРАТАЦІЇ В СИЛІКАТНІЙ СУМІШІ З КОМПЛЕКСНОЮ ДОБАВКОЮ ВІДХОДУ ПОМОЛЬНИХ ТІЛ ТА АЛЮМІНІЙ (III) ХЛОРИДУ

Досліджено закономірності процесів гідратації в модифікованих вапняно-кремнеземних сумішах. У даній частині статті розглянуто вплив комплексної добавки на основі відходу помольних тіл та розчину алюміній (III) хлориду на процеси фазоутворення та формування мікроструктури силікатного матеріалу. Наведено результати рентгено-фазових, диференційно-термічних та петрографічних досліджень. На основі виконаних досліджень встановлено, що застосування комплексної добавки веде до утворення більшої кількості низькоосновних гідросилікатів кальцію та забезпечує формування щільної структури силікатного матеріалу. Розроблено механізм дії добавки розчину $AlCl_3$, у відповідності з яким катіони алюмінію Al^{3+} адсорбуються на поверхні зерен піску, що запобігає розвитку зародків високоосновних гідросилікатів кальцію і сприяє кристалізації низькоосновних. На основі розробленої комплексної добавки отримані зразки силікатної цегли високої міцності при енергоефективних технологічних параметрах автоклавування.