

A.D. Seleznev¹⁾, L.F. Min'ko¹⁾, V.N. Gutman¹⁾, W. Romaniuk²⁾
RUNIP „IMSH NAN Belarusi” Mińsk, Republika Białoruska¹⁾
IBMER Warszawa, AR Szczecin²⁾

CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA MIESZALNIKA ŁOPATKOWEGO

СОПРОТИВЛЕНИЕ И МОЩНОСТЬ ПРИ РАБОТЕ ЛОПАСТНОГО СМЕСИТЕЛЯ

Резюме

В данной работе освещены предварительные результаты теоретической разработке формул для определения крутящего момента и мощности, потребляемой лопастным смесителем при перемешивании кормовых сухих смесей с малым количеством жидких компонентов, в зависимости от следующих факторов: объемной массы перемешиваемого материала, коэффициента трения; кинематического режима, конструктивных параметров смесителя. А также рассматривались действующие на лопасти смесителя сопротивления, при движении в массе материала в условиях установившегося движения. – Табл. 1, рис. 6, библиогр. 4.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование процесса перемешивания в лопастных смесителях имеет большое практическое значение в связи с их широким использованием в сельскохозяйственном производстве. Однако до последнего времени расчет лопастного смесителя (мешалки), от которого зависят качество перемешивания, производительность и энергоемкость, производится весьма приближенными методами. Это объясняется тем, что вопрос перемешивания в лопастных смесителях изучался преимущественно применительно к перемешиванию жидких кормовых смесей.

В данной работе освещаются предварительные результаты теоретической разработке формулы для определения мощности, потребляемой лопастным смесителем при перемешивании кормовых сухих смесей с малым количеством жидких компонентов.

ПРОЦЕСС ПЕРЕМЕШИВАНИЯ В ЛОПАСТНОМ СМЕСИТЕЛЕ

Для приготовления сыпучих кормовых смесей используются лопастные смесители, состоящие из корытообразного корпуса, в котором помещается вращающийся вал с лопастями, расположенными под острым углом к плоскости вращения. При движении лопастей перемешиваемый материал вследствие наклонной установки лопастей сдвигается ими в сторону от пути из движения, скользя как по днищу корпуса смесителя, так и по поверхности лопастей.

В зависимости от расположения лопастей смешиваемые материалы движутся в корыте или навстречу друг другу (смесители порционного действия), или в одном направлении (смесители непрерывного действия). Многократное перемешивание материала в корыте лопастями в разных направлениях в условиях трения его при этом о днище корыта и о поверхность лопастей, обеспечивает интенсивное перемешивание.

ХАРАКТЕР СОПРОТИВЛЕНИЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ ЛОПАСТЕЙ

При перемешивании лопастей смесителя в массе материала в условиях установившегося движения возникают следующие сопротивления движению. Трение материала о днище корыта, трение о рабочие и боковые поверхности лопасти, сопротивление материала деформированию при его смещении лопастью относительно

соседних масс, сопротивление от сил инерции при вхождении лопасти в массу в начале ее рабочего движения. Основным из всех этих сопротивлений является трение о днище и рабочую поверхность лопасти. Можно полагать, что при движении лопасти в рыхлом сыпучем материале относительная величина трения о боковые поверхности лопасти и сопротивления смещаемого материала сдвигу относительно соседних масс будет незначительна.

Сопротивления от сил инерции зависит от окружной скорости лопастей и числа оборотов и их значение очевидно, может быть учтено только опытным путем.

УРАВНЕНИЕ РАБОТЫ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Рассмотрим вращение лопасти при нахождении ее под углом $\varphi = \alpha' + \varphi_1$ к горизонту (рис. 1). Если вращающаяся лопасть перемещает частицу материала весом q , то на эту частицу будут действовать силы:

1. сила трения частицы о днище, действующая в сторону, противоположную вращению:

$$W_1 = (N + P) \cdot f = \left[q \cdot \sin(\alpha' + \varphi_1) + \frac{q\omega^2 x}{g} \right] \cdot f = q \cdot f \left[\sin(\alpha' + \varphi_1) + \frac{\omega^2 x}{g} \right]$$

где: N - составляющая веса чистки, прижимающая частицу q к днищу;

P - центробежная сила, действующая на частицу;

x - расстояние от центра вращения лопасти до центра тяжести частицы;

ω - угловая скорость вращения лопасти;

g - ускорение силы тяжести;

$\varphi = \alpha' + \varphi_1$ - угол лопасти относительно горизонтальной линии, проведенная через центр вращения.

