

АНАЛІЗ МЕТОДОЛОГІЇ ВИТОВЛЕННЯ ДРЕВЕСНИХ ГРАНУЛ ПРЕСУВАННЯМ

Єсіпов О.В., к.т.н., доц, Поляшенко С.О., к.т.н., доц,
Чорноморець М.С., студ.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Метою дослідження було підвищення техніко-економічних та екологічних показників роботи тепло-механічного обладнання і аналіз математичної моделі виробництва гранул з плоскою матрицею.

Вступ. Найбільш поширеним методом формування при виготовленні деревних гранул є пресування продавлювання сировини через канали матриці циліндричними роликками. Ефективність даного методу залежить від фізико-механічних властивостей вихідного деревної сировини, технологічних режимів і умов протікання процесу гранулювання. При цьому немає достатньо обґрунтованої інформації і технічної літератури з компонування, рекомендованому устаткування та технологічних процесів заводів, які виробляють деревні гранули. У науково-технічній літературі та нормативно-технічній документації відсутні дані за оптимальними технологічними умовами і режимам формування гранул методом пресування, що забезпечує стабільно високі теплотехнічні та міцностних характеристик готового продукту.

Робота теплогенераторів та іншого обладнання, що входять в технологічну схему пілетного заводу, супроводжується втратами тепла від зовнішніх огорожень в навколишнє середовище. При виконанні теплових розрахунків теплогенеруючих установок вдаються до нормативних методів 1973 і 1998 року видавництва [1, 2]. При цьому в області вітчизняного та імпорного енергомашинобудування, з того часу, відбулися великі зміни: з'явилися нові види топкових пристроїв, футеровок і обмуровок, систем подачі палива, складні багаторівневі системи автоматизації процесів, що реалізують різні способи спалювання, тому актуальним є питання розробки уточненої методики розрахунку втрат тепла в навколишнє середовище.

Мета. Метою дослідження було підвищення техніко-економічних та екологічних показників роботи тепло-механічного обладнання і аналіз математичної моделі виробництва гранул з плоскою матрицею. Багато країн протягом останніх років створюють платформу для альтернативних і поновлюваних джерел енергії, завдяки якій успішно скорочують частку невідновлюваних палив в енергетичному балансі Європейського Союзу.

Одним з поширених активно використовуваних поновлюваних видів енергоресурсів є деревні паливні гранули (пілети). Щорічне споживання паливних гранул багато вище власних виробничих потужностей ЄС [3].

Виробництво пресованого біопалива дозволяє утилізувати різні види відходів, отримати екологічно чисте висококалорійне паливо, забезпечити основному виробництву статус маловідхідного і екологічно «чистого», знизити витрати на перевезення і зберігання палива в порівнянні з деревними відходами (кусковими і м'якими) або дровами, підвищити культуру виробництва і отримати додатковий прибуток від реалізації біопалива, забезпечити умови для створення і безперебійного функціонування об'єктів малої енергетики, що працюють на місцевих видах палива, створювати нові робочі місця.

Основна частина. Питаннями, пов'язаними з виготовленням облагороджених палив, займалися російські та іноземні вчені [7-17]. Теорія пружності і пластичності детально вивчена і викладена в науково-технічній літературі [5-30]. У роботі Булатова І.А. «Розробка процесу пресового гранулювання дрібнодисперсних середовищ на прикладі мінеральних порошків і деревних відходів» [12, 13] наводиться залежність розподілу тиску по довжині фільтри матриці, яка має експонентний характер від відносної довжини циліндричного каналу матриці. В основу даної математичної моделі були покладені умови рівноваги виділеного елемента деревної гранули в каналі матриці під дією сил тертя і тиску. Автор також пропонує використовувати канали матриці з клиноподібної областю всередині матриць для зменшення перетину прохідного каналу, за рахунок яких через додаткових пластичних деформацій буде збільшуватися питома щільність гранул. Багато іноземних автори так само дотримуються математичної моделі з експоненціальним розподілом тиску [7-17].

