Застосування лазерного випромінювання, як місцевого висококонцентрованого ресурсу відкриває перспективи щодо видозміни структури і властивостей поверхневих шарів металевих матеріалів. З позиції відтворення машин економічна доречність ремонту зумовлена змогою вдруге застосовувати більшість спрацьованих складових елементів техніки після їх відновлення. Це забезпечує можливість здійснювати ремонт засобів у більш короткі строки з меншими витратами металу. Відновлення зношених деталей машин і обладнання – технічно обґрунтований і економічно виправданий захід. Він надає можливість господарствам, що експлуатують і обслуговують енергетичні засоби, автомобілі та сільськогосподарські машини зменшити тривалість простою на ліквідацію несправності техніки та одночасно підвищити якість її технічного обслуговування і ремонту за показниками надійності під час експлуатації.

Список використаних джерел

1. Молодик М.В .Відновлення деталей машин: бібліотека сільського інженера / М.В .Молодик та ін. Київ: «Урожай», 1985. 156 с.
2. Стороженко М.С. Розробка технологій і матеріалів для електроіскрового нанесення покриттів з метою підвищення терміну експлуатації і надійності деталей технологічного і енергетичного обладнання та інструментів. / М.С. Стороженко та інші. Київ: Автоматичне зварювання, 2020. №10. С.21-24.
3. Молодик М.В. Підвищення якості відновлення деталей машин / За ред. М.В. Молодика. Київ: Урожай, 2001.175 с.

УДК 621.928.9:531.3

РУХ ЧАСТИНОК ОПРАЦЬОВУВАНОЇ МАСИ ПО ВНУТРІШНІЙ ПОВЕРХНІ ПЕРФОРОВАНОГО БАРАБАНА: УМОВИ РІВНОВАГИ, КУТ ПІДНЯТТЯ ТА РЕЖИМ ОБЕРТАННЯ

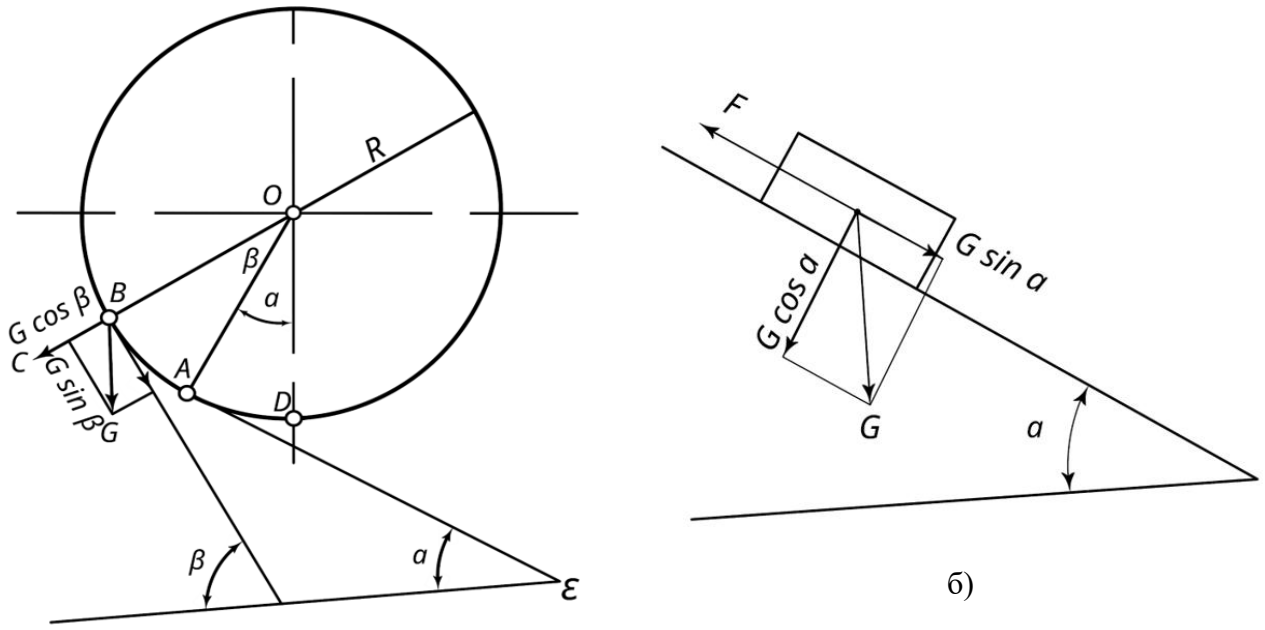
***Доценко Н.А.**, д-р пед. наук, професор*
Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв

Ефективність відокремлення соку й пульпи від шкірки залежить від того, як частинки маси переміщуються по решетяній поверхні. Якщо швидкість обертання мала, шар повільно сповзає, не відриваючись від решета, і проходу крізь отвори недостатньо; якщо вона велика, відцентрова сила притискає масу до решета, відносного переміщення немає, а отвори залипають. Тому режим обертання потрібно обирати не емпірично, а на основі механічної моделі руху частинки, яка пов’язує швидкість із фрикційними властивостями маси та геометрією барабана [2, 3]. Аналогічний розрахунковий підхід застосовують і для обґрунтування параметрів машин, що працюють із сипкими масами [4].

