

УДК 631.363

Голуб Г., док-р техн. наук, професор, Ачкевич О., асистент (НУБіП України), Куянов В., канд. техн. наук (НУХТ)

Взаємозв'язок коефіцієнта заповнення та кута нахилу матеріалу в змішувачах барабанного типу

Визначено вплив коефіцієнта заповнення камери на кут підйому матеріалу під час змішування компонентів кормових сумішок у змішувачах барабанного типу.

Ключові слова: змішування, барабанний змішувач, кут підйому, кут нахилу, коефіцієнт заповнення.

Постановка проблеми. Упродовж останніх років виготовляється широка номенклатура фермерських комбікормових агрегатів, робота яких базується на використанні власної зернової сировини та покупних білково-вітамінно-мінеральних добавок.

Подальше підвищення ефективності виробництва комбікормів у господарствах та підвищення їх віддачі залежить від досконалості механізованих технологій та технічних засобів подрібнення і змішування кормових компонентів.

Одним із першочергових завдань є обґрунтування та розроблення засобів для виробництва добавок з високою рівномірністю розподілу компонентів сумішок. Найвищі вимоги щодо рівномірності змішування ставляться до мікрокомпонентів. Для цього фермерські комбікормові агрегати необхідно комплектувати додатковими змішувачами.

Аналіз різних варіантів конструкцій змішувачів сипких матеріалів щодо можливостей підвищення рівномірності розподілу компонентів добавок у суміші свідчить, що кращі характеристики мають змішувачі барабанного типу з обертовою камерою, у якій унеможливується явище сегрегації та утворення «мертвих зон».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розподіл сипкого матеріалу у змішувачах барабанного типу зводиться до взаємного переміщення часточок у поперечному перерізі барабана та вздовж осі його обертання. Переміщення в площині поперечного перерізу відбувається в радіальному та кутовому вимірах. Встановлено [1, 2, 3], що процес змішування в змішувачах барабанного типу відбуватиметься за цир-

куляційного режиму руху матеріалу, який матиме місце лише у певних кінематичних параметрах. Після входження в циркуляційний рух весь матеріал (рис. 1) можна умовно розділити на зону підймання АСВМ та зону скочування АСВQ. Точка С – центр циркуляції, навколо якого сипкий матеріал рухається по замкнутому контуру. У зоні підймання часточки рухаються за концентричними колами, центр яких розміщений на

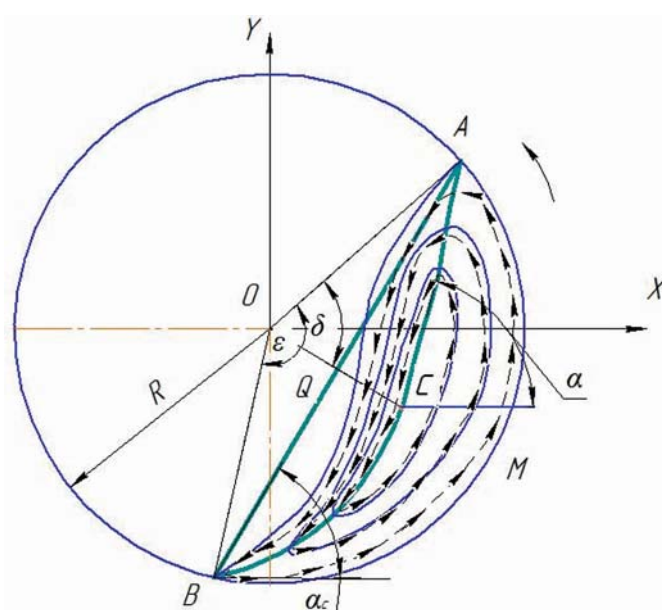


Рис. 1 – Схема розподілу сипкого матеріалу в барабанному змішувачі

осі обертання барабана, і з кутовими швидкостями, що дорівнюють кутовій швидкості його обертання.

У камері з гладкою поверхнею взаємного переміщення часточок матеріалу в зоні підймання не відбувається. Цю ділянку, в першому наближенні, можна розглядати як монолітну масу і для її опису використовувати рівняння руху твердого тіла, приведеного до матеріальної точки [4]. Такий підхід може бути використаний як для розгляду положення центра маси сегмента матеріалу (за умови включення до загальної величини маси також матеріалу, який перебуває в зоні скочування), так і для граничних ділянок зони підймання, із яких найбільш важливою для розрахунку є верхня ділянка – перехід часточки із відносно нерухомого стану в стан скочування. На малих кутових швидкостях обертання барабана (менше 0,1 від критичної) кут α дорівнює куту тертя спокою α_c [1]. Початок руху часточки по відкритій поверхні сегмента починається в той момент, коли вказана поверхня буде нахилена до горизонту під кутом α . У загальному випадку числове значення кута α залежить від коефіцієнта тертя спокою сипкого матеріалу, кутової швидкості обертання барабана ω і коефіцієнта заповнення його матеріалом k . Однак питання впливу коефіцієнта заповнення камери на кут нахилу матеріалу до горизонту досліджено на цей час недостатньо.

