

Застосування інтенсивних, енергоощадних, екологічнобезпечних і конкурентоспроможних технологій

The use of intensive, energy saving, ecologia and competitive technologies

УДК 631.362.313

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІДЦЕНТРОВОГО РОЗВАНТАЖЕННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ЕЛЕВАТОРІВ

Богомолов О.В., д.т.н., проф., Лук'янов І.М., к.т.н., ст.викл.,

Кісь В.Н., к.т.н., доц., Мітяшкіна Т.Ю., к.п.н., доц.

(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

Запропоновано розрахунковий метод визначення відносної і абсолютної швидкості руху зерна, а також кута кидання зернового матеріалу при відцентровому режимі розвантаження ковшів норій – елеваторів, що дозволяє побудувати креслення зводу головки, за умови безпечного співудару зернини та елементів конструкції і повного розвантаження ковшів. Наведено аналітичне рішення системи диференціальних рівнянь руху зернини у ковші.

Ключові слова: відцентрове розвантаження, ківш, швидкість, кут кидання.

Вступ. В даний час існує стійкий попит на елеватори високої продуктивності (150...1200 т/год) для сипких вантажів (мілко кускових, гранульованих), особливо для переробки зерна. Як правило, це високошвидкісні норії з відцентровим режимом розвантаження, який мало вивчений із-за складності фізико-механічного процесу несталого руху сипкого матеріалу у ковші.

Постановка проблеми. Метою роботи є розробка розрахункових методів визначення параметрів відцентрового розвантаження ковшів на основі результатів експериментального дослідження траєкторій відносного руху матеріалу при різних кутах повороту барабана, наведених в роботах [1], [2].

Виклад основного матеріалу. Аналіз цих результатів показує, що при відцентровому розвантаженні відбувається пошаровий вихід зерна з ковша, при цьому першим виходить нижній шар, який має одну поверхню тертя. Крім того, він на цьому радіусі піддається меншому тиску від дії відцентрової сили. Шар частинок у відносному русі ковзає вгору по основному матеріалу в ковші за траєкторією S_c близької до логарифмічної спіралі, основною особливістю якої являється постійність кута θ між дотичною в будь-якій точці спіралі та радіусом, що проходить через цю точку.

Абсолютна швидкість частинок на виході з ковша буде складатися з переносної

\mathcal{G}_n і відносної швидкості ковзання \mathcal{G}_c (рис.1)

$$\mathcal{G}_a = \sqrt{\mathcal{G}_n^2 + \mathcal{G}_c^2 + 2\mathcal{G}_c\mathcal{G}_n \cos(90+\theta)}. \quad (1)$$

Кут кидання (метання) частинок у координатах x - y дорівнюватиме

$$\gamma = 90 - \varphi + \alpha, \quad (2)$$

а кут α визначимо за залежністю

$$\sin \alpha = \frac{\mathcal{G}_c \sin(90 - \theta)}{\mathcal{G}_a}. \quad (3)$$

Шляхом графічного дослідження траєкторій відносного руху частинок, наведених в зазначених роботах встановлено, що кут θ залежить від показника кінематичного режиму $p = h/r_0$, де $h = g/\omega^2$ - полюсна відстань. Цей кут може бути визначений за залежністю

$$\operatorname{tg} \theta = h/r_0. \quad (4)$$

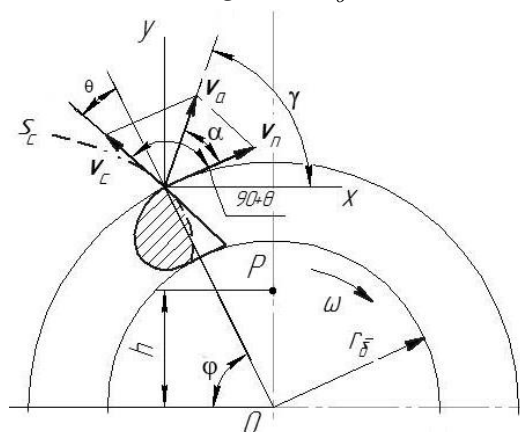


Рис. 1. Схема складових швидкості викидання \mathcal{G}_a

Таким чином, для визначення початкових параметрів метання: абсолютної швидкості \mathcal{G}_a та кута \mathcal{Y} необхідно знайти значення відносної швидкості \mathcal{G}_c .

