

УДК 631.363

ДВОХМАТРИЧНИЙ ПРЕС-ГРАНУЛЯТОР

І. В. Фльонц^{1,2}, І. І. Чвартацький², Р. В. Шатров³

¹Відокремлений структурний підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський фаховий коледж», Україна.

²Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», Україна.

³Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Стаття з спеціальності: 133 – галузеве машинобудування.

Кореспонденція авторів: flonc_igor@ukr.net.

Історія статті: отримано – квітень 2021, акцептовано – серпень 2021, опубліковано – 30 вересня 2021 року. Бібл. 14, рис. 5, табл. 1.

Анотація. Розвиток промисловості та життєдіяльність людей у напрямку залежать від традиційних видів палива, основні з них це нафта, газ та вугілля.

Основною альтернативою, яка здатна зменшити використання цих джерел енергії є рослинна біомаса. Її виготовляють з органічних залишків сільськогосподарства, лісопереробної промисловості. Крім цього використання біомаси є безпечною для довкілля і здоров'я людини.

Зазначимо, що біомаса потребує розроблення нових технологій переробки на паливо. У цій статті подано аналіз застосування двохматричного прес-гранулятора для виробництва для виробництва пелет із органічної сировини.

Запропоновано методику розрахунку основних конструктивних параметрів прес-гранулятора, обґрунтовано конструктивні особливості конструкції та проведено моделювання основних силових параметрів пристрою за допомогою програми Solidworks simulations.

Основною особливістю запропонованого двохматричного прес-гранулятора є зниження металомісткості обладнання та підвищення продуктивності технологічного процесу пелетування органічних відходів сільськогосподарської продукції шляхом розміщення двох матриць на одній опорній плиті, таким чином, щоб робоча зона пелетування знаходилась між ними, а пресувальні ролики рівномірно по черзі запресовували органічну сировину у отвори філь'єри обох матриць.

Внаслідок проведених науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, спроектовано новий двохматричний прес-гранулятор, що може використовуватись, як і у стаціонарних установках, так і у мобільних комбайнах для пелетування соломи у полі.

Ключові слова: пелетування, органічна сировина, пресування прес-гранулятор, пелети.

Постановка проблеми

Вдосконалення існуючих та розробка нових прес-грануляторів спрямована на покращення конструктивно-технологічних параметрів машини, а саме: підвищення продуктивності, зменшення металомісткості та енергозатратності, оптимізація безвідказного ресурсу.

Найбільш розповсюджені на ринку України гранулятори двох типів з горизонтальною [1] та кільцевими матрицями [2, 3].

Аналізуючи роботу цих грануляторів можна зробити такі висновки підвищення продуктивності можлива лише за умови збільшення габаритних розмірів і швидкості обертання пресувальних роликів.

В той же час використання двохматричного прес-гранулятора дозволить забезпечити аналогічну продуктивність машини при таких же технологічних параметрах, але менших габаритних розмірах.

Аналіз останніх досліджень

Вивченням робочих процесів матричних прес-грануляторів та їх вдосконаленням займалися Ніколаєв Д.І., Подколзін Ю.В., та ін. Дослідженням процесів пресування в грануляторах з кільцевими матрицями займалися Поліщук В.Ю., Кириленко О.С., Ковріков І.Т. та ін., процеси роботи пресів з плоскими матрицями досліджували Попов А.М., Макаренков Д.А., Севостьянов М.В., Осокин А.В., Комар А.С., Болтянська Н.І. [4-8]. В Україні вдосконалення окремих вузлів та елементів матричних пресів займалися Дідух В.Ф., Батраченко О.В., Братішко В.В. [9, 10].

Однак, актуальним та відкритим залишається питання вдосконалення і пошук нових ідей у напрямку вдосконалення обладнання для приготування пелет із органічної сировини.

Мета досліджень

У даній статті поставлено задачу підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення пелет за умови зменшення металомісткості конструктивних елементів прес-гранулятора, шляхом розміщення двох пелетувальних матриць на одній опорній плиті із утворенням робочої зони пелетування між ними.

Результати досліджень

Тож проаналізувавши типи відомих прес-грануляторів, ми пропонуємо наступну конструкцію двохматричного прес-гранулятора кільцевого типу рис. 1 [11].

Запропонований двохматричний прес-гранулятор кільцевого типу за відносно невеликих габаритних розмірів, являється високопродуктивним пристроєм для виробництва пелет із органічної сировини. Він може використовуватись, як і у стаціонарних установках, так і у мобільних комбайнах для пелетування соломи у полі.

Принцип роботи. Крутний момент від двигуна за допомогою пасової передачі передається на ведучий вал 1., який кріпиться на підшипникових вузлах 20. Які в свою чергу закріплені на опорній плиті 2. і диску жорсткості, внутрішньої матриці 7. Далі крутний момент передається через водило 8., яке в свою чергу жорстко закріплене у верхній частині привідного валу 1. на шліцевому з'єднанні.

