



Боровець В. М.

Національний
університет
“Львівська
політехніка”

Коруняк П. С.

Національний
аграрний
університет

УДК 621.3

ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ЗЕРНОВИХ ДРОБАРОК ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ВІБРАЦІЇ КОРПУСА

Работа посвящена исследованию эффективности работы дробильных машин с упругим креплением корпуса. Приведенные аналитические зависимости определения амплитуды колебаний корпуса и рабочих элементов дробилки. Экспериментально подтверждено положительное влияние вибрации на процесс измельчения продукта с помощью роторных дробилок.

The work is devoted to the study of the effectiveness of shredding machines with elastic mount chassis. The analytical determination of the amplitude dependence of the shell and work items crusher. Experimentally confirmed the positive impact of vibration on the process of grinding product with rotary crushers.

Вступ.

Процес подрібнення застосовується у багатьох галузях виробництва, в яких той чи інший матеріал доводиться подрібнювати. Ефективність роботи подрібнювальних машин в значній мірі залежить від їх параметрів і режиму роботи. Найбільш широке використання в сільському господарстві отримали роторні та молоткові подрібнювальні машини. Тому підвищення ефективності їх роботи та зниження витрат енергії на подрібнення й поліпшення якості готового продукту є одним із основних завдань, що стоять перед проєктантами та дослідниками нової техніки. Розроблення нових конструкцій подрібнювальних машин з використанням вібрації у згаданих дробарках дозволить інтенсифікувати процес подрібнення продукту та зменшити енергозатрати на одиницю виготовленої продукції.

Аналіз останніх досліджень.

Математичні моделі роботи подрібнювальних машин з вібраційним приводом та пружним кріпленням розглянуті в роботах [2-4]. Дані моделі дозволяють дослідити динаміку подрібнювальних машин з жорстким, пружним та шарнірним кріпленням робочих елементів, а також вплив параметрів машини на робочий процес подрібнення.

Під час дослідження [2] встановлено, що сила опору продуктово-повітряного шару (ППШ)

на рух робочих елементів [3] залежить від властивостей матеріалу, його вологості та густини, ступеня подрібнення і продуктивності роботи машини та її геометричних параметрів, а запропоновані аналітичні залежності більш точно описують фізичну сторону явища, ніж ті, що були відомі, однак питання впливу вібрації барабану подрібнювальної машини на якість готового продукту є досліджено недостатньо.

Постановка задачі.

Метою даної роботи є з'ясування впливу вібрації на характер руху пружно закріпленого корпусу машини, робочих елементів і продуктово-повітряного шару, а також його вплив на якість готової продукції.

На підставі узагальненої математичної моделі роботи подрібнювальної машини ударної дії [1] та адаптування її до конкретно взятої розрахункової схеми проводимо дослідження щодо оптимізації значень основних параметрів машин вибраної конструкції, а також шляхом натурного експерименту перевіряємо вплив вібрації на якість готового продукту.

Виклад основного матеріалу.

Серед подрібнювальних машин значного поширення набули роторні і молоткові дробарки, підвищення ефективності роботи і зниження енергомосткості яких можливе лише шляхом вдосконалення конструкції та оптимізації режимів роботи, а також і



поєднанням основного способу руйнування матеріалу з іншими фізичними явищами такими як вібрація.

Узагальнена схема роботи молоткових та роторних дробарок з жорстким та пружним кріпленням бил, які мають пружне кріплення корпусу зображена на рис.1. Дана схема машини відображає вібраційні коливання корпусу, що створює дебаланс, можливість жорсткого та пружного кріплення бил до ротора машини, а також шарнірне кріплення молотків.

