

УДК 669.01:621.9

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГРАНУЛЮВАННЯ ВІДХОДІВ НА РОТОРНИХ ПРЕСАХ З ПЛОСКОЮ МАТРИЦЕЮ

Олексієнко В.О., к.т.н.,

Фучаджи Н.О., к.т.н.,

Червоткіна О.О., інженер

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-13-06

**Анотація** – розроблено методику розрахунку енергосилових параметрів роторних пресів з плоскою матрицею, яка враховує зміни реологічних властивостей матеріалів що перероблюються, які відбуваються внаслідок термонагріву та використання в матриці каналів змінного перерізу.

**Ключові слова** – гранули, роторний прес, рослинні відходи.

*Постановка проблеми.* У даний час вторинні ресурси рослинної сировини грають велику роль у вирішенні продовольчих, екологічних і енергетичних проблем. Їх слід розглядати як додаткові джерела цінних речовин природного походження. Велика кількість вторинних ресурсів утворюється у процесах зберігання і переробки овочів і фруктів. Рослинні відходи, що утворюються, служать джерелами органічного і мікробного забруднення прилеглих територій. Внаслідок цього неефективно використовується рослинна сировина, відбувається порушення екологічної рівноваги і активне поширення мікроорганізмів, що можуть уражати фрукти, ягоди і овочі.

До вторинних рослинних відходів ми можемо віднести відходи виробництва морквяного соку. Відходи моркви вельми багаті вуглеводами. На їх долю припадає від 70 до 80% по відношенню до загальної кількості сухих речовин. Білки кератину містять всі незамінні і замінимі амінокислоти. Кератин не розчиняється у холодній воді і виключно стійкий до дії високих температур, розчинів солей, спирту, ефіру, розведених кислот.

Особливістю плодоовочевих відходів є те, що вони не спроможні до тривалого зберігання і потребують переробки або консервації. Харчова промисловість, що переробляє, в основному, сільськогосподарську сировину, одна з найбільш багатовідхідних галузей народного господарства. За масштабами утворення відходів вона поступається лише добувним галузям. Промисловість традиційно

орієнтована на отримання з сировини одного основного продукту, при цьому вихід його складає 15...30 % від маси сировини, що переробляється, остання кількість переходить у відходи і побічні продукти. Одна частина вторинних сировинних ресурсів (ВСР) піддається промисловій переробці, інша частина використовується у природному вигляді на кормові цілі в сільському господарстві, як паливо, добрива і сировина для переробки в інших галузях.

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідження деяких авторів свідчать про те, що плодоовочеві відходи містять: до 6.7 % білка; до 19 % вуглеводів; до 0.6 % жиру і до 1.2% зольних елементів. Вони багаті багатьма вітамінами (мг у 100г): А - до 7.2; В - 0,36; В<sub>2</sub>- 0,25; С - 200. За вуглеводним, мінеральним і вітамінним складом і вмістом азоту вони близькі до ідеального живильного середовища для мікроорганізмів.

Відходи моркви вельми багаті вуглеводами. На їх долю припадає від 70 до 80% по відношенню до загальної кількості сухих речовин. Такий високий вміст вуглеводів дозволяє використовувати ці вторинні ресурси як основні інгредієнти для здобуття мікроорганізмів з метою виробництва спирту, харчового і кормового білка, амінокислот, вітамінів і мінеральних елементів. Залишки твердих часток, що отримують в процесі їх переробки, можуть служити як харчові добавки і екологічно безпечні добрива. Комплексна переробка сировини в харчовій промисловості дозволяє її ефективно використовувати, значно знижувати витрати на здобуття додаткової продукції.

*Постановка завдання.* На основі попередніх досліджень нами було прийнято рішення для утилізації відходів виробництва морквяного соку використовувати спосіб гранулювання відходів. Високий вміст вуглеводів дозволяє нам використовувати вторинні ресурси як харчову добавку або натуральний харчовий барвник чи концентрат. Натуральні харчові барвники, що отримують з плодів і овочів, застосовують при виробництві кондитерських виробів, харчових концентратів і так далі. Окрім фарбувальних речовин, вони містять вітаміни, органічні кислоти, мінеральні речовини. Тому додавання їх до продуктів харчування підвищує цінність останніх. Особливістю плодоовочевих відходів є те, що вони не здатні до тривалого зберігання і потребують переробки або консервації протягом 30-40 хв з моменту появи. Використання такого методу дозволяє нам продовжити строки зберігання продукції.

При гранулюванні відходів рослинного походження застосовуються роторні преса з кільцевими або плоскими матрицями. У кільцевих пресах вузол пресування являє собою безпосередньо кільцеву матрицю, закріплену в бандажних кільцях, з розміщеними всередині пресуючими роликками. При цьому реалізуються два варіанти: кільцева матриця обертається, а блок роликків залишається

нерухомим, або навпаки – нерухома матриця і обертовий блок роликів.

Недоліками пресів з кільцевими матрицями є ускладнення конструкції за рахунок наявності механізму примусової подачі матеріалу у внутрішню порожнину матриці, складність і дорожнеча виготовлення матриці, підвищений знос матриці і роликів внаслідок нерівномірного, стрибкоподібного живлення сировиною.