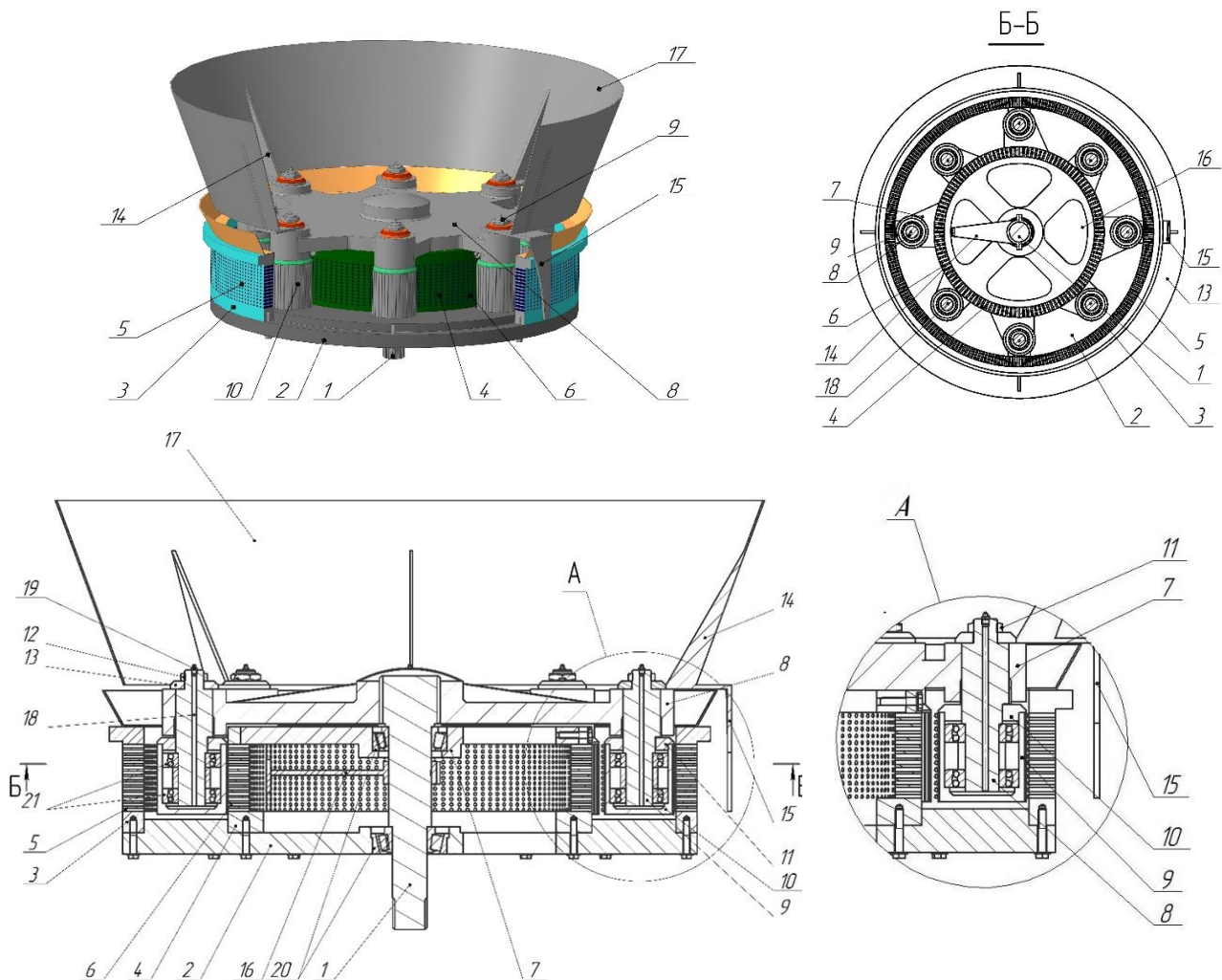


Рис. 1. Двохматричний прес-гранулятор: 1. Ведучий вал, 2. Плита опорна, 3. Зовнішня матриця, 4. Внутрішня матриця, 5. Отвори-філь'єри зовнішньої матриці, 6. Отвори-філь'єри внутрішньої матриці, 7. Диск жорсткості, внутрішньої матриці, 8. Водило, 9. Ексцентричні вали, 10. Пресувальні ролики, 11. Ущільнююча пластина, 12. Гайка, 13. Шайба, 14. Ребро жорсткості, 15. Ніж зовнішньої матриці, 16. Ніж внутрішньої матриці, 17. Жолоб, 18. Отвір для змащування роликів, 19. Маслінка, 20, 21. Підшипникові вузли.