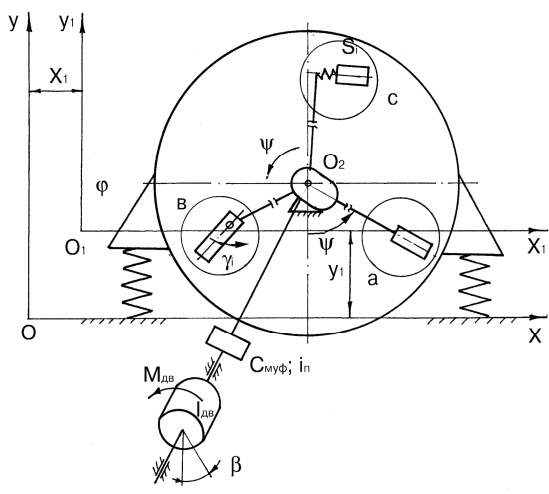


Рис. 1. Узагальнена принципова схема подрібнювальної машини ударної дії.
а) з жорстким кріпленням бил; б) шарнірним кріпленням молотків; в) з пружним кріпленням бил

На основі проведених чисельних експериментів [1...4] та аналізу отриманих результатів можна зробити наступні висновки:

1. Характер роботи двигуна дробарки не змінюється за наявності вібруючого корпусу. Реакція двигуна на зміну значень необхідної продуктивності, подрібнювального матеріалу, його вологості аналогічна як і у машин із жорстким кріпленням корпусу.

2. Рух корпусу практично не змінюється із зміною кількості матеріалу в ньому у широкому діапазоні зміни розрахункової продуктивності, поки не починає зменшуватися частота обертання привідного двигуна.

3. Пружне закріплення корпусу призводить до появи додаткових частот власних коливань, значення яких визначається співвідношеннями між масою і моментом інерції корпусу, жорсткістю пружних опор, місцем їх кріплення до корпусу.

4. Амплітуди коливань корпусу дробарки, форма області їх значень у вертикальній

площині (рис. 2 а, б) суттєво залежать від співвідношень між значеннями маси дебаланса віброзбудника, віддалі від точки його підвісу до центра мас, кутової швидкості обертання ротора, маси корпусу та жорсткості пружних опор.

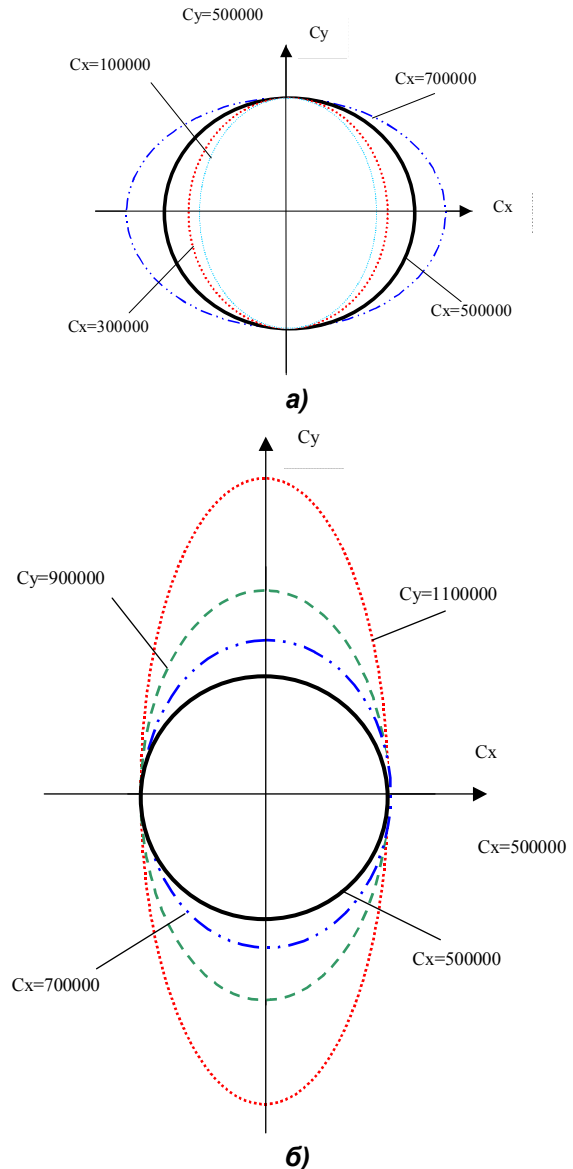
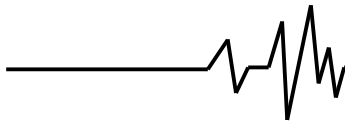


Рис. 2. Область амплітуд коливань корпусу дробарки на пружній основі в залежності від жорсткості її опор:
а)- в горизонтальному напрямку, б)- у вертикальному напрямку