Значення \mathcal{G}_c визначимо, вирішуючи диференціальне рівняння руху частинки по спіралі. На частку в процесі її руху будуть діяти такі сили: mg – сила тяжіння, $m \cdot r \cdot \omega^2$ – відцентрова сила, каріолісова сила інерції – $2 \cdot m \cdot \omega \cdot y'$, де $y' = \mathcal{G}_c$, реакція зв'язку – N (сила тиску на частку матеріалу у ковші), сила тертя – Nf , сила інерції – my'' , где y'' – тангенціальне прискорення (рис. 2)

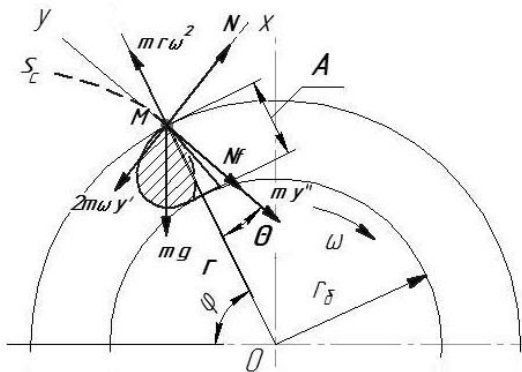


Рис.2 Схема сил, діючих на частку всередині ковша

Виберемо систему прямокутних координат, у якій вісь абсцис M -у спрямована по дотичній до спіралі і складемо рівняння рівноваги як суму проєкцій всіх сил на осі координат

$$\begin{cases} mr\omega^2 \cos \theta - my'' - mg \sin(\varphi - \theta) - N \cdot f = 0 \\ mr\omega^2 \sin \theta - 2m\omega y' - mg \cos(\varphi - \theta) + N = 0 \end{cases} \quad (5)$$

Визначивши значення сили N і підставляючи його значення в перше рівняння, і зробивши деякі перетворення, отримуємо диференціальне рівняння руху частинки, що ковзає поверхнею зернового матеріалу в ковші

$$y'' - 2f\omega y' = r\omega^2 (\cos \theta + f \sin \theta) - g [\sin(\varphi - \theta) + f \cos(\varphi - \theta)] \quad (6)$$

Рішенням цього неоднорідного диференціального рівняння є [3]

$$y = y_1 + y_2, \quad (7)$$

где $y_1 = C_1 e^{Kt} + C_2 e^{-Kt}$ – загальне рішення однорідного рівняння (6), $y_2 = D \cdot t$ – частне рішення неоднорідного рівняння (6), права частина якого не містить функцій, що залежать від t , где D – постійний коефіцієнт, що підлягає визначенню, шляхом підстановки y_2 в рівняння (6) і обчисленням першої і

другої похідних. В результаті отримуємо

$$D = \frac{r\omega(\cos \theta + f \sin \theta)}{2f} - \frac{g[\sin(\varphi - \theta) + f \cos(\varphi - \theta)]}{2f\omega}$$

Значення y_1 отримуємо рішенням однорідного рівняння, відповідного рівнянню (6)

$$y'' + 2f\omega y' = 0 \quad (8)$$

Його характеристичним рівнянням буде

$$K^2 + 2f\omega K = 0 \quad (9)$$

Корні цього квадратного рівняння: $K_1 = 0$ и $K_2 = -2f\omega$, тоді

$$y_1 = C_1 + C_2 e^{-2f\omega t} \quad (10)$$

Підставляємо значення y_1 та y_2 в рівняння (7) та отримуємо

$$y = C_1 + C_2 e^{-2f\omega t} + \frac{r\omega(\cos \theta + f \sin \theta)}{2f} t - \frac{g[\sin(\varphi - \theta) - f \cos(\varphi - \theta)]}{2f\omega} t \quad (11)$$

Довільні постійні C_1 та C_2 знаходимо, з початкових умов. При $t=0$ з (11) отримуємо $y_0 = C_1 + C_2$. Довільну постійну C_2 знаходимо за умови, що $y'_0 = 0$, а $C_1 = y_0 - C_2$.

Диференціюючи рівняння (11) після підстановки значень C_1 і C_2 , а також провівши перетворення тригонометричних функцій, отримуємо значення відносної швидкості (швидкості ковзання частинки по боковій поверхні матеріалу в ковші)

$$\mathcal{G}_c = \left[\frac{r\omega \cos(\theta + \rho')}{2 \sin \rho'} - \frac{g \sin(\varphi - \theta + \rho')}{2\omega \sin \rho'} \right] (1 - e^{-2f\omega t}) \quad (12)$$

де $\rho' = \arctg f$ – внутрішній кут тертя, $\varphi = \omega t$ – кут обертання барабана в рад., r – поточний радіус-вектор точки на спіралі в середині ковша, який змінюється при обертанні барабану от $r = r_0$ до $r = r_0 + A$, де A – виліт ковша. Зі збільшенням радіус-вектору довжина дуги спіралі в ковші зменшується і зменшується опір переміщенню частинки, а відносна швидкість відповідно збільшується. Тому радіус-вектор буде змінюватися за залежністю, структура якої повинна відповідати структурі залежності зміни відносної швидкості.