Пропонована в статті «Theoretical analysis of the dominant construction-technological parameters of the lumber scrap pelleting systems from the aspect of the optimal main function of the system» [17] математична модель пресування, що дозволяє визначити тиск на один канал матриці, абсолютно не враховує фізичні властивості сировини, а на його величину впливають тільки конструктивні характеристики пресуючих механізмів.

У роботі датських вчених «Fuel pellets from biomass: The importance of the pelletizing pressure and its dependency on the processing conditions» [16] наводиться точно протилежний висновок «pelletizing pressure increased with decreasing particle size». Тому важливо перевірити істинність цих висловлювань і дійти спільних знаменників в виникають питаннях щодо ступеня впливу основних параметрів на тиск і процес пресування в цілому.

У роботі «Modeling the effect of extrusion parameters on density of biomass pellet using artificial neural network» [15] проведено оцінку впливу вологості, швидкості руху пуансона, розміру часток і довжини фільтри на щільність одержуваних гранул.

В даний час для опису процесу гранулювання дрібнодисперсного деревної сировини вдаються до математичної моделі пресування металевих порошків в замкнутих фільтрах. До деревної гранулі прикладається тиск пресування $p_{пр}$, щоб рухати її з постійною швидкістю через матричний канал (фільтру) діаметром D і довжиною L (рис. 1).

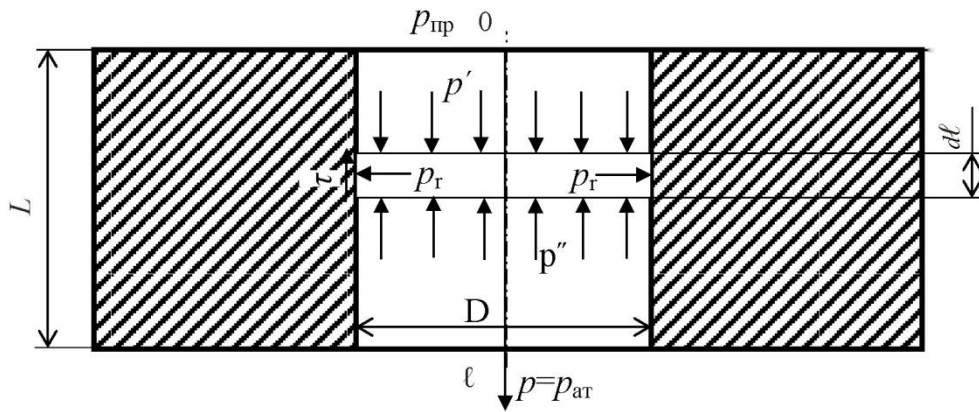


Рис. 1 - Розрахункова схема за визначенням яка викидає сили для гранульованого палива

Для того, щоб гранула рухалася з постійною швидкістю, необхідно, щоб сума всіх діючих на неї сил дорівнювала нулю: $\sum F_i = 0$

Так як отвір матриці являє собою циліндр, використана циліндрична система координат. У цьому випадку зміна параметрів гранули уздовж осі θ в силу симетрії дорівнюватиме нулю, тобто $\frac{\partial}{\partial \theta} = 0$. Уздовж осі циліндра розташована вісь l і нормальна до неї вісь r .

На верхню торцеву поверхню нескінченно малого циліндричного елемента гранули діаметром D і товщиною dl (рисунок 1) діє тиск p' , а на нижню торцеву поверхню – p'' . На бічну циліндричну поверхню виділеного елемента діє дотичне напруження тертя τ і нормальний тиск p_r . Умова рівноваги виділеного елемента записується в наступному вигляді:

$$\frac{\pi D^2 (p' - p'')}{4} - \pi D r dl = 0 \quad (1.2.1)$$

Після нескладних перетворень рівняння приводиться до вигляду:

$$-dp = \frac{4r dl}{D} \quad (1.2.2)$$

У першому наближенні прийнято, що місцеві дотичні напруження τ прямо пропорційні місцевим нормальному тиску p_r :

