



УДК 631.363.2.001.24

А. С. Комар, інж.

ORCID: 0000-0001-7037-8402

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

e-mail: artem.komar@tsatu.edu.ua, тел: 097-698-10-23

ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИКОЧУВАЛЬНИХ РОЛИКІВ ГРАНУЛЯТОРА З ПЛОСКОЮ МАТРИЦЕЮ

Анотація. Процеси гранулювання матеріалів є масовими технологічними процесами, які в даний час знайшли застосування в сільському господарстві. Якщо комплексні теоретичні дослідження конструкції грануляторів з кільцевою матрицею вивчалися досить докладно, то дослідження кінематики руху робочих органів грануляторів з плоскою матрицею практично не проводилися. Кінематика руху робочих органів визначає характер їх руху і швидкісні параметри, а також витрати енергії на роботу агрегату.

У зв'язку з цим для формування гранул з пташиного посліду в грануляторах з плоскою матрицею в даній статті досліджено рух прикочувального ролика по нерухомо закріпленій матриці і обертанням його навколо своєї осі. Розглянуто сили, що діють на циліндричний прикочувальний ролик при його роботі. Визначено кінематичні параметри та встановлений їх взаємозв'язок з конструктивними параметрами прикочувального ролика. Отримано аналітичні рівняння визначення нейтрального перетину (найбільш характерного) прикочувального ролика гранулятора, моменту приведення в рух прикочувального ролика та потужності необхідної для перекошування декількох прикочувальних роликів.

Ключові слова: гранулятор, прикочувальний ролик, плоска матриця, кінематичні параметри, прикладені сили, пташиний послід.

Постановка проблеми. Сьогодні в Україні реалізація політики енергозбереження, створення та вдосконалення енергетичного ринку набуває особливої актуальності [1, 2]. Так як основна частина світової енергії виробляється з викопних джерел (нафта, природний газ, вугілля), в світі розпочали запроваджувати технології по отриманню енергії з відходів органічного походження [3]. До складу органічних відходів входять паливні гранули, або пелети, які є екологічно чистим видом твердого біопалива і широко використовується в розвинутих



країнах [4].

Питання утилізації (переробки) пташиного посліду одне з найактуальніших в світі з точки зору екології. Сучасні птахівницькі комплекси, крім постачання для споживачів м'яса та яєць, є виробниками величезної кількості відходів, серед яких найбільшу питому вагу займає пташиний послід [5]. Устаткування для гранулювання здатне вирішити проблеми з енергозбереженням та утилізацією пташиного посліду. Причому, чим вищі вимоги ставляться до вихідного продукту, зокрема до щільності і крихкості гранул, тим технологічно досконалішими повинні бути відповідні технічні засоби. [6]. Найбільш поширене устаткування для переробки пташиного посліду є гранулятори екструзії з кільцевою і плоскою матрицями [7]. Останні є менш енергоємними, більш дешевими, а отже і більш поширеними. Незважаючи на поширеність грануляторів з плоскими матрицями, дослідження кінематичних параметрів активних прикочувальних роликів такого устаткування практично не проводилося, в той час як кінематика руху робочих органів грануляторів з кільцевою матрицею вивчена досить докладно.

Рух прикочувального ролика виконавчого механізму визначається тим технологічним завданням, яке буде виконуватися цим органом. Технологічне завдання необхідно сформулювати так, щоб можна було уявити рух прикочувального ролика в аналітичній формі або у вигляді кінематичних діаграм, що показують залежність переміщення швидкості і прискорення прикочувального ролика або окремих його точок від переміщення провідної ланки виконавчого механізму гранулятора. У проблему енергетичного балансу устаткування для отримання гранул також входять завдання, пов'язані з їх енергоємністю, тобто здатністю пропускати через свої механізми певну кількість енергії в залежності від співвідношення між цією енергією, швидкістю руху агрегатів машини і масами рухомих ланок механізмів, що входять до їх складу. Тільки правильний підбір цих співвідношень забезпечує стійкість роботи агрегатів гранулятора, зменшення динамічних навантажень, зниження паразитарних опорів, а отже – підвищення міцності і довговічності роботи елементів механізмів.