Формулювання мети статті. Метою роботи є визначення впливу коефіцієнта заповнення камери на кут підйому матеріалу під час змішування компонентів кормових сумішок у змішувачах барабанного типу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Виконані дослідження стосувались визначення руху матеріалу в камері з гладкою чи відносно гладкою поверхнею та переміщення матеріалу в монолітному стані всередині камери разом з барабаном.

Більша частина матеріалу в камері, за різних ступенів його заповнення та помірних кінематичних режимів, розташовується у зоні підймання (рис. 2).

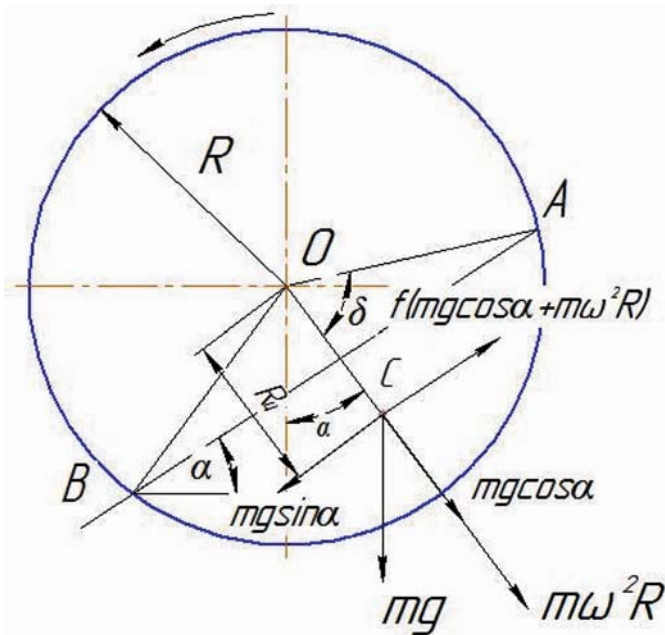


Рис. 2 – Схема дій сил на матеріал у барабанному змішувачі

Враховуючи взаємне розміщення точок А і В, з певним припущенням можна прийняти, що площа зайнята матеріалом у поперечному перерізі барабана може бути визначена за площею сегмента з хордою АВ. Розміщення сегмента матеріалу на внутрішній поверхні гладкого циліндричного барабана під час обертання характеризується площею цього сегмента та розташуванням верхньої точки сегмента А на обертовій поверхні, яка визначається кутом нахилу матеріалу до горизонту α .

Під час обертання барабана кут нахилу матеріалу до горизонту збільшуватиметься і дорівнюватиме куту підйому центра мас матеріалу відносно вертикалі.

Розглянемо рівномірне обертання барабанного змішувача разом з матеріалом, при цьому центр мас матеріалу лежатиме в точці С на відстані R_u від центра барабана.

У загальному вигляді на матеріал будуть діяти: гравітаційна сила, відцентрова сила, а також сила тертя, обумовлена силою тяжіння та відцентровою силою. Записавши умову рівноваги сил:

$$f(mg \cos \alpha + m\omega^2 R_u) = mg \sin \alpha \quad (1)$$

де f – коефіцієнт тертя сумішки по внутрішній поверхні барабана, відн. од.; m – маса матеріалу, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²; α – кут підйому центра мас матеріалу, град; ω – кутова швидкість, рад/с; R_u – радіус центра маси матеріалу, м, та розв'язавши рівняння відносно кута підйому центра маси матеріалу, отримаємо залежність, яка справді відповідає отриманій залежності для грохотів у гірничо-переробній галузі [5]:

$$\alpha = \varphi_3 + \arcsin\left(f \frac{\omega^2 R_u \cos \varphi_3}{g}\right) \quad (2)$$

де α – кут тертя сумішки по внутрішній поверхні барабана.

Для врахування впливу коефіцієнта заповнення камери змішування на кут нахилу матеріалу до горизонту, виразимо значення радіуса центра мас через площу сегмента матеріалу за формулою:

$$R_u = \frac{c^3}{12S_c} \quad (3)$$

де c – довжина хорди сегмента матеріалу, м; S_c – площа сегмента, м².