Значення амплітуд вимушених коливань корпусу $A_{x/y}$ в напрямку координатних осей x/y можна оцінити за наближеною залежністю:

$$A_{x/y} = \frac{m_0 \cdot \dot{\psi}_{ном}^2 \cdot \varepsilon}{M \left[\frac{2c_{x/y}}{M} - \dot{\psi}_{ном}^2 \right]}, \quad (1)$$



де M - сумарна маса всіх елементів корпусу;

$\dot{\psi}_{\text{НОМ}}$ - номінальна кутова швидкість обертання ротора машини;

$c_{x/y}$ - жорсткість пружних опор у напрямку координатних осей x/y .

Область значень амплітуд коливань корпусу машини можна визначити оцінювальною залежністю

$$A_{\eta} = \frac{m_d \cdot \varepsilon \cdot \dot{\psi}_H}{\sqrt{4(c_x^2 \cdot \cos^2 \eta + c_y^2 \cdot \sin^2 \eta) - M \dot{\psi}_H^2}}, \quad (2)$$

де A_{η} - амплітуда коливання корпусу вздовж прямої, похиленої під кутом η відносно осі x нерухомої системи координат xOy .

5. Встановлено, що жорсткість c_x , c_y пружних опор суттєво впливає на рух молотків (рис. 3) і пружно закріплених бил (рис.4). Їх амплітуди коливань можна визначити із залежностей:

$$A_{\gamma} = \frac{m_m \cdot l_m \cdot m_d \cdot \varepsilon \cdot \dot{\psi}_H^2}{2[m_m \cdot l_m (l_p - 4 \cdot l_m) - 4I_m]} \times \left(\frac{1}{2c_x - \dot{\psi}_H^2 \cdot M} + \frac{1}{2c_y - \dot{\psi}_H^2 \cdot M} \right), \quad (3)$$

$$A_s = \frac{m_m \cdot m_d \cdot \varepsilon \cdot \dot{\psi}_H^2}{2[m_m - 4M]} \times \left(\frac{1}{2c_x - \dot{\psi}_H^2 \cdot M} + \frac{1}{2c_y - \dot{\psi}_H^2 \cdot M} \right). \quad (4)$$

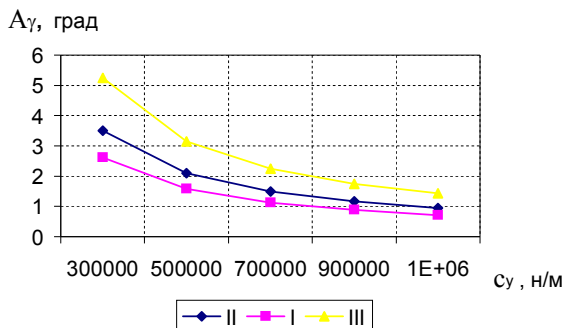


Рис. 3. Залежність відносних переміщень молотка від пружно-інерційних характеристик машини

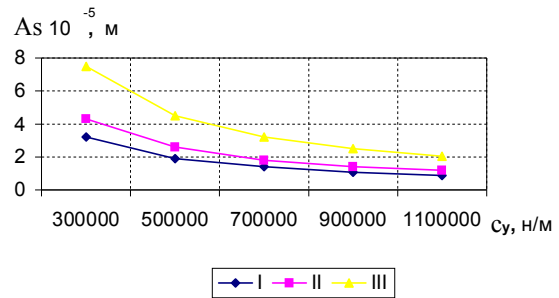


Рис. 4. Залежність відносних переміщень бил від пружно-інерційних характеристик машини

6. Наявність віброзбудника в схемі машин на пружній основі збільшує витрати потужності привідного двигуна аналогічно до машин на жорсткій основі. Витрати потужності двигуна залежно від продуктивності, ступеня подрібнення, вологості матеріалу мають характер, аналогічний до машин з жорсткою основою корпусу і є найменші для двох останніх схем.

Дослідження проводились в два етапи. На першому етапі при встановленому режимі роботи машини аналізувалась якість готового продукту, коли корпус дослідної дробарки був закріплений до основи спочатку жорстко, а потім пружно.