Кінематична пара «прикочувальний ролик – плоска матриця» є основними складовими елементами гранулятора. За допомогою кінематичних пар окремі ланки устаткування зв'язуються в єдину кінематичну систему. Характером дотику своїх елементів кінематичні пари визначають геометрію відносного руху ланки гранулятора. Таким чином кінематичні пари перетворюють механізм в систему ланок вимушеного руху.

Аналіз останніх досліджень. Вивченням і обґрунтуванням структури, кінематичних зв'язків та механізмів присвячені роботи



П. Л. Чебишова, П. І. Сомова, Х. І. Гохмана, О. П. Малишева, Ф. Рело, І. І. Артоболевського, Х. Ф. Кетова, Н.І. Колчіна, В. В. Добровольського, О. І. Тайнова, Я. Л. Геронімуса, Ч Вілсона, П. Садлера, М. А. Павловського, Є. Мора та ін. [8-11]. В своїх працях вчені відштовхувались від того, що кінематичні пари є основними складовими елементами механізмів. Щодо кінематики устаткування для ущільнення кормової сировини то І. М. Краснов, В. І. Щербіна, Є. О. Ладигін, Ж. В. Матвейкіна, В. В. Скідело домоглися прогресу для шестеренних пресів в своїх наукових роботах, Шкарпеткін, Є. О. отримав позитивний результат для вібраційно-відцентрового гранулятора композиційних сумішей. Основну увагу при визначенні кінематичних параметрів науковці зосереджували на взаємодії активних робочих органів.

Дослідженням преса з плоскою матрицею для екструзії техногенних матеріалів присвячені роботи сучасників: М. В. Севостьянова і А. В. Осокіна [12]. Науковці керувались ідеєю знайти найоптимальнішу кінематичної схему устаткування для вирішення поставлених задач, зокрема збагаченню сировини і виготовлення напівфабриката в будівельній галузі.

Формулювання метий статті. Визначити та дослідити кінематичні параметри прикочувальних роликів гранулятора з плоскою матрицею.

Основна частина. Вивчення технологічних режимів формування гранул з пташиного посліду в грануляторах з плоскою матрицею пов'язане з конструктивними параметрами устаткування [13, 14]. Одним з основних конструктивних параметрів установки подібного типу є нейтральний перетин прикочувального ролика [9]. Використання цього параметра в розрахункових формулах обумовлена складним рухом активного робочого органу гранулятора: перекочування прикочувального ролика по нерухомо закріпленій матриці і обертанням навколо осі [15, 16].

При прямолінійному коченні прикочувального ролика по робочій поверхні матриці за відсутнього ковзання під дією зусилля привода [17] на нього діють такі сили (рис. 1.): привідна сила, прикладена до осі (P , H), сила тяжіння ролика (G , H), сила притиснення ролика до опорної матриці ($F_{пр}$, H); сила тертя кочення (F_T , H), реакція опорної поверхні (R , H), нормальна реакція до недеформованою опорної поверхні (N , H), коефіцієнт тертя кочення (f , для руху «загартованої сталі по загартованій сталі» рівний $1 \cdot 10^5$ м), радіус прикочувального ролика ($R_{п.р}$, M).

