

4. Патент 74880, Україна, МКИ А 23 j 1/14/ Спосіб одержання білкового борошна із макухи олійного насіння / В.Т. Гриценко, А.В. Чехов. – №2003109430 ; Заявл. 20.10.2003 ; Опубл 15.11.2005, Бюл. №11. – 2 с.
5. Методики исследований в животноводстве / [Ф.Ф. Эйсер (отв. ред.), А.И. Виноградский, В.К. Гавриш, И.А. Зозуля, В.Я. Максаков, А.Я. Панов, Н.А. Староверов]. – К.: Урожай, 1965. – С. 102–132.

Разработана методика экспериментальных исследований установки для изготовления пеллет из белковой фракции жмыха семян масличных культур.

Масличные культуры, жмых, пеллеты, белковая фракция, установка.

The technique of experimental research installations for production of pellets from the protein fraction oilseed cake.

Oilseeds, cake, pellets, protein fraction, installation.

УДК 631.363

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК КОЕФІЦІЄНТА ЗАПОВНЕННЯ ТА КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ БАРАБАННОГО ЗМІШУВАЧА

**О.М. Ачкевич, інженер
Г.А. Голуб, доктор технічних наук**

Визначено взаємний вплив коефіцієнта заповнення та кутової швидкості камери барабанного змішувача для забезпечення циркуляційного режиму руху компонентів суміші під час змішування.

Змішування, барабанний змішувач, циркуляційний рух, коефіцієнт заповнення, кутова швидкість.

Постановка проблеми. Виробництво якісного комбікорму в умовах господарств вимагає вирішення питання щодо технічного забезпечення змішування кормових добавок. Компоненти кормових добавок, такі як мінеральні та вітамінні бленди, ферменти, амінокислоти та ін. містяться в складі комбікорму в досить малих кількостях, а тому їх рівномірне змішування вимагає досконалих технологічних та конструкційних рішень. Заданий рівень рівномірності змішування в таких випадках забезпечують змішувачі барабанного типу. Із їх загальної номенклатури кращі показники за якістю сумішки мають барабанні змішувачі з циліндричною формою камери, вісь симетрії якої

© О.М. Ачкевич, Г.А. Голуб, 2015

зміщена відносно горизонтальної осі обертання камери на заданий кут [5].

Аналіз останніх досліджень. Процес змішування в барабанному змішувачі складається із ряду елементарних процесів, які відбуваються одночасно [1, 2, 3, 4]. Це переміщення групи суміжних частинок із одного місця в інше впровадженням та ковзанням шарів матеріалу (конвекційне змішування), поступовий перерозподіл частинок різних компонентів через утворювану межу їх розділу (дифузійне змішування) та зосередження частинок, які мають однакову масу у відповідних місцях змішувача під дією гравітаційних та інерційних сил (сегрегація).

Перші два процеси сприяють покращенню рівномірного розподілення кожного компонента в загальній масі сумішки. Третій – сегрегація, навпаки, погіршує рівномірність перерозподілу компонентів. Його вплив в значній мірі нівелюється можливістю повернення часточок важких і дрібних компонентів з нижніх у верхні шари порції корму. Слід зазначити, що в залежності від заповнення камери та від частоти обертання у площині поперечного перерізу барабана можуть мати місце три режими руху матеріалу: рух з обрушенням, циркуляційний рух та закритий режим руху [6].

При першому режимі руху з обрушенням, що відбувається при рівні заповнення камери до 10% її вмісту, сипкий матеріал при обертанні барабана ковзає по його внутрішній поверхні залишаючись в монолітному зв'язаному стані. Оскільки при цьому верхні шари відносно нижніх не зміщуються то взаємопроникнення між окремими сусідніми частинками не відбувається, такий режим не може бути використаний для змішування. При заповненні камери на величину більше ніж 10% в процесі обертання барабана настає циркуляційний режим руху, коли матеріал із верхніх шарів піднятого моноліту відривається від нижніх шарів і обрушується у зворотному напрямку у вільний простір камери, тобто настає взаємне переміщення сипкої маси [7]. Розподіл сипкого матеріалу у просторі зводиться до взаємного переміщення часточок в поперечному перерізі барабана та вздовж осі його обертання. Переміщення в площині поперечного перерізу відбувається в радіальному та кутовому вимірах [8]. Із збільшенням кутової швидкості барабана об'єм матеріалу, що знаходиться в зоні підіймання, зменшується, а висота розташування його центра ваги зростає.