Fig. 1. Two-matrix press granulator:

Далі через водило крутний момент передається до пресувальних роликів 11, які являють собою пустотілий стакан нижня частина якого закрита. Дані ролики вільно обертаються на підшипникових вузлах 21, які в свою чергу посаджені на ексцентрикових

валах 9., які жорстко закріплені до водила на шліцевих з'єднаннях. Таке з'єднання дозволяє переміщаючи у пазах за, або проти годинникової стрілки відносно основної осі, змінювати зазор між роликами і зовнішньою 3., або внутрішньою матрицею 4. в

залежності до якої даний ролик повинен прилягати. Після виходу прес-гранулятора в робочий режим в жолоб 17 і в робочу зону і подається підготовлена органічна сировина з якої виготовлятимуться пелети. Ролики, які вільно обертаються на ексцентрикових валах притискають до стінок зовнішньої і внутрішньої матриць з отворами-філь'єрами 5 і 6. Таким чином порція сировини потрапляє в отвори-філь'єри проштовхує попередньо запресовану сировину, яка утримується у них завдяки силі тертя, яка утворюється між стінками отвору-філь'єри і дотичною до них органічною масою. Внаслідок збільшення тиску в отворі-філь'єрі органічна сировина ущільнюється і нагрівається внаслідок чого в'яжучі речовини (лігнін, пектин, або інші додатково внесені речовини), які містяться у вхідній сировині нагріваються і пластифікуються тим самим фіксують навколо себе частинки вхідної сировини. Завдяки ущільненню щільність запресованої органічної маси збільшується до 1000-1400 кг/м³ при температурі 80-100 °С. Після виходу з отвору-філь'єри пелета в наслідок випаровування внутрішньої вологи, яка міститься у пелеті стрімко охолоджується до 20-40 °С. Завдяки цьому в'яжучі речовини полімеризуються зберігаючи щільність пелет у межах 1000-1200 кг/м³. Завдяки ножам внутрішньої і зовнішньої матриць 15 і 16 готові пелети обламуються на задану довжину і потрапляють у транспортне русло для подальшої сепарації, охолодження.

Аналізуючи конструктивні особливості даного двохматричного прес-гранулятора бачимо, що в конструкції його є дві матриці зовнішня і внутрішня, які жорстко кріпляться наопорні плиті. Причому ролики зовнішньої матриці запресовують сировину з внутрішньої сторони матриці, а ролики внутрішньої матриці запресовують з зовнішньої. Тому при розрахунку силових характеристик слід розраховувати потужності на привід кожної із матриць окремо після чого сумуючи їх.

Умова захоплення матеріалу пресувальними роликами можемо записати наступним таким чином

$$\operatorname{tg} \varphi \geq \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_n \right), \text{ або } \varphi \geq \frac{\pi}{2} - \alpha_n, \quad (1)$$

звідки початковий кут α_n (рис. 3) може визначмо на підставі вираження

$$\alpha_n = \frac{\pi}{2} - \varphi, \quad (2)$$

де φ - кут тертя.

Відзначимо, що не вся спресована маса при щільності $\gamma_{\max}$, проштовхується роликами в отвори, а розподіляється усередині зовні внутрішнього кільця шаром товщиною

$$h_k = h_{\min} + \Delta h, \quad (3)$$

де Δh – збільшення товщини шару маси, спресованої до щільності $\gamma_{\max}$, за рахунок пружного відновлення.

Тому цей шар маси, що знову поступає в камери в цьому випадку

$$h_n = h_o - h_k, \quad (4)$$

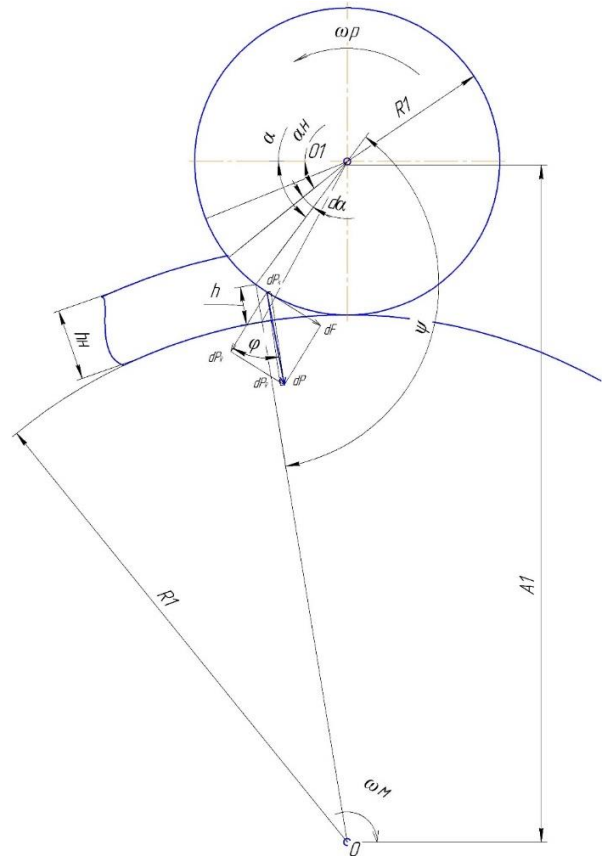


Рис. 2. Схема стиску матеріалів роликами (Внутрішня матриця).

Fig. 2. Scheme of compression of materials by rollers (Internal matrix).