З рис. 1 бачимо, що реакція опорної поверхні (R) є результуючою сили тертя кочення (F_T) і нормальної реакції (N). Рівняння рівноваги тіла матиме наступний вигляд:

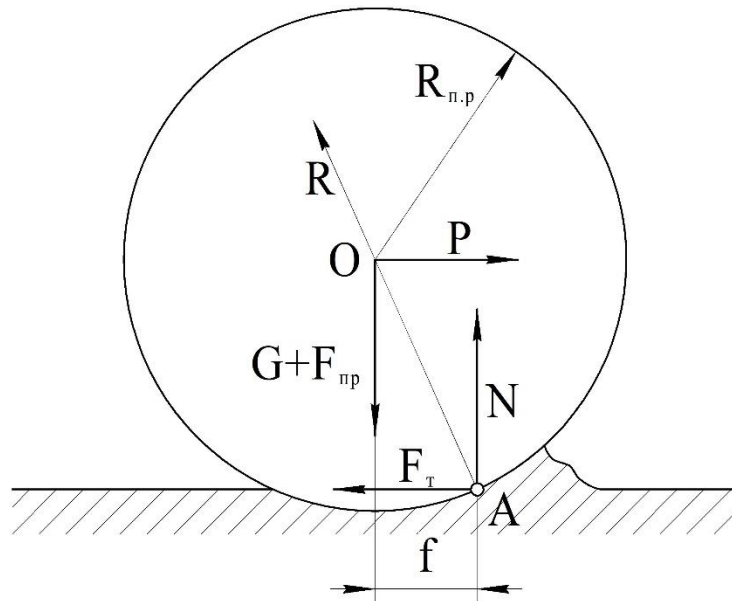


Рисунок 1. Сили, що діють на прикочувальний ролик при прямолінійному коченні

$$\sum X = 0; \quad P - F_t = 0; \quad (1)$$

$$\sum Y = 0; \quad N - (G + P) = 0; \quad (2)$$

$$\sum M = 0; \quad -P \cdot R_{п.р} + (G + P) \cdot f = 0; \quad (3)$$

Оптимізуючи рівняння отримаємо:

$$P = F_t; \quad (4)$$

$$N = (G + P); \quad (5)$$

$$P \cdot R_{п.р} = (G + P) \cdot f; \quad (6)$$

Звідси маємо: $P \cdot R_{п.р} = M$ – момент кочення, а $(G + P) \cdot f = M_t$ – момент тертя кочення.

При роботі плоскоматричного гранулятора виникає необхідність в зусиллі притиснення ($F_{пр}$), яка обумовлена фізико-механічними характеристиками сировини, що гранулюється, а саме пташиного посліду. Часто при обертанні прикочувальний ролик буде дещо проковзувати по нерухомій матриці, що є складним рухом. Отже розглянемо випадок «кочення з проковзуванням» ролика по плоскій матриці (рис. 2) [8]. Будь-яка точка по ширині циліндричної поверхні обертається навколо осі прикочувального ролика з певною окружною швидкістю:

$$v_{п.р} = \omega_{п.р} \cdot R_{п.р}; \quad (7)$$

де $\omega_{п.р}$ – кутова швидкість обертання прикочувального ролика навколо своєї осі, c^{-1} ;

$R_{п.р}$ – радіус прикочувального ролика, м.

Окружна швидкість водила прикочувальних роликів, яка також є окружною швидкістю перекочування прикочувальних роликів по плоскій матриці визначається:

$$v_B = \omega_B \cdot R; \quad (8)$$

де ω_B – кутова швидкість обертання водила щодо центру плоскої матриці, c^{-1} ;

R – радіус обертання, що визначається відстанню від центру плоскої матриці до точки на циліндричній поверхні прикочувального ролика, м.

З рівнянь (7) і (8) бачимо, що в одній точці на циліндричній поверхні прикочувального ролика може бути дві різні швидкості, а в точці M окружна швидкість її обертання щодо водила буде менше окружної швидкості її обертання щодо осі прикочувального ролика: $v_B^M < v_{п.р}^M$ і навпаки, в точці N маємо: $v_B^N > v_{п.р}^N$. Лише один характерний нейтральний перетин прикочувального ролика на відстані R_0 від центру плоскої матриці має як рівні окружні швидкості $v_B^0 = v_{п.р}^0$ так і рівні кутові швидкості точок $\omega_B = \omega_{п.р}$. Це спостерігається за умови перекочування ролика по плоскій матриці без прослизання (рис. 2).