α' - угол наклона лопасти к плоскости проходящей по радиусу лопасти;

f - коэффициент трения материала о днище.

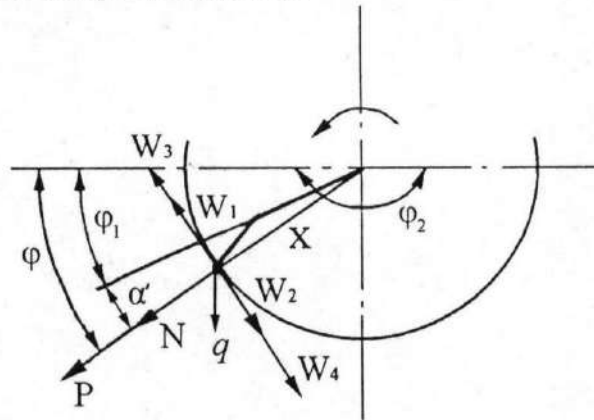


Рис. 1. Схема сил, действующих на лопасть

2. составляющая веса частицы, направленная в сторону вращения:

$$W_2 = q \cdot \cos\varphi.$$

3. сила трения частички о лопасть при перемещении ее вдоль лопасти, возникающая вследствие установки последней под острым углом α к направлению движения и под углом α' относительно радиуса лопасти:

$$W_3 = Q_1 \cdot f \cdot \cos\alpha \cdot \cos\alpha' = \frac{W_1}{\sin\alpha} \cdot f \cdot \cos\alpha \cdot \cos\alpha' = q \cdot f^2 \left(\sin\varphi + \frac{\omega^2 \cdot x}{g} \right) \cdot \operatorname{ctg}\alpha \cdot \operatorname{ctg}\alpha'$$

эта сила направлена в противоположную сторону по отношению к направлению вращения (рис. 2).

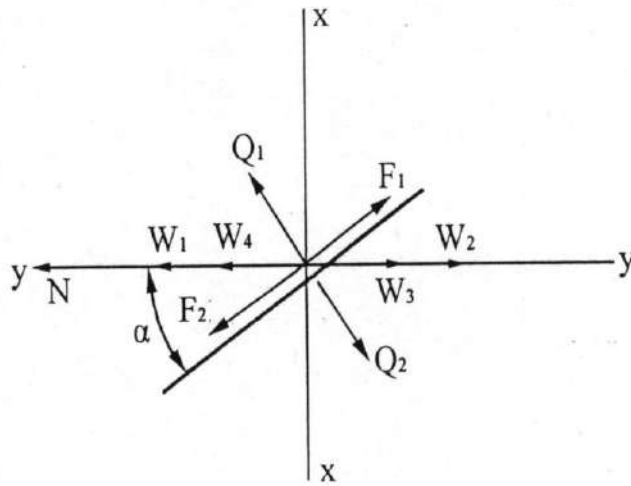


Рис. 2. Схема сил в плоскости перпендикулярной оси вала.

4. сила трения, вызываемая силой W_2 которая при рассматриваемом положении лопасти под углом φ отжимает от нее материал, уменьшая тем самым действие силы W_3 на лопасть:

$$W_4 = Q_2 \cdot f \cdot \cos \alpha \cdot \cos \alpha' = \frac{W_2}{\sin \alpha} \cdot f \cdot \cos \alpha \cdot \cos \alpha' = q \cdot f \cdot \cos \varphi \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha'.$$

При положении лопасти под углом $\varphi = 180^\circ$ силы W_4 и W_2 будет направлена в сторону, обратную вращению лопасти (см. рис. 1). Таким образом, сопротивление вращению лопасти будет равно:

$$\Sigma W = W_1 + W_3 - W_2 - W_4;$$

или после подстановки значений:

$$\begin{aligned} \Sigma W &= q \cdot f \cdot \left(\sin \varphi + \frac{\omega^2 \cdot x}{g} \right) + q \cdot f^2 \cdot \left(\sin \varphi + \frac{\omega^2 \cdot x}{g} \right) \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha' - q \cdot \cos \varphi - q \cdot f \cdot \cos \varphi \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha' = \\ &= q \cdot f \cdot \left(\sin \varphi + \frac{\omega^2 \cdot x}{g} \right) \cdot (1 + f \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha') - q \cdot \cos \varphi \cdot (1 + f \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha') \quad (1) \end{aligned}$$

При повороте лопасти на бесконечно малый угол $d\varphi$ величина работы сил сопротивления равна:

$$dA = (W_1 + W_3) \cdot r \cdot d\varphi - (W_2 + W_4) \cdot x \cdot d\varphi,$$

где r - расстояние от центра вращения до днища корыта мешалки;
 x - расстояние от центра вращения до центра тяжести частицы.