Замінивши пропорційність, фізичні характеристики матеріалу поверхонь тертя фільтри і гранули на k , вираз (1.2.3) набуде вигляду: (1.2.4)

$$\tau = k p_r \quad (1.2.4)$$

При надходженні вихідної сировини на вхід в фільтру матриці під впливом сили тиску пресувального ролика відбувається ущільнення вихідної сировини і пластична деформація ущільненої маси в циліндр, тобто формування циліндричної гранули закінчується на вході в фільтру. У цьому випадку розвивається Пресовий ролик тиск на вході в фільтру буде максимальним, яке потім знижується у міру просування спресованої маси по фільт'ері. Так як осьовий тиск по довжині фільтри знижується, то додаткових пластичних деформацій не

відбувається, а сама гранула в міру просування по філь'єрі буде перебувати в пружно-напруженому стані. Вибір в якості розрахункової моделі циліндричного елемента гранули зовнішнім діаметром D і нескінченно малої довжини dl призводить до того, що перепад тиску по довжині цього елемента буде малим, пружні деформації будуть малі, внаслідок чого пружне стан цього елемента буде підкорятися закону Гука.

Виходячи із зазначених вище умов, радіальне тиск p_r може бути визначено через осьовий тиск p по залежності:

$$p_r = \nu p \quad (1.2.5)$$

де ν - коефіцієнт Пуассона.

З урахуванням (1.2.4) і (1.2.5) вираз (1.2.2) приймає вид:

$$dp = \frac{-4k\nu p}{D} dl \quad (1.2.6)$$

Після поділу змінних і інтегрування (1.2.6) набуває вигляду:

$$p = C \cdot \exp\left(\frac{-4k\nu l}{D}\right) \quad (1.2.7)$$

де C - константа інтегрування

Для визначення константи інтегрування C вибрано гранична умова: при $l = L$ тиск на торцеву поверхню $p = p_{ат}$.

Після підстановки граничних умов в рівняння (1.2.7):

$$C = p_{ат} \exp\left(\frac{4k\nu L}{D}\right) \quad (1.2.8)$$

Рівняння розподілу тиску по довжині гранули в каналі матриці набуває вигляду:

$$p = p_{ат} \exp\left(\frac{4k\nu(L-l)}{D}\right) \quad (1.2.9)$$

Вважаючи $l = 0$, отримано вираз для визначення величини тиску для проштовхування спресованої гранули:

$$p_{np} = p_{ат} \cdot \exp\left(\frac{4k\nu l}{D}\right) \quad (1.2.10)$$

Як слідує із залежності (1.2.9), розподіл тиску в деревній гранулі по довжині каналу матриці носить експоненційний характер (рисунок 2).

Для перевірки відповідності отриманої математичної моделі дійсним фізичним процесам у прес-гранулі бил виконаний ряд експериментальних дослідів з визначення тиску проштовхування спресованої деревної гранули діаметром 8мм з одиночної фільєри матриці довжиною 50 мм. На малюнку 3 представлені результати експериментальних досліджень для деревної гранули з

соснових опилок різного вологовміщення початкової сировини і гранулометричним складом до 1 мм [4].