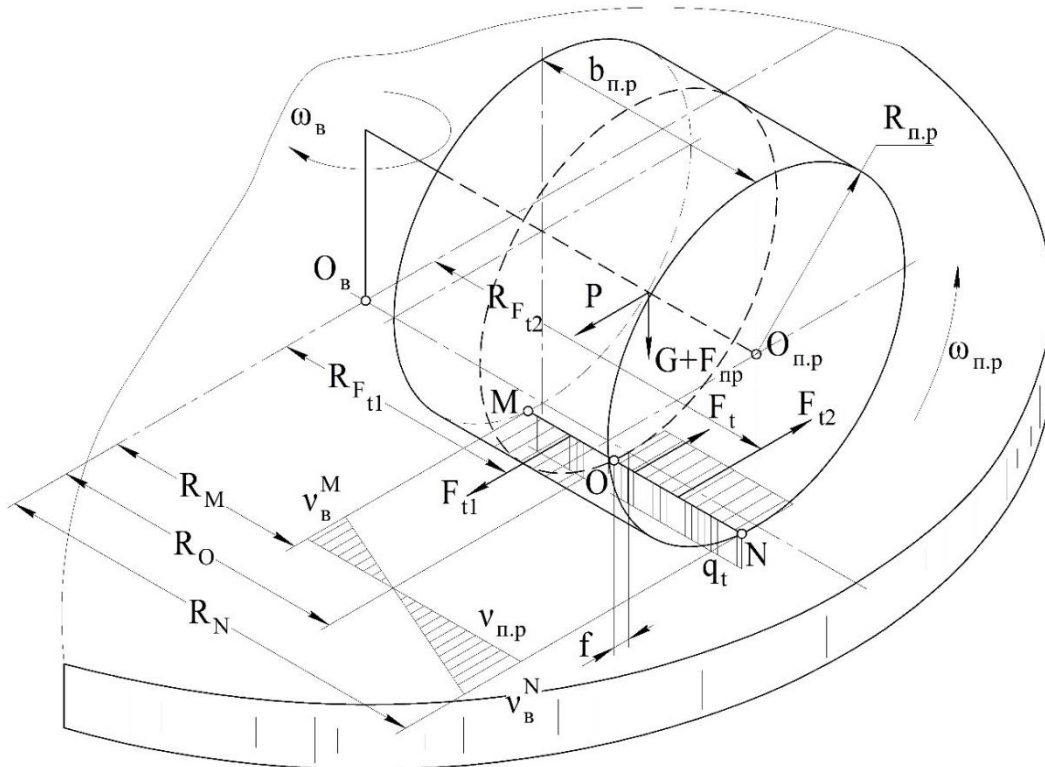
За рівнянням (8) окружні швидкості нейтрального перетину і крайніх точок циліндричної поверхні прикочувального ролика визначаються залежностями:

$$\begin{aligned} v_B^0 &= \omega_B \cdot R_0 = 2\pi \cdot n_B \cdot R_0; \\ v_B^M &= \omega_B \cdot R_M = 2\pi \cdot n_B \cdot R_M; \\ v_B^N &= \omega_B \cdot R_N = 2\pi \cdot n_B \cdot R_N; \end{aligned} \quad (9)$$

Різниця між швидкостями крайніх точок циліндричної поверхні прикочувального ролика та нейтрального перетину визначатимуть швидкість ковзання ролика по плоскій матриці:

$$\begin{aligned} v_{кo}^M &= v_B^M - v_B^0 = 2\pi \cdot n_B \cdot (R_M - R), \text{ м/с}; \\ v_{кo}^N &= v_B^N - v_B^0 = 2\pi \cdot n_B \cdot (R_N - R_0), \text{ м/с}; \end{aligned} \quad (10)$$