Встановлення фракційного складу подрібненого матеріалу виконувався шляхом аналізу проб (наважок). За результатами просіювання наважок масою 100 г на класификаторі з набором решіт 5, 3, 2, 1 та 0,2 мм, де верхнє є контрольним, визначався середньо зважений розмір частинок (модуль) M із залежності

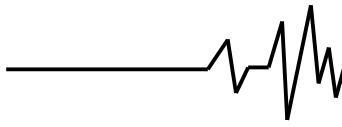
$$M = \frac{0,1P_0 + 0,6P_{0,2} + 1,5P_1 + 2,5P_2 + 3,5P_3}{100}, \quad (5)$$

де $P_0, P_{0,2}, P_1, P_2, P_3$ - маса фракцій на відповідних решетах класификатора;

0,1, 0,6, 1,5, 2,5, 3,5 - середній розмір частинок в мм одержаних фракцій.

Результати аналізу показані на рис. 5, де з графіку видно, що при вібрації барабана кількість переподрібненого матеріалу зменшується до 50%, а модуль подрібнення лише на 1,1%, за цих умов гранулометричний склад готового продукту покращився на 10%.

На другому етапі експериментів досліджувалось вплив вібрації барабана на кількість подрібненого матеріалу оптимальних фракцій на проміжках часу, з подрібненням його певних порції на дослідній дробарці з жорстким і пружним кріпленням її барабана. Відповідно до рекомендацій до складу



оптимальних фракцій включався матеріал, що залишався на решетах класифікатора з діаметром отворів 0,2, 1, 26 3 мм. На підставі оброблення результатів проведених дослідів побудовано графік (рис.6), з якого видно, що вібрація корпусу поліпшує фракційний склад матеріалу до 10%, що відповідає зоотехнічним вимогам, за незначного до 3% зростання продуктивності машин машини.

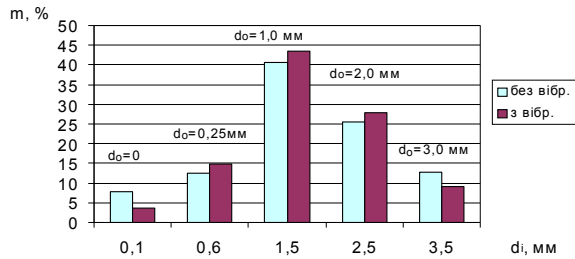


Рис. 5. Розподіл по фракціях під час подрібнення ячменю на дослідній дробарці

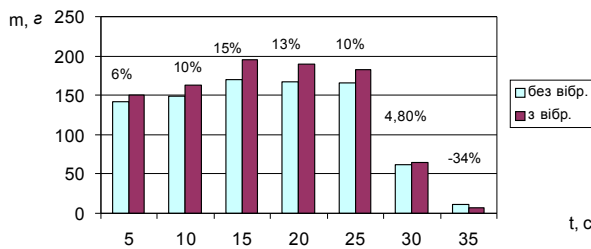


Рис. 6. Розподіл сумарної маси фракцій, які відповідають зоотехнічним вимогам за проміжки часу (5 с) при порційному подрібненні ячменю

Висновки. Проведений аналіз роботи подрібнювальних машин з пружним кріпленням корпусу показав ряд їх переваг у порівнянні з традиційними машинами.

З проведених експериментальних досліджень можна зробити висновок, що вібрація корпусу подрібнювальної машини позитивно впливає на якість подрібнення.

Література

1. Коруняк П.С., Семкович О.Д., Лозовий І.С. Розвиток засобів ударного подрібнення матеріалу // Вісн. ДУ "Львів. політехніка": - Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні. - 2001. -№422.-С. 61-66.
2. Коруняк П., Семкович О. Дослідження та аналіз роботи молоткової дробарки // Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження. - 2003. - № 7. - С.180-184.
3. Коруняк П.С., Боровець В.М. Динаміка дробарки з пружним ротором // Вісн. ДУ "Львів. політехніка": - Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні. - 2002. -№442.- С. 94 -96.
4. Коруняк П. Робота подрібнювальних машин з пружним кріпленням корпусу// Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження. - 2006. - № 10. - С.203-206.