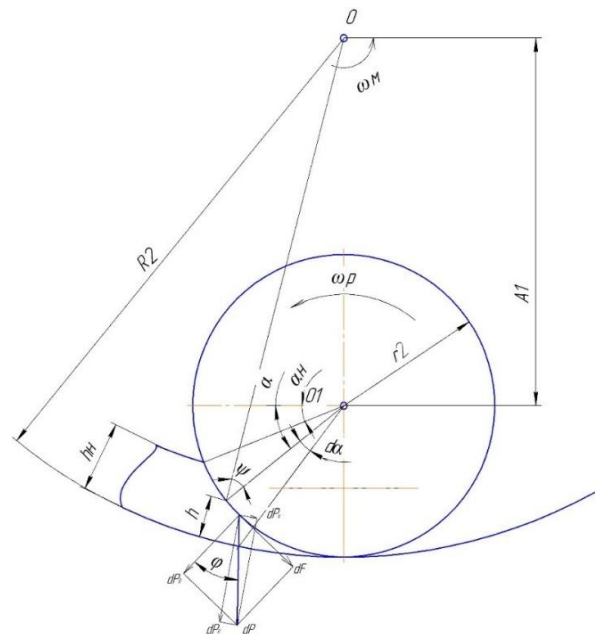


Рис. 3. Схема стиску матеріалів роликами (Зовнішня матриця).

Fig. 3. Scheme of compression of materials by rollers (External matrix).

Таким чином, ми отримаємо дві зони: стиск і відновлення.

На основі рис. 2 визначимо величину початкової товщини спресованого шару

$$h_0 = \sqrt{(R_2 + h_{\min})^2 + 2r_2(1 - \sin \alpha_n) \cdot (R_2 + r_2 + h_{\min})} - R_2, \quad (5)$$

де R_2 – радіус внутрішнього кільця;

r_2 – радіус роликів;

$h_{\min}$ – мінімальний зазор між зовнішнім кільцем і роликом.

Товщина вхідного матеріалу h_0 вираз 5 набуде вигляду

$$h_n = \sqrt{R_2^2 + 2r_2 \cdot (1 - \sin \alpha_n) \cdot (R_2 + r_2)} - R_2. \quad (6)$$

Враховуючи те, що матеріал проштовхується роликами в камери і утримується там силами тертя, які досягають значної величини, то при відсутності зазору між роликом і кільцем $h_{\min}=0$ цілком можна знехтувати зоною відновлення пресованого матеріалу.

Визначимо відношення радіусів R_2 зовнішнього кільця і r_2 ролика, щоб забезпечити максимальну товщину шару h_n маси, що знову подається. Для цього проаналізуємо вираз 2.9. Максимальну величину h_0 і h_n при заданих R_2 , r_2 і $h_{\min}$ як видно із виразу 6, забезпечує максимальне вираження другого числа під радикалом. Враховуючи, що пресувальні камери розташовані радіально по внутрішньому кільцю, нас буде цікавити сила, яка стискає рослинний матеріал в цьому напрямку. Для визначення сили P_r , яка діє в зоні стиску зі сторони ролика на матеріал, виділимо елементарну зону деформації $ds=r \cdot d\alpha$. Тоді сила P_r , яка діє на елементарну площадку в напрямку пресувальної камери

$$dP_R = p \cdot l \cdot \cos \psi \cdot dS = p \cdot l \cdot r \cdot \cos \psi \cdot d\alpha, \quad (7)$$

де l – ширина пресувальної камери.

Питомий тиск P являється, функцією кута α ,

$$p = f(\gamma) = \varphi(\alpha). \quad (8)$$

Щільність запресованого матеріалу в елементарній зоні деформації з товщиною шару h буде

$$\gamma = \gamma_o \cdot \frac{h_n}{h} \quad (9)$$

Пам'ятаючи, що рівне

$$h = \sqrt{R_2^2 + 2r_2 \cdot (1 - \sin \alpha) \cdot (R_2 + r_2)} - R_2, \quad (10)$$

одержимо

$$\gamma = \gamma_o \cdot \frac{h_n}{\sqrt{R_2^2 + 2r_2 \cdot (1 - \sin \alpha) \cdot (R_2 + r_2)} - R_2}. \quad (11)$$

Позначимо відстань між осями водила і ролика через $A_2 = R_2 + r_2$, отримаємо

$$\cos \psi = \frac{r_2 + A_2 \cdot \sin \alpha}{\sqrt{A_2^2 + r_2^2 + 2A_2 \cdot r_2 \cdot \sin \alpha}} \quad (12)$$

Звідси

$$dP_R = l \cdot r_1 \cdot \frac{r_2 + A_2 \cdot \sin \alpha}{\sqrt{A_2^2 + r_2^2 + 2A_2 \cdot r_2 \cdot \sin \alpha}} \cdot \varphi(\alpha) \cdot d\alpha \quad (13)$$

В момент, коли щільність матеріалу під роликом досягає $\gamma_{\max}$ (величина сили зі сторони ролика на пресований матеріал рівна опору камери), розпочнеться переміщення всієї маси в мірі під дією постійної сили.