Максимальна швидкість ковзання буде визначатися різницею більшою з них і швидкістю в нейтральному перетині прикочувального ролика. Зсувні деформації створює різниця швидкостей по ширині прикочувального ролика, що розширює технологічні можливості установки (доподрібнення сировини), але підвищує знос циліндричної поверхні прикочувальних роликів (рис. 3) [7, 18]. Сили тертя ковзання F_{t1} і F_{t2} , що виникають при такому русі, обумовлені силою q_t розподіленою по лінії контакту прикочувального ролика і плоскої матриці. Прикладені до циліндричної поверхні прикочувальних роликів на внутрішній і зовнішній частинах вони спрямовані в протилежні сторони. При цьому сила F_{t2} прагне обертати ролик, а сила F_{t1} - гальмує його (рис. 2).



F_t – сила тертя кочення, Н; F_{t1} , F_{t2} – сили тертя ковзання на внутрішній і зовнішній частині циліндричної поверхні прикочувального ролика, Н; q_t – розподілене навантаження по лінії контакту прикочувального ролика і матриці, Н/м; ω_B , $\omega_{п.п}$ – кутові швидкості водила та прикочувального ролика, c^{-1} ; v_B^M , v_B^N , $v_{п.п}$ – окружні швидкості точок М і N щодо водила і щодо осі прикочувального ролика, м/с; $b_{п.п}$ – ширина циліндричної поверхні прикочувального ролика, м; $R_{F_{t1}}$, $R_{F_{t2}}$ – плечі сил тертя F_{t1} і F_{t2} , м.

Рисунок 2. Сили, що діють на пару «прикочувальний ролик – матрицю»



Рисунок 3. Робочі поверхні прикочувального ролика і плоскої матриці гранулятора [19- 21]

Рівновага моментів сил, що діють на пару «прикочувальний ролик – плоска матриця», виглядатиме у вигляді рівняння:

$$F_{t1} \cdot R_{п.р} - F_{t2} \cdot R_{п.р} - (G + F_{пр}) \cdot f = 0; \quad (11)$$

де F_{t1} , F_{t2} – сили тертя кочення, прикладені до циліндричної поверхні прикочувального ролика, Н;

$F_{пр}$ – сила притиснення прикочувального ролика до плоскої матриці, Н;

G – сила тяжіння прикочувального ролика, Н;

$R_{п.р}$ – радіус прикочувального ролика, м;

f – коефіцієнт тертя кочення, $f = 1 \cdot 10^{-5}$ м

Оптимізуємо вираз (11):

$$R_{п.р} \cdot (F_{t1} - F_{t2}) = (G + F_{пр}) \cdot f;$$

По лінії контакту прикочувального ролика з плоскою матрицею постійне розподілене навантаження $(G + F_{пр})/b_{п.р}$ створює лінійно розподілені сили тертя ковзання [22-24]:

$$q_t = f_t \cdot (G + F_{пр})/b_{п.р}; \quad (12)$$

де f_t – коефіцієнт тертя ковзання пари «прикочувальний ролик – плоска матриця», $f_t = 0,15-0,2$.

З рис. 2 випливає:

$$F_{t1} = q_t \cdot (R_0 - R_M); \quad (13)$$

$$F_{t2} = q_t \cdot (b_{п.р} - (R_0 - R_M)); \quad (14)$$

$$R_{F_{t1}} = R_0 - 0,5 \cdot (R_0 - R_M) = 0,5 \cdot (R_0 - R_M); \quad (15)$$

$$R_{F_{t2}} = R_0 + 0,5 \cdot (b_{п.р} - R_0) = 0,5 \cdot (R_0 + b_{п.р}); \quad (16)$$

Враховуючи рівняння (12-14) оптимізований вираз (11) набуде вигляду:

$$R_{п.р} \cdot \left(\frac{f_t \cdot (G + F_{пр})}{b_{п.р}} \cdot (R_0 - R_M) - \frac{f_t \cdot (G + F_{пр})}{b_{п.р}} \cdot [b_{п.р} - (R_0 - R_M)] \right) = (G + F_{пр}) \cdot f$$