$$r = r_0 + A(1 - e^{-2\omega g \theta}) \quad (13)$$

На рис.3 наведено годограф вектора відносної швидкості в залежності від кута повороту барабана з ковшем для норії

$Q = 350\text{т} / \text{год}$. Значення \mathcal{G}_c , обчислене за формулою (12) через кожні 30° повороту барабана діаметром 912мм, вильоті ковша $A = 200\text{мм}$, швидкості руху стрічки 3,5 м/с, при відповідному показнику кінематичного режиму $p = h/r_0 = 0,365$ і коефіцієнті внутрішнього тертя для пшениці $f = 0,4$. Згідно годографу відносна швидкість \mathcal{G}_c досягає максимального значення (5,3 м/с) при повороті ковша на 1800 і порівнянна з переносною швидкістю ковша ($\mathcal{G}_n = 5,03$ м/с). Контур годографа багато в чому визначає профіль зводу головки норії.

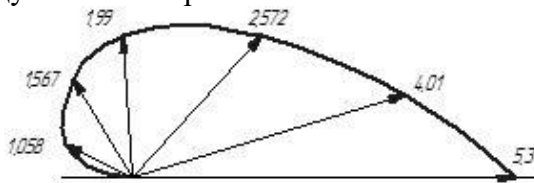


Рис. 3. Годограф вектора відносної швидкості \mathcal{G}_c , м/с

Значення отриманих швидкостей добре співпадають зі значенням максимально допустимої швидкості, отриманої із умови міцності зернини при ударі о перешкоду [4].

На форму зводу головки норії вологість зерна майже не впливає, але має значний вплив на кількість зворотного сипу знижуючи продуктивність елеватора [5].

З огляду на виникнення індукованого (супутнього) повітряного потоку при швидкостях відцентрового режиму розвантаження, а також малі відстані переміщення частинок в голівці, побудова параболічних траєкторій вільного польоту частинок можна відбуватися без урахування опору середовища по залежності [6]

$$y = x \tan \gamma - \frac{gx^2}{2g_a^2 \cos^2 \gamma} \quad (14)$$

Висновки. При побудові обмежувального контуру головки норії з відцентровим розвантаженням необхідно встановити оптимальну висоту зводу H (рис.4), яка визначає висоту каналу $H_k = H - r_k$ і характер проходження по ньому потоку зерна. У норіях більшості зарубіжних виробників (MONSUN, Maxi Liftioncorp, 4B Elevator Component т.і.) витримуються відношення $H/r_k = 1,25 \dots 1,28$.

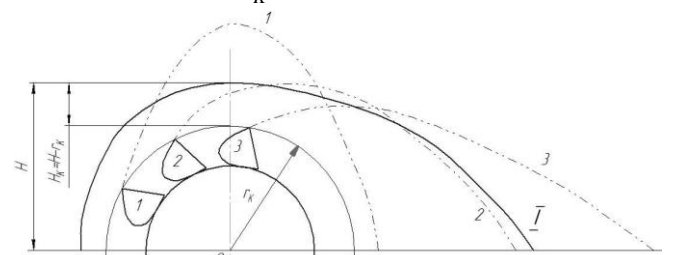


Рис. 4. Профіль зводу головки – I (1,2,3 - траєкторії руху)

Література

1. Артемьев А.П. Установление производительности быстроходных ковшовых элеваторов для зерновых грузов. Дис. канд. техн. наук. Л. – 1954 – 166с.
2. Долголенко А.А. Машины непрерывного транспорта /А.А. Долголенко. Л. Речной транспорт. – 1959 – 404 с.
3. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления /Н.С. Пискунов. – М.; Наука. Главная редакция ФМЛ – 1978 – том II – 576 с.
4. Богомолов А.В. Определение прочности зерна пшеницы при ударе и выбор кинематического режима работы нории /А.В. Богомолов, В.А. Белостоцкий, И.М. Лукьянов// Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Випуск №152. «Сучасні

- напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв». Харків 2014, 354с. с.26-33.
5. Лук'янов І.М. Вплив шипкості зернового матеріалу на процес відцентрового розвантаження елеватора /І.М. Лук'янов// Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Випуск № __. Матеріали XVI Міжнародної наук.-практ. конф. «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв», 5-6 листопада, Харків 2015. 285с., с. 241-249.
6. Кукибный А.А. Метательные машины. /А.А. Кукибный. М.; Машиностроение – 1964 – 195с.