На основі рівняння 6 отримаємо $\gamma_{\max}$

$$\gamma_{\max} = \gamma_o \cdot \frac{h_n}{\sqrt{R_2^2 + 2A_2 \cdot r_2(1 - \sin \alpha_{np})} - R_2} \quad (14)$$

Звідки кут α_{np} , який відповідає початку переміщення всієї маси в камеру буде рівним

$$\alpha_{np} = \arcsin \left[1 - \frac{\frac{\gamma_o}{\gamma_{\max}} \cdot h_n \cdot \left(2R_2 + \frac{\gamma_o}{\gamma_{\max}} \cdot h_n \right)}{2A_2 \cdot r_2} \right] \quad (15)$$

А рівнодіюча сила P_r , що зі сторони роликів впливає на матеріал, може бути виражена наступним чином

$$P_R = \int_{\alpha_n}^{\alpha_{np}} l \cdot r_2 \cdot \frac{r_1 + A_1 \cdot \sin \alpha}{\sqrt{A_2^2 + r_2^2 + 2A_2 \cdot r_2 \cdot \sin \alpha}} \cdot \varphi(\alpha) \cdot d\alpha + \int_{\alpha_{np}}^{\frac{\pi}{2}} l \cdot r \cdot \frac{r_2 + A_2 \cdot \sin \alpha}{\sqrt{A_2^2 + r_2^2 + 2A_2 \cdot r_2 \cdot \sin \alpha}} \cdot \varphi(\alpha_{np}) \cdot d\alpha \quad (16)$$

Кут $\alpha_{u.m.}$, який показує місце прикладання рівнодіючої сили P_r , буде визначений як координата центру тяжіння епюри тиску на дузі $\pi/2 - \alpha$.

$$\alpha_{u.m.} = \frac{\int_{\alpha_n}^{\alpha_{np}} a \cdot l \cdot r_2 \cdot \frac{r_2 + A_2 \cdot \sin \alpha}{\sqrt{A_2^2 + r_2^2 + 2A_2 \cdot r_2 \cdot \sin \alpha}} \cdot \varphi(\alpha) \cdot d\alpha + \int_{\alpha_{np}}^{\frac{\pi}{2}} a \cdot l \cdot r_1 \cdot \frac{r_2 + A_2 \cdot \sin \alpha}{\sqrt{A_2^2 + r_2^2 + 2A_2 \cdot r_2 \cdot \sin \alpha}} \cdot \varphi(\alpha_{np}) \cdot d\alpha}{\int_{\alpha_n}^{\alpha_{np}} l \cdot r_2 \cdot \frac{r_1 + A_1 \cdot \sin \alpha}{\sqrt{A_2^2 + r_2^2 + 2A_2 \cdot r_2 \cdot \sin \alpha}} \cdot \varphi(\alpha) \cdot d\alpha + \int_{\alpha_{np}}^{\frac{\pi}{2}} l \cdot r_1 \cdot \frac{r_2 + A_2 \cdot \sin \alpha}{\sqrt{A_2^2 + r_2^2 + 2A_2 \cdot r_2 \cdot \sin \alpha}} \cdot \varphi(\alpha_{np}) \cdot d\alpha} \quad (17)$$

Права частина рівняння 17 складається з двох інтегралів. Перший інтеграл при $\varphi(\alpha)$ не може бути представлений в кінцевому виді. Тому для його розв'язку використаємо числовий метод. Другий інтеграл комбінацією еліптичних інтегралів першого і другого роду.

Після проведених перетворень і розрахунків отримаємо:

$$P_r = I_1 + I_2 \quad (18)$$

де:

$$I_1 = 10^4 \cdot l \cdot r \cdot \frac{\alpha_{np} - \alpha_n}{4} [\Phi(\alpha_1) + \Phi(\alpha_2) + \Phi(\alpha_3) + \Phi(\alpha_4)]$$

$$I_2 = 10^4 \cdot l \cdot \varphi_{\alpha_{np}} ((2r + R) \cdot E(x_{np}; k) \cdot R \cdot E(x_{np}; k)$$

де $E(x_{np}; k)$ – неповний еліптичний інтеграл другого роду;

$F(x_{np}; k)$ – неповний еліптичний інтеграл першого роду.

Момент, який необхідно прикласти до ролика для його обертання навколо осі O_1 , буде наступним

$$M = P_R \cdot r_1 \cdot \sin \psi_{u.m.} \quad (19)$$

де $\psi_{u.m.}$ – кут між радіусами кільця і ролика, проведеними із точки прикладеної рівнодіючої P_r .

Із формули 17, можна вираз моменту написати наступним чином

$$M_2 = 9.8 \frac{P_R \cdot A_1 \cdot r_1 \cdot \cos \alpha_{u.m.}}{\sqrt{A_1^2 + r_1^2 + 2A_1 \cdot r_1 \cdot \sin \alpha_{u.m.}}} \quad (20)$$

Звідки загальна потужність на обертання водила з роликами z , може бути обчислена по формулі:

$$N = 278 \frac{(M_1 + M_2) \cdot Q}{r_1 \cdot l \cdot h_n \cdot \gamma_o} \text{ кВт} \cdot \quad (21)$$

де n_6 – число обертів водила за хвилину.

Так як n_e від заданої продуктивності пресувального пристрою Q , радіуса внутрішнього кільця R_1 , ширини пресувальних отворів l , початкової товщини шару, що подається h_n , початкової щільності пресованої маси γ_0 і кількості пресуючих роликів Z .

$$n_e = \frac{10^8 Q}{12\pi \cdot R_1 \cdot l \cdot h_n \cdot \gamma_0 \cdot Z} \quad (22)$$

Таблиця 1. Визначення основних конструктивно-технологічних параметрів двохматричного прес-гранулятора.