Відстань від центру плоскої матриці до нейтрального перетину прикочувального ролика враховуючи рівняння (13-16) дорівнює:

$$R_0 = R_M + 0,5 \cdot \left(b_{п.р} + \frac{b_{п.р} \cdot f}{R_{п.р} \cdot f_t} \right) = R_M + 0,5 \cdot b_{п.р} \left(1 + \frac{f}{R_{п.р} \cdot f_t} \right) \quad (17)$$

З урахуванням (17) перетворюємо вирази (13-16):

$$F_{t1} = 0,5 \cdot f_t \cdot (G + F_{пр}) \cdot \left[1 + \frac{f}{R_{п.р} \cdot f_t} \right]; \quad (18)$$

$$F_{t2} = 0,5 \cdot f_t \cdot (G + F_{пр}) \cdot \left[1 - \frac{f}{R_{п.р} \cdot f_t} \right]; \quad (19)$$

$$R_{F_{t1}} = R_M + 0,25 \cdot b_{п.р} \left(1 + \frac{f}{R_{п.р} \cdot f_t} \right); \quad (20)$$



$$R_{F_{t2}} = 0,5 \cdot \left(R_M + b_{п.р} \cdot \left[1 + 0,5 \frac{f}{R_{п.р} \cdot f_t} \right] \right). \quad (21)$$

До механічних витрат енергії відносимо витрати енергії для приведення в рух прикочувального ролика, адже вони витрачаються на: перекочування роликів по поверхні плоскої матриці, подолання сил тертя ковзання при їх безперервному розвороті і на подолання сил тертя в вузлах машини.

В загальному вигляді потужність обертального руху, необхідна для перекочування прикочувальних роликів по плоскій матриці, представимо виразом:

$$N_{пр} = M_{пр} \cdot \omega_v = 2\pi \cdot n \cdot M_{пр}; \quad (22)$$

де $M_{пр}$ – момент для приведення в рух прикочувального ролика, Н·м;

ω_v – кутова швидкість водила приводного вала, c^{-1} ;

n – частота обертання водила приводного вала, m^{-1} .

Момент приведення в рух прикочувального ролика визначається зусиллям на приводі P або, силою тертя кочення прикочувального ролика по плоскій матриці F_t :

$$M_{пр} = P \cdot R_P = F_t \cdot R_{F_t}; \quad (23)$$

де R_P – відстань від осі водила до лінії дії сили P , м.

Рівняння рівноваги моментів сил в горизонтальній площині (рис. 2):

$$F_t \cdot R_{F_t} + F_{t2} \cdot R_{F_{t2}} - F_{t1} \cdot R_{F_{t1}} = 0; \quad (23)$$

Звідки з врахуванням (23) визначимо:

$$M_{пр} = F_{t1} \cdot R_{F_{t1}} - F_{t2} \cdot R_{F_{t2}}; \quad (24)$$

Після виконання ряду перетворень враховуючи вирази (18-21) та (24) рівняння моменту, необхідного для подолання сил тертя ковзання, кочення і приведення в рух прикочувального ролика, отримаємо:

$$M_{пр} = (G + F_{пр}) \frac{f}{R_{п.р}} \left[0,625 \cdot b_{п.р} + 0,75 \cdot R_M + 0,25 \cdot \frac{R_{п.р} \cdot f_t}{f} + 0,375 \cdot \frac{b_{п.р} \cdot f}{R_{п.р} \cdot f_t} \right]. \quad (25)$$

Потужність, що споживається для перекочування декількох прикочувальних роликів ($z_{п.р}$) по плоскій матриці з врахуванням їх ковзання, визначатиметься виразом:

$$N_{пр} = \frac{\pi}{30} \cdot (G + F_{пр}) \frac{f}{R_{п.р}} \left[0,625 \cdot b_{п.р} + 0,75 \cdot R_M + 0,25 \cdot \frac{R_{п.р} \cdot f_t}{f} + 0,375 \cdot \frac{b_{п.р} \cdot f}{R_{п.р} \cdot f_t} \right] \cdot n \cdot z_{п.р}. \quad (26)$$



Висновок. Таким чином, отримані при дослідженні аналітичні вирази можуть бути використані для розрахунків кінематичних і енергосилових параметрів прикочувальних роликів грануляторів з плоскими матрицями, які мають використовуватися для ущільнення пташиного посліду, або близької за структурою сировини, з різними фізико-механічними характеристиками.