Тогда работа этих сил на пути движения лопасти от $\varphi = \varphi_1 + \alpha' = 0$ (вхождение лопасти в материал) до $\varphi = \pi$ (выход лопасти из зоны материала) будет равна:

$$A = \int_{\varphi = \varphi_1 + \alpha' = 0}^{\varphi = \pi} (W_1 + W_3) \cdot r \cdot d\varphi - \int_{\varphi = \varphi_1 + \alpha' = 0}^{\varphi = \pi} (W_2 + W_4) \cdot x \cdot d\varphi;$$

Подставляя найденные выше значения сопротивления W_1 , W_2 , W_3 и W_4 запишем:

$$A_{\text{кзм}} = \int_{\varphi = \varphi_1 + \alpha' = 0}^{\varphi = \pi} \left[q \cdot f \cdot \left(\sin \varphi + \frac{\omega^2 \cdot x}{g} \right) \cdot (1 + f \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha') \right] \cdot r \cdot d\varphi - \int_{\varphi = \varphi_1 + \alpha' = 0}^{\varphi = \pi} \left[q \cdot \cos \varphi \cdot (1 + f \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha') \right] \cdot x \cdot d\varphi$$

Проведя интегрирование, получим:

$$A_{\text{кзм}} = q \cdot f \cdot r \cdot (1 + f \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha') \cdot \left[\frac{\omega^2 \cdot x \cdot \psi}{g} + \int_{\varphi = \varphi_1 + \alpha' = 0}^{\varphi = \pi - \psi} [-\cos \varphi] \right] - q \cdot x \cdot (1 + f \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha') \cdot \left[\int_{\varphi = \varphi_1 + \alpha' = 0}^{\varphi = \pi - \psi} [\sin \varphi] \right] \quad (2)$$

Подставляя значения $\varphi = \varphi_1 + \alpha' = 0$ и $\varphi = \psi$ и значение $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$, после подстановки, сокращения и преобразования получим:

$$A_{\text{кгм}} = q \cdot (1 + f \cdot \text{ctga} \cdot \text{ctga}') \cdot \left\{ f \cdot r \cdot (0,32 \cdot \omega^2 \cdot x \cdot \psi + (1 - \cos \varphi)) - x \cdot \sin \varphi \right\} \quad (3)$$

5. Мощность и крутящий момент при перемешивании

Вращающаяся лопасть перемещает некоторую массу материала. Если выделить на лопасти элементарную площадку шириной dx , то вес материала, перемещаемого этой площадкой в одну секунду, будет равен (рис. 4):

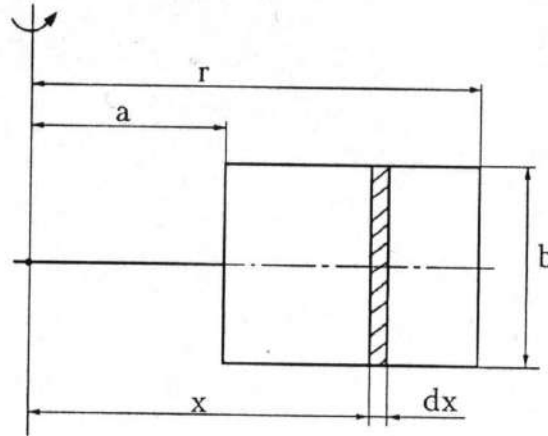


Рис. 3. Схема к определению мощности

$$dq_{\text{сек}} = b \cdot dx \cdot \omega \cdot x \cdot \gamma \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha'$$

где b - ширина лопасти, м;

ω - угловая скорость вращения, сек^{-1} ;

x - расстояние от центра вращения до рассматриваемой площади, м;

γ - объемная масса материалов, кг/м^2 ;

α - угол наклона лопасти к плоскости перпендикулярной оси вращения вала.