Table 1. Determination of the main design and technological parameters of the two-matrix press granulator.

№ з/п	Параметри	Одиниця вимірювання	Значення
1	Продуктивність, Q	т/год	4,0
2	Радіус зовнішньої матриці, R_2 (по робочій поверхні)	м.	0.5
3	Радіус внутрішньої матриці, R_1 (по робочій поверхні)	м	0.2
4	Кількість роликів, z	шт.	8
5	Радіус ролика,	г	0.125
6	Кут прикладання рівнодійної сили $\alpha_{ц,т}$	град.	85
7	Рівнодійна сила P_r	кН	138,7
8	Крутий момент на приведення ролика, M	Нм	1471
9	Число обертів водила n_v	об/хв.	60
10	Загальна потужність	кВт	141

На основі цих розрахунків проведено аналіз напружено-деформованого стану вузла гранулювання та визначені фактичні напруження, деформації та переміщення деталей вузла на розрахункових навантаженнях, а також втомне руйнування матеріалів під дією циклічних напружень.

Як можемо бачити (рис. 1) найбільш навантаженим вузлом буде з'єднання ексцентрикового валу 9 з водилом 10. Тому змодельємо процес гранулювання приклавши розрахункове навантаження до відповідного вузла в програмі Solidworks simulation.

На рисунку 4 показані найбільш навантажені місця у цьому з'єднанні. Як бачимо згідно максимальне напруження становить 41,9 МПа. дане напруження оцінено по еквівалентним напруженням по критерію von Mises. Максимальне переміщення деталей становить 0,2 мм.

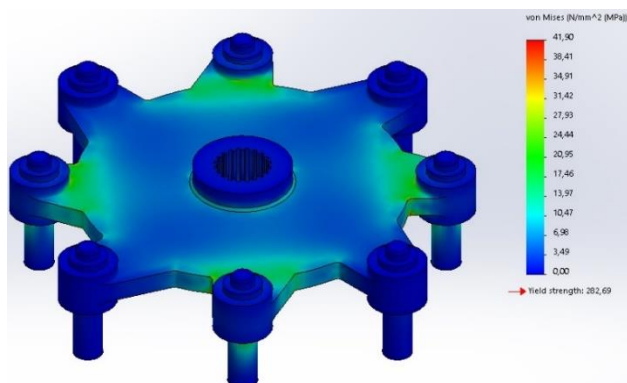


Рис. 4. Максимальні напруження з'єднання.

Fig. 4. Maximum strain connection.

На рис. 5 показані результати визначення мінімального запасу міцності. Цей коефіцієнт аналізувався у порівнянні з межею текучості матеріалу з якого виготовлена дана деталь. Та у даному випадку

Аналогічні виведення проведено для визначення параметрів зовнішньої матриці.

На основі наведених рівнянь проведено розрахунки основних конструктивно-технологічних параметрів двохматричного прес-гранулятора, які наведені в таблиці 1.

мінімальний коефіцієнт запасу міцності становить 3,2, що є допустимим значенням.

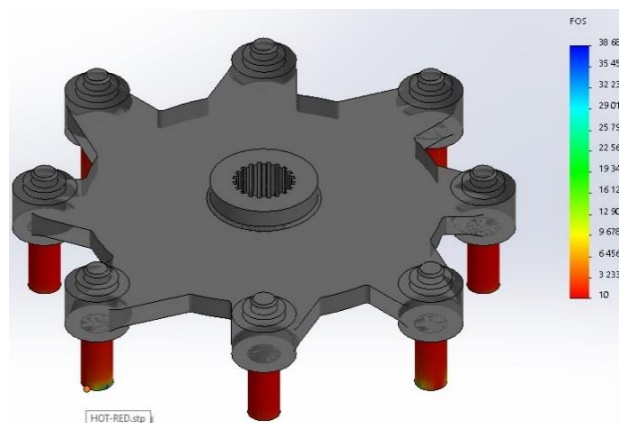


Рис. 5. Мінімальний коефіцієнт запасу міцності.

Fig. 5. Factor of safety-factor of safety.

Проведений аналіз втоми матеріалу яке, спричинене в результаті поступового накопичення ушкоджень під дією циклічних напружень Проведене моделювання технологічного процесу пелетування при 20 млн. циклічних навантажень досліджуваного з'єднання показало, що втомлене спрацювання ексцентрикового валу становитиме від 52-74 %. Така кількість циклічних навантажень рівна 11000 люд.год., 3 роки при двозмінному робочому дні. Враховуючи термін роботи матриці прес-гранулятора становить 500 люд.год. це є досить хорошим результатом.

Висновки

1. В результаті проведеного аналізу запропоновано нову конструкцію двохматричного прес-гранулятора. Основною особливістю запропонованого двохматричного прес-гранулятора є

зниження металомісткості обладнання та підвищення продуктивності технологічного процесу пелетування органічних відходів сільськогосподарської продукції шляхом розміщення двох матриць на одній опорній плиті, таким чином, щоб робоча зона пелетування знаходилась між ними, а пресувальні ролики рівномірно по черзі запресовували органічну сировину у отвори фільєри обох матриць.