References

1. Artem'yev A.P. Ustanovleniye proizvoditel'nosti bystrokhodnykh kovshovykh elevatorov dlya zernovykh gruzov. Dis. kand. tekhn. nauk. L. – 1954 – 166s.
2. Dolgolenko A.A. Mashiny nepreryvnogo transporta /A.A. Dolgolenko. L. Rechnoy transport. – 1959 – 404 s.
3. Piskunov N.S. Differentsial'noye i integral'noye ischisleniya /N.S. Piskunov. – M.; Nauka. Glavnaya redaktsiya FML – 1978 – том II – 576 s.
4. Bogomolov A.V. Opredeleniye prochnosti zerna pshenitsy pri udare i vybor kinematicheskogo rezhima raboty norii /A.V. Bogomolov, V.A. Belostotskiy, I.M. Luk'yanov// Вісник

- KHNTUSG ім. Petra Vasilenka. Vipusk №152. «Suchasni napryamki tekhnologii ta mekhanizatsii protsesiv pererobnikh i kharchovykh virobnitstv». Kharkiv 2014, 354s. s.26-33.
5. Luk'yanov I.M. Vpliv shypkosty zernovogo materialu na protses vidtsentrovogo rozvantazhennya yelevatora /I.M. Luk'yanov// Вісник KHNTUSG ім. Petra Vasilenka. Vipusk № __. Materiali KHVI Mizhnarodnoyi nauk.-prakt. konf. «Suchasni napryamki tekhnologii ta mekhanizatsii protsesiv pererobnikh i kharchovykh virobnitstv», 5-6 listopada, Kharkiv 2015. 285s., s. 241-249.
6. Kukibnyy A.A. Metatel'nyye mashiny. /A.A. Kukibnyy. M.; Mashinostroyeniye – 1964 – 195s.

Аннотация

**ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЦЕНТРОБЕЖНОГО РАЗГРУЗКА
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕВАТОР**

Богомолов А.В., Лукьянов И.М., Кись В.Н., Митяшкіна Т.Ю.

Предложено расчетный метод определения относительной и абсолютной скорости движения зерна, а также угла бросания зернового материала при центробежном режиме разгрузки ковшей норий -елеваторив, что позволяет построить чертеж свода головки, при условии безопасного соударения зерна и элементов конструкции и полной разгрузки ковшей. Приведены аналитическое решение системы дифференциальных уравнений движения зерна в ковше.

Ключевые слова: центробежное разгрузки ковш, скорость, угол бросания.

Abstract

**FEATURES OF DEFINITION OF CENTRIFUGAL UNLOADING PARAMETERS OF HIGH-PRODUCTIVE
ELEVATORS**

Bogomolov A., Lukyanov I., Kiss V., Mitiashkina T.

The calculated method of determining the relative and absolute velocity of grain movement, as well as the angle of grazing material flow at the centrifugal mode of unloading borehole bearings, is offered, which allows to construct the drawing of the head casing, provided that the grains are properly grooved and the structural elements are fully unloaded and the buckets are completely unloaded. An analytical solution of the system of differential equations of grain motion in a ladle is presented.

Key words: centrifugal unloading, bucket, speed, angle of throwing.



УДК 636. 22/. 28. 082

**СИРОПРИДАТНІСТЬ МОЛОКА ТА ЯКІСТЬ СИРУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ГЕНОТИПУ
КОРІВ**

Ладика Л.М., к.с.-г.н., доц., Машкін М.І., к.с.-г.н., проф.
(Сумський національний аграрний університет)

Богомолов О.В., д.т.н., проф., Денисенко С. А., к.т.н., доц., Токолов Ю.І., ст. викл.
*(Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка)*

Встановлено, що чистопородні корови швіцької породи, а також різної кровності за швіцькою породою характеризуються високою якістю та доброю сиропридатністю молока, і виготовлені з нього сири віднесені до вищого татунку.

Постановка проблеми. В останні роки на світовому ринку підвищився попит на білкові молочні продукти, але знизився збут вершкового масла. Досвід селекції молочної худоби свідчить про наявність негативного зв'язку між кількістю молока, з одного боку, і жирністю та білковістю — з іншого [1]. Тому зараз особливу увагу приділяють вивченню генотипів худоби, які при схрещуванні забезпечують бажану якість молока — високу концентрацію білка і казеїну зі значною часткою фракцій, які мають позитивний технологічний вплив при виробництві білкових молочних продуктів харчування людей.

Аналіз останніх досліджень. Для прогнозування ступеня придатності молока для виготовлення сиру використовують

певний набір фізико-хімічних показників. В їх числі вміст загального білка і казеїну, співвідношення фракцій і поліморфних форм казеїнових локусів, розмір міцел казеїну і діаметр жирових кульок та ін. Крім того, придатність молока для вироблення того чи іншого виду сиру оцінюють зарядом технологічних показників: тривалістю фаз сичужного згортання, класом за бродильною пробою, наявністю різних видів мікроорганізмів і соматичних клітин, кількістю витрат сичужного ферменту на 100 кг молока, фактичні витрати молока на виробництво 1 кг сиру стандартної вологості та інш. [4].

Мета роботи. У наших дослідженнях була поставлена задача вивчити в порівняльному аспекті молочну