Поряд з кільцевою матрицею все більшого застосування знаходять гранулятори з плоскою матрицею [1]. На базі кафедри ОПХВ Таврійського державного агротехнологічного університету була розроблена конструкція гранулятора з плоскою матрицею, пружними роликами, які мають можливість переміщення уздовж осі вертикального вала.

Схема пресування гранул обертовими роликами представлена на рис. 1. У процесі прокочування сировина запресується у канали обертовими роликами. Після проходження ролика над каналом у ньому відбувається ущільнення і пресування чергової порції матеріалу у вільний об'єм. Потім у канал надходить наступна порція сипучого матеріалу.

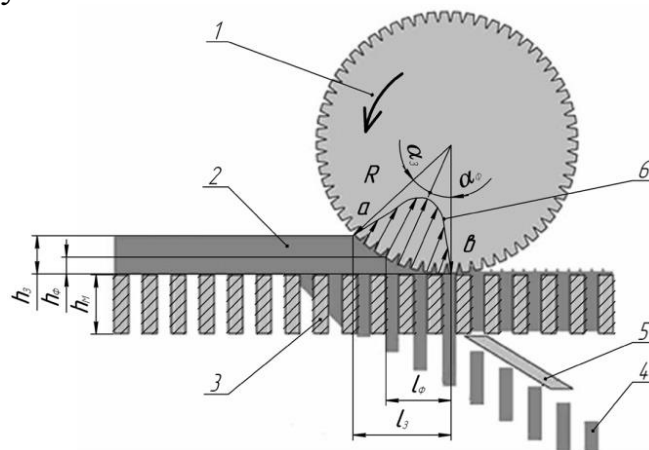


Рис. 1 Схема продавлювання матеріалу через канали матриці: 1 - ролик; 2 - матеріал; 3- матриця; 4 - гранули; 5 - ніж; 6 – епюра напруг.

Преси з плоскою матрицею мають простоту конструкції, зручність експлуатації і обслуговування, тривалий термін безперервної експлуатації і відносну простоту у виробництві матриць. При виготовленні матриць канали в них виконують як з постійним, так і з перемінним перерізом. Наші дослідження показали, що використання каналів змінного перерізу, а також безпосереднє нагрівання самої матриці дозволяють змінити реологічні властивості перероблюваних речовин –зробити їх більш пластичними і, тим самим, знизити енерговитрати процесу гранулювання у цілому.

За результатами досліджень була розроблена методика розрахунку основних параметрів процесу гранулювання на роторному

грануляторі з плоскою матрицею. Розрахунок проводиться у наступній послідовності:

1. Спочатку задаються вихідні дані гранулюючого продукту :

Насипна щільність  $\rho_{нас}$ , кг/м<sup>3</sup>; продуктивність  $Q$ , кг/год; вихідна вологість маси  $W$ , мас.%; необхідна щільність гранул  $\gamma$ , кг/м<sup>3</sup>; діаметр формуючого каналу матриці  $d$ , м; довжина формуючого каналу матриці  $l$ , м; кількість формуючих роликів  $z$  (зазвичай  $z = 2$ ); кут конічної частини  $\alpha$ , град.; коефіцієнт зовнішнього тертя  $f$ ; температура нагріву пресформи  $t$ , °С; коефіцієнт бічного тиску  $\xi$ ; частота обертання вала привода  $n$ , об/хв; живий перетин матриці  $\phi$  (як правило,  $\phi = 23-30\%$ ); питомий тиск пресування  $P_0$ , МПа (визначається за номограмою рис. 5).

Потім визначаються кут природного укусу (внутрішнього тертя)  $\phi_1$ , кут зовнішнього тертя  $\phi_2$ , коефіцієнт внутрішнього тертя  $f_1$ , кут формувань  $\alpha_\phi$  (як правило  $\alpha_\phi \approx 2^\circ$ ), кут захоплення матеріалу  $\alpha_3 = \phi_1 + \phi_2$  і коефіцієнт, що враховує реологічні характеристики матеріалу

$$C_M = P_M^{Max} / P_M^{Min}$$

Розрахункові дані.

а) Визначення основних геометричних характеристик.

Спочатку визначається об'ємна продуктивність гранулятора, м<sup>3</sup>/хв

$$Q_{об} = \frac{Q}{60 \cdot \rho_{нас}^2} \quad (1)$$

Площа перерізу одного отвору, м<sup>2</sup>

$$S_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (2)$$

Число отворів у формуючій матриці

$$m = \frac{Q_{об}}{z \cdot S_0 \cdot n \cdot l} \quad (3)$$

Розрахунковий діаметр матриці (м) визначають за формулою:

$$D_{рас} = \sqrt{\frac{d^2 \cdot m}{\phi} \cdot 100} \quad (4)$$

Радіус формуючого ролика (м) визначають за залежністю:

$$R = \frac{Q}{120 \cdot \pi \cdot z \cdot n \cdot \rho_{нас} \cdot (r_n^2 - r_{вн}^2) \cdot \sin^2(\alpha_\phi / 2) \cdot C_M} \quad (5)$$

де  $r_n$  і  $r_{вн}$  - радіуси поверхні матриці, описувані зовнішнім і внутрішнім торцями ролика відповідно, м.