2. Досліджено що енергетичні затрати на технологічний процес пелетування органічної сировини (солома зернових культур) знаходяться в таких же межах, як у існуючих прес-грануляторів з кільцевою матрицею відповідною продуктивністю, а геометричні розміри значно менші.

3. Проведений аналіз напружено-деформованого стану вузла гранулювання та визначені фактичні напруження, деформації та переміщення деталей вузла на розрахункових навантаженнях, а також втомне руйнування матеріалів під дією циклічних напружень за допомогою програми Solidworks simulation показав, що найбільш навантажений вузол (з'єднання ексцентрикового валу з водилом) цілком працездатний і має запас міцності не менше 3,2 і може експлуатуватись не менше 3 років при двозмінному робочому дні.

Список літератури

1. Прес-гранулятори фірми «Kahl» [Електронний ресурс] URL: [http://www.inworld.com.ua/content/userdata/r_1326_pressy_granulyatory_firmy_kal\(7\).pdf](http://www.inworld.com.ua/content/userdata/r_1326_pressy_granulyatory_firmy_kal(7).pdf).
2. Mechanika Nawrocki granulatory. [Електронний ресурс]. 2021 URL: <https://docplayer.com/38749952-Mechanika-nawrocki-granulatory-44-0.html>.
3. Пресс-гранулятор ОГМ-1,5А. [Електронний ресурс]. 2021 URL: <https://factory.lt/ru/produkcija/oborudovanie-dlja-proizvodstva-granul/press-granuljator-ogm-15a>.
4. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 4. Issue 7(112). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
5. Nazarenko I., Dedov O., Bernyk I., Rogovskii I., Bondarenko A., Zapryvoda A., Titova L. Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 6 (7-108). P. 71-79. doi: 10.15587/1729-4061.2020.217747.
6. Palamarchuk I., Rogovskii I., Titova L., Omelyanov O. Experimental evaluation of energy parameters of volumetric vibroseparation of bulk feed from grain. Engineering for Rural Development. 2021. Vol. 20. P. 1761-1767. doi: 10.22616/ERDev.2021.20. TF386.
7. Rogovskii I., Titova L., Ohiienko M., Snezhko O., Nadtochiy O., Raiss F., Berezova L. Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises. Monograph. Opole. The Academy of Management and Administration in

Opole. 2021. ISBN 978-83-66567-37-5. 214 p.

8. Комар А. С. Аналіз переваг та недоліків штемпельних пресів. Збірник тез доповідей II Міжн. наук.-практ. конф. «Агроінженерія: сучасні проблеми та перспективи розвитку». НУБіП України. Київ. 2019. С. 75-76.

9. Братішко В. В. Механіко-технологічні основи приготування повнораціональних комбікормів гвинтовими грануляторами: дис. д-ра техн. наук: 05.05.11. Глеваха: 2017. 322 с.

10. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

11. Двоматричний прес-гранулятор: пат. 120457 Україна: МПК (2006), A01D 89/00, A01F 17/00, B02C 18/08 (2006.01), B29C 48/32 (2019.01), B30B 9/20 (2006.01), Заявл. 19.12.2017, Опубл. 10.12.2019, бюл. № 23

12. Клименко В. В., Кравченко В. І., Боков В. М., Гуцул В. І. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів: Монографія. ПП «Ексклюзив-Систем». 2017. 162 с.

13. Rogovskii I. L., Titova L. L., Trokhaniak V. I., Marinina L. I., Lavrinenko O. T., Bannyi O. O. Engineering management of machine for formation of artificial shell on seed vegetable cultures. INMATEH. Agricultural Engineering. 2020. Bucharest. Vol. 61. No 2. P. 165-174. doi: 10.35633/INMATEH-61-18.

14. Matt Weber. SolidWorks Simulation 2017. [Електронний ресурс] URL: <https://media.oaipdf.com/pdf/44611c5c-a61a-410c-8663-970ac042f7d3.pdf>.

References

1. Press granulators of the firm "Kahl" [Electronic resource] URL: [http://www.inworld.com.ua/content/userdata/r_1326_pressy_granulyatory_firmy_kal\(7\).pdf](http://www.inworld.com.ua/content/userdata/r_1326_pressy_granulyatory_firmy_kal(7).pdf).
2. Mechanics Nawrocki granulators. [Electronic resource]. 2021 URL: <https://docplayer.com/38749952-Mechanika-nawrocki-granulatory-44-0.html>.
3. Press-OGM-1,5A granulator. [Electronic resource]. 2021 URL: <https://factory.lt/ru/produkcija/oborudovanie-dlja-proizvodstva-granul/press-granuljator-ogm-15a>.
4. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. (2021). Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 4(7(112)). 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
5. Nazarenko I., Dedov O., Bernyk I., Rogovskii I., Bondarenko A., Zapryvoda A., Titova L. (2020). Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 6 (7-108). 71-79. doi: 10.15587/1729-4061.2020.217747.
6. Palamarchuk I., Rogovskii I., Titova L., Omelyanov O. (2021). Experimental evaluation of energy

parameters of volumetric vibroseparation of bulk feed from grain. *Engineering for Rural Development*. 20. 1761-1767. doi: 10.22616/ERDev.2021.20.TF386.