Розглядаємо горизонтальний циліндричний барабан радіуса R, що обертається з кутовою швидкістю ω; частинка масою m перебуває на внутрішній поверхні й не рухається відносно неї. Тертя характеризуємо кутом φ, для якого коефіцієнт тертя $f = \operatorname{tg}\varphi$. Для томатної маси та сталевого перфорованого листа експериментально одержують значення $f \approx 0{,}43–0{,}54$ [1], тому далі як опорне приймаємо $f = 0{,}5$ ($\varphi \approx 26{,}6°$).

Умови рівноваги частинки. У нерухомому барабані частинка утримується на поверхні лише до точки А, положення якої визначається кутом α з вертикаллю, α = φ (рис. 1, б – аналог для похилої площини). При обертанні на частинку додатково діє відцентрова

сила інерції C, що збільшує нормальну реакцію й силу тертя, тому частинка піднімається вище – до точки B із кутом підняття β>α (рис. 1, а).



а) б)

Рисунок 1 – Схема сил на внутрішній поверхні барабана (а) та умова рівноваги тіла на похилій площині (б)

У точці B рівновага визначається проєкціями на дотичну й нормаль до поверхні: дотична складова сили тяжіння G sin β має дорівнювати граничній силі тертя, а нормальна реакція включає складову сили тяжіння та відцентрову силу C = G v²/(gR):

$$G \sin\beta = f\,(G\cos\beta + C), \quad C = G\,v^2 / (g\,R). \tag{1}$$

Розв’язуючи відносно окружної швидкості v = ωR та враховуючи f = tg φ, після перетворення тригонометричних виразів маємо:

$$v^2 = g\,R \cdot \sin(\beta - \varphi) / \sin\varphi. \tag{2}$$

Звідси видно, що за β = φ швидкість дорівнює нулю (частинка в спокої), а зі зростанням β швидкість зростає: кут підняття збільшується тим швидше, чим більша швидкість обертання. Додатково відзначимо, що на практиці спостережуваний кут β може відрізнятися від розрахункового внаслідок несферичної форми частинок і нерівномірного розподілу вологи, тому формула дає орієнтир, а не гарантоване значення.

Раціональний кут підняття та режим обертання. Умовою ефективної роботи є невеликий надлишок кута підняття над кутом спокою: δ = β − φ ≈ 5°. Тоді частинка піднімається трохи вище точки A, потім скочується або сковзає вниз по шару, що створює відносне переміщення відносно решета й сприяє проходу рідкої фази, а відцентрова сила не встигає притиснути масу до поверхні. Підставляючи β = φ + δ, одержуємо розрахункову залежність для швидкості та частоти обертання:

$$v = \sqrt{(g\,R \sin\delta / \sin\varphi)}, \quad n = (30/\pi) \cdot \sqrt{(g \sin\delta / (R \sin\varphi))}. \tag{3}$$

Для f = 0,5 і δ = 5° маємо v ≈ 1,38 √R (м/с) та n ≈ 13,2 / √R (хв$^{-1}$), де R – у метрах. Таким чином, частота обертання обернено пропорційна кореню з радіуса: для промислових машин діаметром 700–1300 мм (R = 0,35-0,65 м) розрахункова n становить приблизно 16-22 хв$^{-1}$, а окружна швидкість – 0,8-1,1 м/с (рис. 2). Якщо діаметр лабораторного барабана

становить близько 0,2 м, формули дають окружну швидкість приблизно 0,44 м/с (26 м/хв), що за порядком величини узгоджується з раціональною швидкістю 25 м/хв, знайденою в експериментах.