Довжину ролика (м) розраховують як :

$$L_{рол} = \frac{D_{рас}}{2} \quad (6)$$

Число отворів з урахуванням кроку між ними  $t$  на кожному діаметрі їх розташування:

$$m_t = \frac{\pi \cdot D_n}{t} \quad (7)$$

Площа робочої поверхні матриці, м<sup>2</sup>:

$$S = S_n - S_{вн} = \pi(r_n^2 - r_{вн}^2) \quad (8)$$

Розрахунок живого перетину матриці:

$$\varphi = \frac{S_0 \cdot m_t}{S} \quad (9)$$

б) Визначення параметрів граничного стану.

Визначається гранична швидкість обертання вала, об/хв

$$n_{\max} \leq 30 \sqrt{\frac{f}{4 \cdot R}} \quad (10)$$

При цьому максимальна годинна продуктивність гранулятора (т/ч) дорівнює

$$Q_{\max} = 120 \cdot \pi \cdot z \cdot n_{\max} \cdot \rho_{нас} \cdot R \cdot (r_n^2 - r_{вн}^2) \cdot \sin^2(\alpha_\phi / 2) \cdot C_M \quad (11)$$

в) На цьому етапі визначають силові параметри процесу формування.

Середнє нормальне напруження (МПа) розраховують за залежності:

$$\sigma_b^{\max} = P_{y\phi} (1 + 2\xi)(1 + \sin\varphi_1) + P_M \cdot \sin\varphi_1 \quad (12)$$

Результуючий момент формування (Н м) визначається за формулою:

$$M_\phi = \frac{L \cdot R^2 \cdot f}{2} \cdot \sigma_b^{\max} (\alpha_3 - 2\alpha_\phi) \quad (13)$$

Момент опору при зрушенні надлишків матеріалу (Н м) розраховують за формулою:

$$M_c = \frac{42 P_M \cdot \pi \cdot R^3}{ctg(\varphi_1)} \quad (14)$$

Результуючу силу тиску на валки (МН) можна визначити з виразу:

$$P = \frac{L_{пол} \cdot R \cdot \alpha_3}{2} \cdot \sigma_b^{\max} \quad (15)$$

Кутова швидкість обертання роликів (с<sup>-1</sup>) дорівнює:

$$w = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (16)$$

Потужність приводу гранулятора (кВт) дорівнює:

$$N = \frac{z \cdot (M_\phi + M_c)}{\eta}, \quad (17)$$

де  $\eta = 0,95$  – ККД.

Потужність, що витрачається на нагрів шихти  $N_n$  (кВт), визначається за стандартною методикою [5].

Встановлююча потужність приводу (кВт) дорівнює:

$$N = \frac{(N + N_n) \cdot 1,2}{\eta} \quad (18)$$

**Висновок.** Наведена нами методика дозволяє проводити розрахунок основних енергосилових параметрів пресів з плоскою

матрицею, використовуваних для переробки різних типів рослинних відходів, дана методика враховує зміну реологічних властивостей відходів, що переробляються, внаслідок їх термонагріву і використання каналів змінного перерізу.

Література:

1. Булатов, И. А. Разработка процесса гранулирования древесных топливных гранул методом прокатки на роторных прессах / И. А. Булатов, В. И. Назаров // Инженерные и технологические исследования для устойчивого развития : Междунар. ИНТЕРНЕТ-Форум молодых ученых, аспирантов и студентов, М., 2005-2006 г.г. – <http://www.msuie.ru/unesco.forum/dokl/13.doc>.

2. Назаров, В. И. Особенности разработки процесса прессового гранулирования биотоплива на основе древесных и растительных отходов / В. И. Назаров, И. А. Булатов, Д. А. Макаренков // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2009. – № 2. – С. 35–39.

3. Глебов, И. Т. Резание древесины / И. Т. Глебов. – Екатеринбург : УГЛУ, 2001. – 151 с.

4. Казанков, Ю. В. Расчет и конструирование формующего инструмента / Ю. В. Казанков, В. А. Миронов, М. С. Макаров. – М. : МИХМ, 1986. – 84 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ ОТХОДОВ НА РОТОРНЫХ ПРЕССАХ С ПЛОСКОЙ МАТРИЦЕЙ**

Алексеенко В.А., Фучаджи Н.А, Червоткина А.А.

**Аннотация** - Разработана методика расчета энергосиловых параметров роторных прессов с плоской матрицей, которая учитывает изменения реологических свойств перерабатываемых отходов, которые происходят вследствие термонагрева и использования в матрице каналов переменного сечения.

## **STUDY GRANULATION PROCESS WASTE ON A ROTARY PRESS WITH A FLAT DIE**

Alekseenko V, Fychadzu N, Chervotkina A.

### **Summary**

**The method of calculating energy-power parameters of rotary presses flat matrix that takes into account changes in rheological properties that pereroblyuyutsya that occur as a result termonahrivu and use matrix channels of variable section.**