7. Rogovskii I., Titova L., Ohiienko M., Snezhko O., Nadtochiy O., Raiss F., Berezova L. (2021). Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises. Monograph. Opole. The Academy of Management and Administration in Opole. ISBN 978-83-66567-37-5. 214.

8. Komar A. S. (2019). Analysis of the advantages and disadvantages of stamp presses. Collection of abstracts of reports II International. scientific-practical conf. "Agroengineering: current problems and prospects for development." NULES of Ukraine. Kyiv. 75-76.

9. Bratishko V. V. (2017). Mechanical and technological bases of preparation of full-ration compound feeds by screw granulators: dis. Dr. Tech. Science: 05.05.11. Glevakha. 322.

10. Rogovskii I. L. (2021). Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 12(1). 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

11. Two-matrix press granulator: US Pat. 120457 Ukraine: IPC (2006), A01D 89/00, A01F 17/00, B02C 18/08 (2006.01), B29C 48/32 (2019.01), B30B 9/20 (2006.01), App. 12/19/2017, Publ. 10.12.2019, bul. № 23.

12. Klimenko V. V., Kravchenko V. I., Bokov V. M., Hutsul V. I. (2017). Technological bases of biofuel production from vegetable waste and their composites: Monograph. PE "Exclusive-System". 162.

13. Rogovskii I. L., Titova L. L., Trokhaniak V. I., Marinina L. I., Lavrinenko O. T., Bannyi O. O. (2020). Engineering management of machine for formation of artificial shell on seed vegetable cultures. *INMATEH. Agricultural Engineering*. Bucharest. 61(2). 165-174. doi: 10.35633/INMATEH-61-18.

14. Matt Weber. SolidWorks Simulation 2017. [Electronic resource] URL: <https://media.oipdf.com/pdf/44611c5c-a61a-410c-8663-970ac042f7d3.pdf>.

ДВОХМАТРИЧНИЙ ПРЕС-ГРАНУЛЯТОР

И. В. Фльонц, И. И. Чвартацький, Р. В. Шатров

Аннотация. Развитие промышленности и жизнедеятельность людей напрямую зависят от традиционных видов топлива, основные из них это нефть, газ и уголь. Основной альтернативой, способной уменьшить использование этих источников энергии является растительная биомасса. Ее производят из органических остатков сельского хозяйства, лесоперерабатывающей промышленности. Помимо этого использование биомассы безопасно для окружающей среды и здоровья человека. Отметим, что биомасса нуждается в разработке новых технологий переработки в топливо. В этой статье представлен анализ применения двухматричного пресс-гранулятора для производства пеллет из органического сырья. Предложена методика расчета основных конструктивных параметров пресс-гранулятора, обоснованы конструктивные особенности конструкции и проведено моделирование основных

силовых параметров устройства с помощью программы Solidworks simulations. Основной особенностью предложенного двухматричного пресс-гранулятора является снижение металлоемкости оборудования и повышение производительности технологического процесса пеллетирования органических отходов сельскохозяйственной продукции путем размещения двух матриц на одной опорной плите, таким образом, чтобы рабочая зона пеллетирования находилась между ними, а прессовочные ролики равномерно поочередно запрессовывали органическое в отверстия фильеры обеих матриц.

В результате проведенных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ спроектирован новый двухматричный пресс-гранулятор, который может использоваться как в стационарных установках, так и в мобильных комбайнах для пеллетирования соломы в поле.

Ключевые слова. пеллетирование, органическое сырье, прессование пресс-гранулятор, пеллеты.

TWO-MATRIX PRESS GRANULATOR

I. V. Flonts, I. I. Chvartatskiy, R. V. Shatrov

Abstract. The development of industry and people's livelihoods directly depend on traditional fuels, the main ones being oil, gas and coal. The main alternative that can reduce the use of these energy sources is plant biomass. It is made from organic residues of agriculture, wood processing industry. In addition, the use of biomass is safe for the environment and human health. Note that biomass requires the development of new technologies for fuel processing. This article presents an analysis of the use of a two-matrix press granulator for production for the production of pellets from organic raw materials. The method of calculation of the main design parameters of the press granulator is offered, the design features of the design are substantiated and the modeling of the main power parameters of the device is carried out by means of the Solidworks simulations program. The main feature of the proposed two-matrix press granulator is to reduce the metal content of equipment and increase the productivity of the process of pelleting organic waste from agricultural products by placing two matrices on one base plate, so that the pellet working area is between them and pressing rollers evenly press organic raw materials. in the holes of the die of both matrices.

As a result of research and development work, a new two-matrix press granulator has been designed, which can be used both in stationary installations and in mobile combines for pelleting straw in the field.

Key words: pelleting, organic raw materials, pressing press granulator, pellets.

I. В. Фльонц ORCID 0000-0001-5175-9066.

I. I. Чвартацький ORCID 0000-0001-5689-4603.

Р. В. Шатров ORCID 0000-0002-3596-0146.