Визначивши довжину хорди через радіус барабана R та кут δ , що є половиною центрального кута сегмента матеріалу, а також врахувавши, що коефіцієнт заповнення барабана є відношенням площі сегмента S_c матеріалу до площі кола S_k , виразимо радіус центра маси R_u через коефіцієнт заповнення k та радіус барабана R :

$$R_u = \frac{(2R \sin \delta)^3}{12S_c} = \frac{8R^3 \sin^3 \delta}{12\pi R^2 k} = \frac{2R \sin^3 \delta}{3\pi k} \quad (4)$$

де R – радіус барабана, м; δ – половина центрального кута сегмента матеріалу, рад; S_k – площа кола, м²; k – коефіцієнт заповнення барабана, відн. од.

Оскільки коефіцієнт заповнення k та кут δ пов'язані

між собою через співвідношення

$$k = \frac{2\delta - \sin 2\delta}{2\pi} \quad (5)$$

вираз (4) набуває вигляду:

$$R_{\text{ц}} = \frac{4R \sin^3 \delta}{6\delta - 3 \sin 2\delta} \quad (6)$$

Для визначення залежності кута нахилу матеріалу до горизонту від коефіцієнта заповнення камери об'єднаємо вирази (2) і (5) в систему з урахуванням виразу (6):

$$\begin{cases} \alpha = \varphi_3 + \arcsin \left(\frac{4\omega^2 R \sin^3 \delta}{3g(2\delta - \sin 2\delta)} \sin \varphi_3 \right); \\ k = \frac{2\delta - \sin 2\delta}{2\pi}. \end{cases} \quad (7)$$

За системою рівнянь (7) було побудовано графічну залежність кута підйому центра маси матеріалу в барабанному змішувачі від коефіцієнта заповнення камери на різних кутових швидкостях барабана (рис. 3).

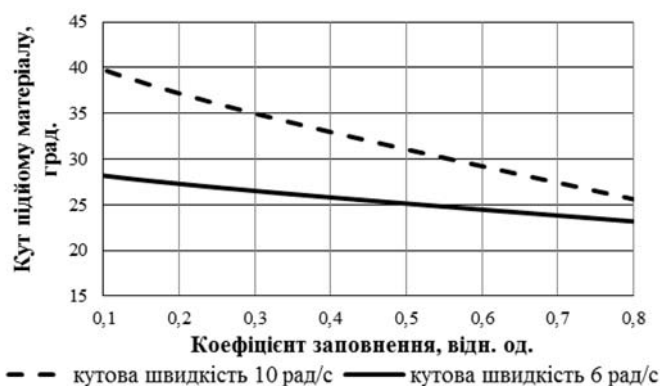


Рис. 3 – Вплив коефіцієнта заповнення на кут підйому матеріалу

Аналіз графічних залежностей показав, що в найбільшій мірі кут нахилу матеріалу залежить від швидкості обертання барабана. Зі зміною коефіцієнта заповнення від 0,1 до 0,8, кут нахилу матеріалу буде змінюватися в межах від 24 до 40 градусів. Це пов'язано з тим, що при збільшенні коефіцієнта заповнення радіус центра маси матеріалу зменшується, також відповідно

і зменшується вплив відцентрової сили та сили тертя на підняття матеріалу. Зі збільшенням коефіцієнта заповнення кут нахилу матеріалу наближається до кута природного скосу.

Висновки. Встановлено, що зі збільшенням коефіцієнта заповнення камери матеріалом кут нахилу матеріалу до горизонту зменшується та наближається до кута природного скосу.

Список літератури

1. Першин В. Ф. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа / В. Ф. Першин, В. Г. Однолько, С. В. Першина – М.: Машиностроение. 2009. – 220 с.
2. Першин В. Ф. Расчет распределения сыпучего материала в гладком вращающемся барабане / В. Ф. Першин // Химическое и нефтяное машиностроение. – М.: 1988. – С. 21-26.
3. Першин В. Ф. Машины барабанного типа: основы теории, расчета и конструирования / В. Ф. Першин. – Воронеж: Изд-во ВГУ. 1990. – 168 с.
4. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П. М. Василенко. УАСХН. – К.: 1960 – 283 с.
5. Анашкин А. А. Условия движения частицы руды без скольжения и отрыва в барабане грохота / Анашкин А.А. // Молодежь и наука: сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярск [Электронный ресурс]. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2013. – Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/section034.html>.

Аннотация. Определено влияние коэффициента заполнения камеры на угол подъема материала при смешивании компонентов кормовых смесей в смесителях барабанного типа.

Summary. The influence of the fill factor on the angle of ascent chamber material is given for mixing the components of feed mixture in the mixer drum.

Стаття надійшла до редакції 17 вересня 2015 р.