Із збільшенням частоти обертання зростає величина відцентрової сили, при цьому частина матеріалу під її дією утримується на внутрішній поверхні барабана і не відривається у внутрішній простір камери. Колова швидкість зростає до величини, за межами якої настає третій – закритий режим, при якому весь матеріал притискується

ся до поверхні барабана і обертається разом з нею в єдиному потоці. При цьому взаємне переміщення частинок компонентів може мати місце лише за рахунок їх відмінності за питомою масою та геометричними розмірами.

Залежно від розміщення осі симетрії барабана в горизонтальній і вертикальній площинах можна відмітити чотири екстремальні положення барабана і розглянути в них поведінку матеріалу під впливом діючих сил. У крайньому лівому та крайньому правому положеннях, коли обидві осі розташовані в горизонтальній площині, рух матеріалу в камері можна уподібнювати стану перемішування в барабанних змішувачах порційного типу з горизонтальною віссю обертання. У верхньому та нижньому положеннях, коли вісь симетрії проходить через вертикальну площину, поведінка матеріалу подібна до стану розподілу потоків в камері змішувача безперервної дії з нахилоною віссю обертання. Зважаючи на це доцільно розглянути процес перерозподілу часточок матеріалу в критичних положеннях та застосувати при цьому методичні підходи до опису стану руху в барабанних змішувачах порційного типу з горизонтальною віссю обертання та безперервної дії з нахилоною віссю обертання [9, 10, 11].

Величина кута нахилу осі циліндра до горизонту γ під час обертання камери гармонійно змінюється. Коли вісь барабана знаходиться в горизонтальній площині $\gamma=0$, а у вертикальній площині $\gamma=\gamma_{max}=\beta$.

Для запобігання зсуву маси циркуляційного потоку до торцевих стінок циліндра необхідно враховувати кути внутрішнього тертя по вільній поверхні матеріалу та зовнішнього тертя по матеріалу поверхні. Приймаючи до уваги, що кут тертя φ матеріалу по поверхні циліндра під час обертання є величиною постійною і залежною лише від його фізико-механічних властивостей, вказана умова стабільності процесу запишеться як $\beta < \varphi$. Кут зовнішнього тертя, що відображає фрикційні властивості при переміщенні матеріалу по внутрішній поверхні барабана для сумішок знаходиться в інтервалі від 21 до 26 град. Кут внутрішнього тертя, що проявляється при взаємному переміщенні потоків компонентів у камері змішування, дещо вищий і для сумішок знаходиться у межах від 25 до 30 град.

Допустима величина кута нахилу осі камери повинна відповідати величині кута тертя конкретної комбікормової сумішки, або знаходитись у межах, що не перевищує значень всіх можливих коефіцієнтів тертя, якими характеризується номенклатура рецептів сумішок комбікормових добавок, виробництво яких передбачено для даного змішувача. Суттєва різниця значень коефіцієнтів тертя комбікормових сумішок підтверджує необхідність оснащення обладнання для змішування системою регулювання кута нахилу камери відносно осі обертання (рис. 1).