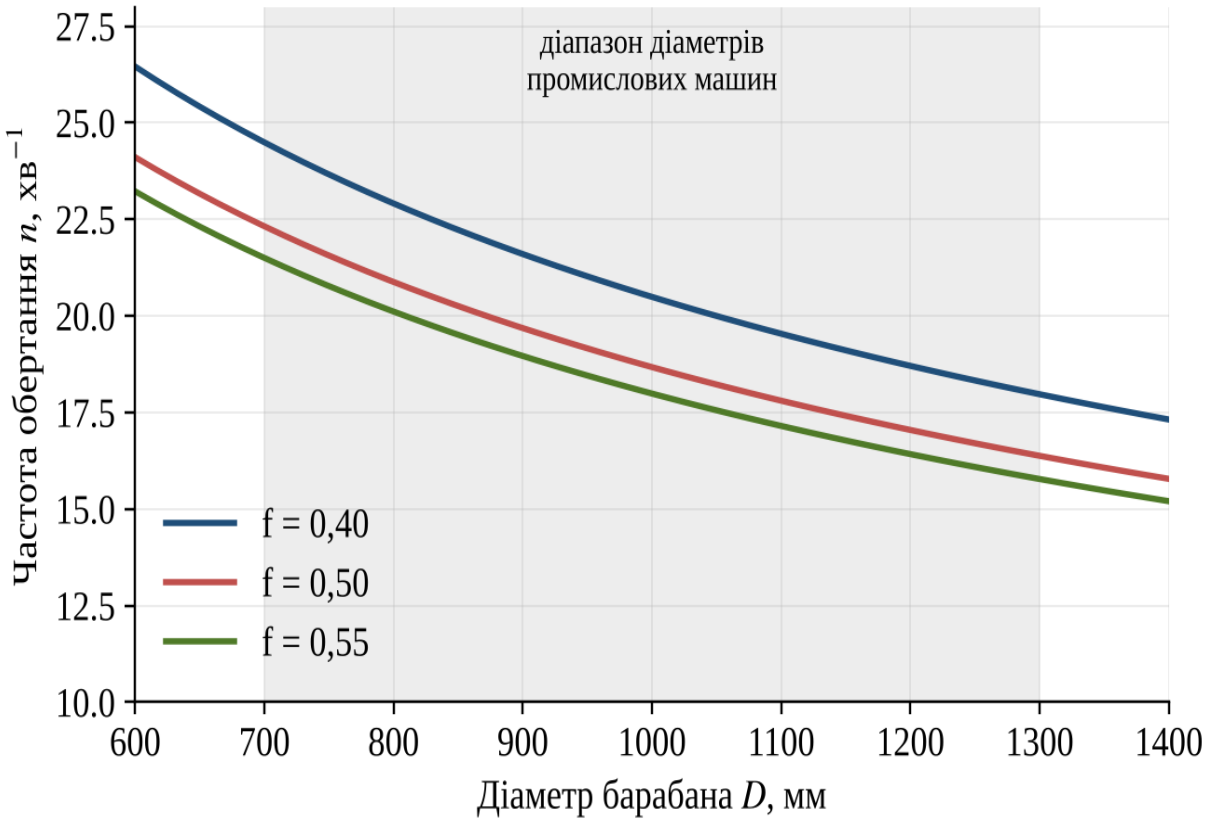


Рисунок 2 – Розрахункова частота обертання барабана залежно від діаметра для різних коефіцієнтів тертя (δ=5°)

Зі збільшенням коефіцієнта тертя значення n зростає (f = 0,55 вимагає більшої швидкості, ніж f = 0,40), оскільки частинку потрібно підняти під більшим кутом спокою. Ця обставина має практичне значення: матеріал із вологою, жирними або липкими домішками змінює f, а отже й раціональний режим, тому привід доцільно виконувати з можливістю регулювання частоти обертання.

Висновки. 1) Рух частинки по внутрішній поверхні барабана описується умовою рівноваги з урахуванням сил тяжіння, тертя та відцентрової сили, що веде до залежності $v^2 = gR\sin(\beta - \varphi)/\sin\varphi$. 2) Раціональний режим відповідає куту підняття, більшому за кут спокою на ≈ 5°; частота обертання обернено пропорційна √R. 3) Для діаметрів 700-1300 мм розрахункова n становить близько 16-22 хв$^{-1}$; для зміни f привід необхідно регулювати.

Список використаних джерел

1. Доценко Н. А. Результати дослідження продуктивності подрібнювача-протирача томатів. *Праці ТДАТУ*. 2019. Вип. 21, т. 1. С. 116–124.
2. Hand L. N., Finch J. D. *Analytical Mechanics.* Cambridge : Cambridge University Press, 2008.
3. Lerner R. G., Trigg G. L. *Encyclopedia of Physics.* 2nd ed. Weinheim : VCH Publishers, 1991.
4. Kaletnik G. M., Yanovych V. P. Justification of operating parameters of the vibrating machine for mixing loose masses. *Design, Production and Operation of Agricultural Machines.* 2017. Vol. 47, no. 1. P. 91–98.