Список використаних джерел

1. Boltianska N. I., Manita I. Y. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*. 2021. 1(19). Pp. 7–12.
2. Skliar R. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Bilbao. 2020. Pp. 431–433.
3. McGowan T., Brown M., Bulpitt W., Walsh Jr. J. Biomass And Alternate Fuel Systems An Engineering And Economic Guide. *American Institute of Chemical Engineers, Inc. and John Wiley & Sons, Inc.* 2009. 280p.
4. Döring S. Power from Pellets: *Technology and Applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. 226 p.
5. Комар А. С. Доцільність гранулювання органічних відходів рослинного і тваринного походження. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 336–340.* URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/komar-1-2020.pdf>
6. Болтянська Н. І. Обґрунтування основних параметрів, що впливають на продуктивність гранулятора. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 118–129.
7. Комар А. С. Переваги застосування плоскоматричних грануляторів. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф. мол. учених. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 121.* URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/komar-2021.pdf>
8. Wilson C., Sadler J. P Kinematics and Dynamics of Machinery. 3rd Edition. *Pearson Education*, 2003. 900 p.
9. Павловський М. А. Теоретична механіка: підручник Павловський М.А. К.: Техніка, 2002. 512 с.
10. Mor E. Programul universal de analiza cinematica a mecanismelor plane cu bare. *Al VII-lea Simposion national al Romaniei MTM-96, Timishora-Resita*, 1996. vol. I. Pp. 67–72.
11. Kolovsky M. Z., Evgrafov A. N., Semenov Y. A., Slousch A. V.



Advanced Theory of Mechanisms and Machines. *Berlin, Heidelberg, New York, Springer – Verlag*, 2000. 396 p.

12. Осокин А. В. Исследование кинематической схемы плоскоматричного гранулятора с активными цилиндрическими пресс-валками. *Вестник МГСУ*, 2017. Вип. 12. № 3(102). С. 317–325.

13. Болтянська Н. І. Розробка конструкції преса-гранулятора для переробки пташиного посліду. *Актуальні питання розвитку аграрної науки в Україні: зб. наук. праць Міжн. наук.-практ. конференції*. Ніжин, 2019. С. 84–91.

14. Рогач Ю. П. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів гранулятора з нерухомою матрицею. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка: Проблеми надійності машин*. Харків, 2018. Вип. 192. С. 202–209.

15. Болтянська Н. І. Напрями удосконалення робочого процесу вальцово-матричних прес-грануляторів. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали Міжн. наук.-практ. форуму*. Мелітополь: ФОП Однорог Т.В. Частина 1. С. 33–36.

16. Болтянська Н. І. Взаємодія пресуючого ролика і матеріалу в прес-грануляторі. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 260–269.

17. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. *Общ. ред. В. П. Горячкин. Т. III: Теория*. ВИСХОМ. Москва. Л.: Сельхозгиз, 1936. 780 с.

18. Комар А. С. Вимоги до технологічних параметрів гранулятора. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф. мол. учених*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 173. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/komar-3-2021.pdf>

19. Boltianska N. I. Processing of poultry manure for fertilization by granulation. *Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production: Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conf.* Uman, 2019. P. 18-20.

20. Комар А. С. Методика експериментальних досліджень установки для виготовлення пелет з перепелиного посліду. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 2. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-2.pdf> (дата звернення: 25.04.2021).