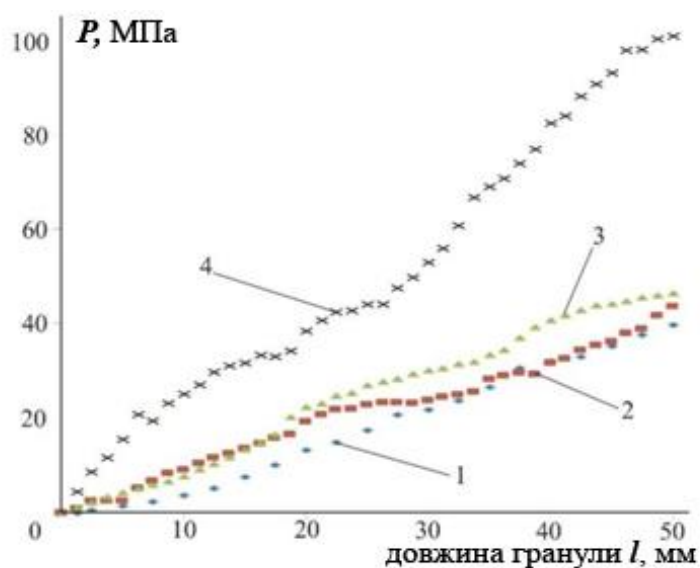


Рис. 2 - Теоретична залежність тиску проштовхування від довжини гранули

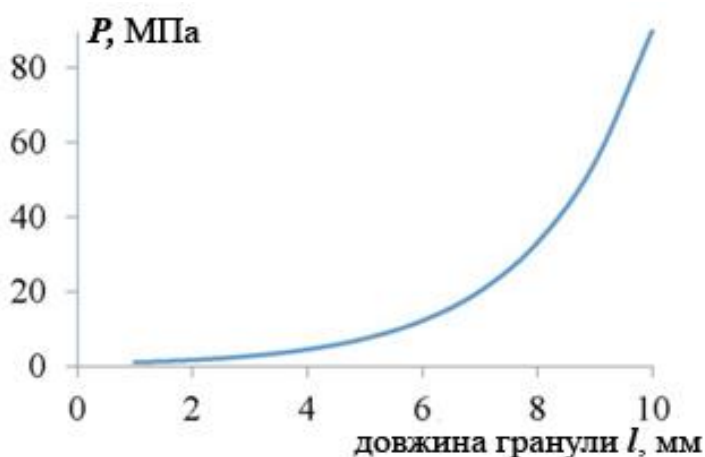


Рис. 3 - Зміна тиску проштовхування гранули в залежності від довжини гранули і вмісту води дрібнодисперсного деревної сировини:

1 - 6,1%; 2 - 10,9%; 3 - 15%; 4 - 20%

З рисунку 3 видно, що залежність тиску проштовхування від довжини спресованої гранули $p = f(l)$ носить квазілінійний характер, що явно суперечить залежності (1.2.10). Якщо проаналізувати сам висновок залежності (1.2.10), то видно, що величина тиску виштовхування гранули дуже сильно залежить від протитиску на виході з фільтри. Це справедливо при пресуванні гранул з порошкових матеріалів в замкнених каналах або фільтрах. У прес-грануляторі вихідний отвір каналу матриці має вільний вихід в атмосферу, і тиск тут дорівнює атмосферному. Якщо умовно помістити його в газощільних камеру і почати вакуумувати, то постійна інтегрування C , відповідно до рівняння (1.2.8), почне знижуватися і прагнути до нуля. У цьому випадку відповідно до рівняння

(1.2.10) тиск пресування також буде прагнути до нуля, тобто $p_{np} \rightarrow 0$, що суперечить фізиці процесу гранулювання.

Висновок. На підставі вище сказаного можна стверджувати, що використовувана в даний час математична модель процесу пресування пілет в грануляторах не відображає реальної фізики процесу гранулювання. Необхідним є розробка математичної моделі пресування деревних гранул, заснованої на положеннях теорії пружності і пластичності, підтвердженої результатами реальних експериментів. Що може бути основою для розробки і конструювання пресуючи механізмів, призначених для отримання гранульованого палива з сировини з різними фізико-механічними властивостями.