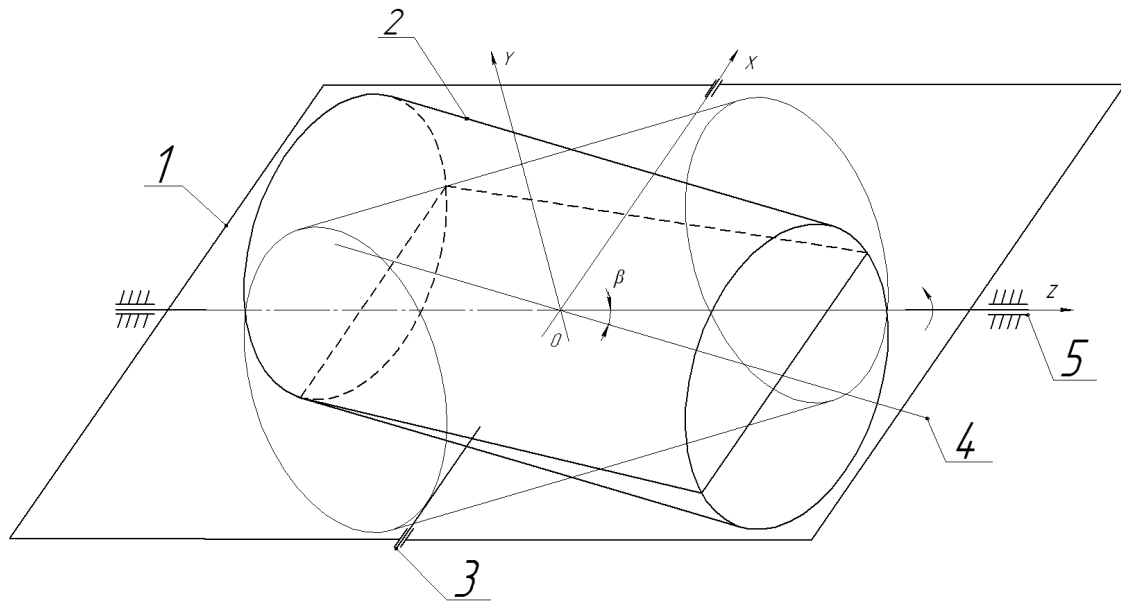


Рис. 1. Схема барабанного змішувача: 1 – обертова рама барабанного змішувача; 2 – барабан; 3 – регулятор кута нахилу барабана; 4 – вісь барабана; 5 – вісь обертання рами барабанного змішувача.

Мета досліджень. Визначити взаємний вплив коефіцієнта заповнення та кутової швидкості камери барабанного змішувача для забезпечення циркуляційного режиму руху компонентів суміші під час змішування.

Результати досліджень. Після підйому матеріалу вздовж дуги BA і досягнення частинкою матеріалу точки A (чи наближеної до неї) починається її рух в нижню зону по хорді AB (рис. 2), який може бути описаний диференціальним рівнянням руху частинки матеріалу по похилій поверхні [12]. Це рівняння має загальновідоме рішення:

$$x = \frac{gt^2}{2} (\sin \alpha_w - f_B \cos \alpha_w), \quad (1)$$

де: x – пройдений частинкою шлях, м; α_w – кут нахилу матеріалу до горизонту, рад; f_B – коефіцієнт внутрішнього тертя, відн. од.; t – час руху, с.

Враховавши значення шляху, який проходить частинка по хорді AB зміщеної на кут нахилу вісі обертання барабана:

$$x = 2R \frac{\sin \delta}{\cos \beta}, \quad (2)$$

де: δ – половина центрального кута, що обмежує заповнений матеріалом сегмент для барабана без нахилу, рад; β – кут нахилу вісі барабана, рад, можна визначити тривалість руху часточки матеріалу до точки B :

$$t = \sqrt{\frac{4R \sin \delta}{g \cos \beta (\sin \alpha_w - f_B \cos \alpha_w)}}. \quad (3)$$

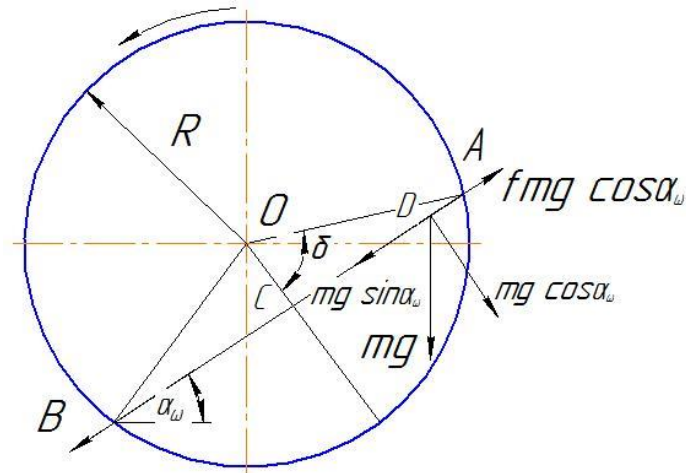


Рис. 2. Схема дії сил на частинку матеріалу сумішки при скочуванні по похилій поверхні.