21. Boltianska N. I. Fertilization of poultry manure by granulation. *Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production: Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference*. 2019. Pp. 18–20

22. Комар А. С. Гранулювання органічних відходів рослинного



походження на прикладі очерету. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 1. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsstt/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-1.pdf> (дата звернення: 25.04.2021)

23. Shai O., Mohr E. Transforming engineering knowledge through graph representations: transferring the Willis method to linkages and trusses. *Engineering with computers*, 2004, vol. 20, iss. 1, Pp. 2–10.

24. Boltianska N. I. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. *Topical issues of development of agrarian science in Ukraine, Coll. scientific-works of Intern.* Nizhin. 2019. pp. 84–91.

A. Komar

Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University

DETERMINATION OF THE PRESS ROLLERS KINEMATIC PARAMETERS GRANULATOR WITH FLAT MATRIX

Summary

The processes of granulating materials are massive technological processes that are currently widely used in almost all industries, in particular in agriculture. This is due to the advantages of granules in comparison with powdered, pasty and liquid forms of substances. Granules have good mobility, they do not stick to the hopper surface, do not cake during storage, do not generate dust during transportation and packaging. The use of granular intermediates allows you to intensify the technological process, improves the sanitary conditions of work. For the introduction of automatic dosing and filling systems, it is necessary to obtain a product in granular form. The use of such progressive types of transportation of materials as pneumatic and vibration transport is often possible only in the presence of granular non-dusting products. The die press granulator has taken the lead over the competition. If complex theoretical studies of the design of granulators with an annular matrix were studied in sufficient detail, then studies of the kinematics of the movement of the working bodies of granulators with a flat matrix were practically not carried out. A detailed analysis of the kinematic diagram of the installation allows a rational approach to the design process of new equipment, and the kinematics of the movement of the working bodies determines the nature of their movement and speed parameters, as well as the energy consumption for the operation of the unit.

In this regard, for the formation of pellets from bird droppings in granulators with a flat matrix, movement of the press roller on a fixed matrix and rotation around its axis are discussed in this article. Analytical studies of the interaction of the active working organs of the granulator with a flat matrix have been carried out. The forces acting on a cylindrical press roller during its operation are considered. The kinematic parameters are determined and their relationship with the design parameters of the press roller is established. Analytical equations are obtained: determination of the neutral section (the most characteristic), the moment of driving the granulator press roller and the power required for rolling several press rollers.

Key words: granulator, press roller, flat matrix, kinematic parameters, applied forces, bird droppings.



А.С. Комар

**Таврический государственный агротехнологический университет
имени Дмитрия Моторного**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПРИКАТЫВАЮЩИХ РОЛИКОВ ГРАНУЛЯТОРА С ПЛОСКОЙ
МАТРИЦЕЙ**

Аннотация

Процессы гранулирования материалов являются массовыми технологическими процессами, которые в настоящее время нашли применение в сельском хозяйстве. Если комплексные теоретические исследования конструкции грануляторов с кольцевой матрицей изучались достаточно подробно, то исследования кинематики движения рабочих органов грануляторов с плоской матрицей практически не проводились. Кинематика движения рабочих органов определяет характер их движения и скоростные параметры, а также затраты энергии на работу агрегата.

В связи с этим для формирования гранул из птичьего помета в грануляторах с плоской матрицей в данной статье исследовано движение прикатывающего ролика по неподвижно закрепленной матрицы и вращением его вокруг своей оси. Рассмотрены силы, действующие на цилиндрический прикатывающий ролик при его работе. Определены кинематические параметры и установлена их взаимосвязь с конструктивными параметрами прикатывающего ролика. Получены аналитические уравнения для определения нейтрального сечения (наиболее характерного) прикатывающего ролика гранулятора, момента приведения в движение прикатывающего ролика и мощности необходимой для перекатывания нескольких прикатывающих роликов.

Ключевые слова: гранулятор, прикатывающий ролик, плоская матрица, кинематические параметры, приложенные силы, птичий помет.