Список використаних джерел

1. Б.Х. Драганов, О.Ф. Буляндра, А.В. Міщенко. Теплоенергетичні установки і системи в сільському господарстві. Київ. Урожай 1995. 222с.
2. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). Издание 3-е, перераб. и доп. - СПб: НПО ЦКТИ, 1998. - 256 с.
3. Bob Flach, Karin Bendz, Roswitha Krautgartner and Sabine Lieberz. EU Biofuels Annual 2013. The Hague.
4. Г.М. Калетнік, В.М. Пришляк. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в АПК України. Вінниця 2008. 190с.
5. Назаров, В.И. Исследование процесса гранулирования дисперсных отходов на роторных прессах с плоской матрицей/ В.И.Назаров, Д.А.Макаренков, И.А.Булатов. // Вестник МИТХТ. - 2010. - т.5, №6. - С. 13-16.
6. Гомонай, М.В. Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы/ М.В. Гомонай// - М.: ГОУ ВПОМГУЛ, 2006. - 68 с.
7. Niels Peter K. Nielsen, Douglas J. Gardner, Torben Poulsen, Claus Felby. Importance of temperature, moisture content, and species for the conversion process of wood residues into fuel pellets. Wood and Fiber Science, 41(4), 2009, pp. 414-425.
8. Holm J K, Henriksen U B, Johan E. Hustad J E, et al. Toward an understanding of controlling parameters in softwood and hardwood pellets production [J]. Energy and Fuels, 2006, 20(6): 2686-2694.
9. Krizan P., Soos L., Vukelic Dj. Counter pressure effecting on compacted briquette in pressing chamber. Journal of Production Engineering. Vol.12, No.1, 2010, pp.63-66.
10. Holm J K, Henriksen U B , Kim Wand K, et al. Hustad and dor the posselt. Experimental verification of novel pellet model using a single pelleter unit [J]. Energy and Fuels, 2007, 21(42): 2446-2449.
11. Mehrdad A, Rolf G, Paul G. The influence of raw material characteristics on the industrial pelletizing process and pellet quality [J]. Fuel Processing Technology, 2008, 89(12): 1442-1447.
12. Булатов И.А. Разработка процесса прессового гранулирования

- мелкодисперсных сред на примере минеральных порошков и древесных отходов. Автореферат кандидатской диссертации. 2012. - 25 с.
13. Назаров В.И., Макаренков Д.А., Булатов И.А. Исследование процесса гранулирования дисперсных отходов на роторных прессах с плоской матрицей. Теоретические основы химической технологии. Вестник МИТХТ, 2010, т.5, No.6. - с. 13-16.
 14. Wolfgang Stelte, Jens K. Holm, Anand R. Sanadi, S0ren Barsberg, Jesper Ahrenfeldt and Ulrik B. Henriksen. Fuel pellets from biomass: The importance of the pelletizing pressure and its dependency on the processing conditions. Fuel. Volume 90, Issue 11, November 2011, pp. 3285–3290.
 15. WU Kai, SHI Shuijuan, PENG Binbin, DING Wuxue, and SUN Yu. Modeling and Analysis on Production Yield and Energy Consumption of Pelleting Process. Journal of Northeast Agricultural University. Vol.17, No.1, March 2010, pp. 65-70.
 16. Krizan P., Soos L., Vukelic Dj. Counter pressure effecting on compacted briquette in pressing chamber. Journal of Production Engineering. Vol.12, No.1, 2010, pp.63-66.
 17. Abedin Zafari, Mohammad Hossein Kianmehr, Rahman Abdolazadeh. Modeling the effect of extrusion parameters on density of biomass pellet using artificial neural network. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture (2013). ISSN: 2195-3228.

Аннотация

АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ГРАНУЛ ПРЕССОВАНИЕМ

Есипов А.В., Поляшенко С.А., Черноморец М.С.

Целью исследования было повышение технико-экономических и экологических показателей работы тепло-механического оборудования и анализ математической модели производства гранул с плоской матрицей.

Abstract

ANALYSIS METHODOLOGY PRODUCTION OF WOOD PELLETS BY PRESS

O. Esipov, S. Polyashenko, M. Chernomorets

That was the aim of the study Increase techno-economic indicators of work and ekologhycheskyh heat-mechanical equipment and production analysis models matematycheskoy granules c ploskoy matrix.