Для забезпечення циркуляційного руху необхідно, щоб час скочування матеріалу по хорді AB , яка зміщена на кут нахилу вісі обертання барабана наближався до часу підняття часточки по дузі BA за рахунок тертя матеріалу по поверхні барабану. Час підняття матеріалу по дузі BA з урахуванням кутової швидкості барабану та кута δ визначається за загальновідомим виразом:

$$t = \frac{2\delta}{w}. \quad (4)$$

Прирівнявши вираз (3), який визначає час руху частинки по хорді AB зміщеній на кут нахилу вісі обертання барабана та вираз (4), який визначає час підйому матеріалу по дузі BA разом з барабаном, отримуємо:

$$w = \delta \sqrt{\frac{g \cos \beta (\sin \alpha_w - f_B \cos \alpha_w)}{R \sin \delta}}. \quad (5)$$

Формула (5) визначає залежність зміни кутової швидкості барабана при зміні кута δ , що відображає міру заповнення камери змішування. Коефіцієнт заповнення барабана визначаємо як середнє значення (по поперечному перерізу барабана з циклічно похилою віссю обертання) відношення площі сегменту матеріалу до площі перерізу барабана:

$$k = \frac{2\delta - \sin 2\delta}{2\pi}. \quad (6)$$

Знайшовши спільний розв'язок для рівнянь (5) та (6), нами побудовано графіки залежності коефіцієнта заповнення камери змішування від кутової швидкості обертання барабана (рис. 3) при величині кута нахилу осі камери $\beta=20$ град.

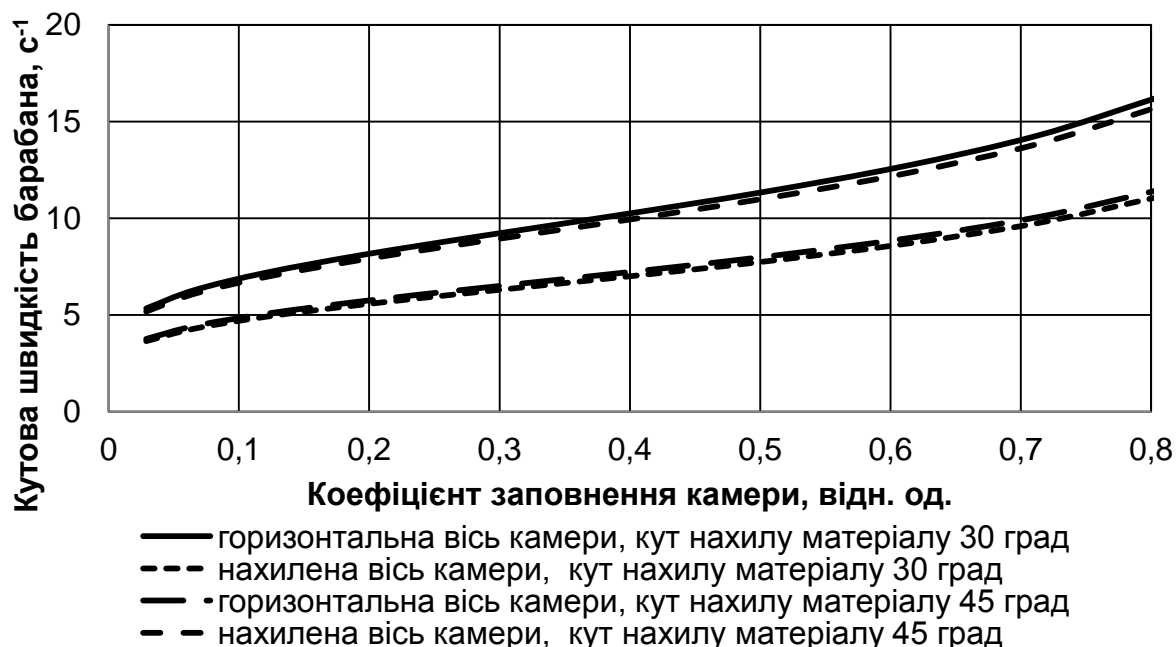


Рис. 3. Залежність коефіцієнта заповнення від кутової швидкості барабана при забезпеченні циркуляційного руху.

Аналіз графічних залежностей свідчить, що для дотримання циркуляційного руху необхідно змінювати кутову швидкість при зміні ступеня заповнення камери. Встановлено також, що вплив кута нахилу осі камери на кутову швидкість змішувача кормових добавок незначний.

Висновок. Отримано залежність, яка визначає залежність між кутовою швидкістю барабана змішувача з нахиленою віссю обертання та коефіцієнтом його заповнення при якому забезпечується циркуляційний рух матеріалу при змішуванні.

Список літератури

1. *Конструирование и расчет машин химических производств* / [Под ред. Э.Э. Кальман-Иванова]. – М.: Машгиз, 1985. – 408 с.
2. *Гусев Ю.И.* Конструирование и расчет машин химических производств : учебник для вузов / [Ю.И. Гусев, И.Н. Карасев, Э.Э. Кольман-Иванов, Ю.И. Макаров, М.П. Макевнин, Н.И. Рассказов ; под. ред. Ю.И. Гусева]. – М.: Машиностроение, 1985. – 406 с.
3. *Першин В.Ф.* Машин барабанного типа: основы теории, расчета и конструирования / В.Ф. Першин. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1990. – 168 с.
4. *Баранов Д.А.* Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетики, подобия, моделирования, проектирования : В 5 т., т. 1.

- Основы теории процессов химической технологии / [Д.А. Баранов, А.В. Вязьмин, А.А. Гухман и др. ; под. ред. Д.А. Баранова]. – М.: Логос, 2000. – 408 с.
5. Декларацийний патент на корисну модель 3815 Україна. МПК В 01 F 9/00. Змішувач періодичної дії / Пилипенко О.М., Чибис С.М., Коваленко О.М. № u2004032019 ; заявл. 18.03.2004, опубл. 15.12.2004, Бюл. №12. – 3 с.
6. Коротыч В.И. Движение сыпучего материала во вращающемся барабане / В.И. Коротыч // Сталь. – 1962. – №8. – С. 680–686.
7. Першин В.Ф. Расчет распределения сыпучего материала в гладком вращающемся барабане / В.Ф. Першин // Химическое и нефтяное машиностроение. – М.: Наука, 1988. – С. 21–26.
8. Першин В.Ф. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа / В.Ф. Першин, В.Г. Однолько, С.В. Першина. – М.: Машиностроение, 2009. – 220 с.
9. Макевнин М.П. К вопросу исследования динамики потока сыпучего материала на лопасти вращающейся машины барабанного типа / М.П. Макевнин, В.Ф. Першин, М.М. Свиридов // Процессы и оборудование химических производств. – 1975. – Вып. 68. – С. 60–62.
10. Свиридов М.М. Исследование движения сыпучего материала на внутренних устройствах машин с вращающимися барабанами: автореф. дисс. на соиск. научн. степ. канд. техн. наук: спец. 05.04.09. «Химическое машиностроение» / М.М. Свиридов. – М.: 1976. – 14 с.
11. King I.T. Practical Mixing Problem / I.T. King // Industrial Chemist. – 1964. – Vol. 40. – №1. – P. 20–24.
12. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственным поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. – К.: УАСХН, 1960 – 283 с.

Определено взаимное влияние коэффициента заполнения и угловой скорости камеры барабанного смесителя для обеспечения циркуляционного режима движения компонентов смеси во время смешивания.

Смешивание, барабанный смеситель, циркуляционное движение, коэффициент заполнения, угловая скорость.

Interference fill factor and angular velocity of rotation of drum mixer chamber to ensure circulation mode motion components of mixture during mixing is defined.

Mixing, drum mixer, circulation motion, fill factor, angular velocity.