Вес материала, перемещаемого всей лопастью за одну секунду, равен (рис. 3)

$$Q_{\text{сек}} = \int_{x=a}^{x=r} b \cdot \omega \cdot x \cdot \gamma \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha' dx.$$

Подставляя величину $Q_{\text{сек}}$ вместо q в выражение работы, получим:

$$N'_{\text{кгм/с}} = \int_{x=a}^{x=r} b \cdot \omega \cdot x \cdot \gamma \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha' \cdot dx \cdot (1 + f \cdot \text{ctga} \cdot \text{ctga}') \cdot \left[f \cdot r \cdot (0,102 \cdot \omega^2 \cdot x \cdot \psi + (1 - \cos \psi)) - x \cdot \sin \psi \right]$$

или

$$N'_{\text{кгм/с}} = b \cdot \omega \cdot x \cdot \gamma \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha' \cdot (1 + f \cdot \text{ctga} \cdot \text{ctga}') \cdot \left[\int_{x=a}^{x=r} f \cdot r \cdot (0,102 \cdot \omega^2 \cdot x \cdot \psi + (1 - \cos \psi)) \cdot x dx - \int_{x=a}^{x=r} x^2 \cdot \sin \psi \cdot dx \right]$$

Интегрируя, получим:

$$N'_{\text{кгм/с}} = b \cdot \omega \cdot x \cdot \gamma \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha' \cdot (1 + f \cdot \text{ctga} \cdot \text{ctga}') \cdot \left\{ 0,102 \cdot f \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \psi \cdot \left[\frac{x^3}{3} \right]_{x=a}^{x=r} + f \cdot r \cdot \left[\frac{x^2}{2} \right]_{x=a}^{x=r} \right\} -$$

$$- f \cdot r \cdot \cos \psi \cdot \left[\frac{x^2}{2} \right]_{x=a}^{x=r} - \sin \psi \cdot \left[\frac{x^3}{3} \right]_{x=a}^{x=r} \quad (4)$$

Подставляя значение $x=a$, $x=r$ и произведя сокращения и преобразования, получим

$$N'_{кзм/с} = b \cdot \omega \cdot \gamma \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha' \cdot \{(1 + f \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha') \cdot [(r^3 - a^3) \cdot (0,034 \cdot f \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \psi + 0,5 \cdot f \cdot r \cdot (r^2 - a^2)) - 0,5 \cdot f \cdot r \cdot \cos \psi \cdot (r^2 - a^2)] - 0,33 \cdot \sin \psi \cdot (r^3 - a^3)\}$$

учитывая, что угловая скорость вращения $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \approx 0,105 \cdot n$, где n - число оборотов лопасти в одну минуту, окончательно получим:

$$N'_{кзм/с} = 0,105 \cdot n \cdot b \cdot \gamma \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha' \cdot (1 + f \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha') \cdot \{(r^3 - a^3) \cdot (0,00037 \cdot f \cdot r \cdot n^2 \cdot \psi + 0,5 \cdot f \cdot r \cdot (1 - \cos \psi) \cdot (r^2 - a^2)) - 0,33 \cdot \sin \psi \cdot (r^3 - a^3)\} \quad (5)$$

Выражая мощность в кВт для смесителя с числом лопастей Z , получим:

$$N = \frac{Z \cdot N'}{102} = \frac{0,105 \cdot Z \cdot n \cdot b \cdot \gamma \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha' \cdot (1 + f \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha') \cdot [(r^3 - a^3) \cdot (0,00037 \cdot f \cdot r \cdot n^2 \cdot \psi + 0,5 \cdot f \cdot r \cdot (1 - \cos \psi) \cdot (r^2 - a^2)) - 0,33 \cdot \sin \psi \cdot (r^3 - a^3)]}{102} \cdot \frac{1}{102}, \text{ кВт} \quad (6)$$

Из полученной формулы следует, что: $102N = ZN'$, но $N = \frac{M \cdot n}{974}$

где M - крутящий момент, тогда

$$\frac{102 \cdot M \cdot n}{974} = Z \cdot N' \approx 0,105 \cdot M \cdot n$$

$$\text{отсюда, } M = \frac{Z \cdot N'}{0,105 \cdot n}$$

Подставив в полученное выражение M значение N' из формулы (5) и производя сокращение, получим:

$$M = Z \cdot b \cdot \gamma \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha' \cdot (1 + f \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha') \cdot \{(r^3 - a^3) \cdot 0,00037 \cdot f \cdot r \cdot n^2 \cdot \psi + 0,5 \cdot f \cdot r \cdot (1 - \cos \psi) \cdot (r^2 - a^2) - 0,33 \cdot \sin \psi \cdot (r^3 - a^3)\}, \text{ кгм} \quad (7)$$

Формула (7) показывает, что величина крутящего момента при работе лопастного смесителя зависит от вида перемешиваемого материала, характеризуемого значениями объемной массы γ , коэффициента трения f угла установки лопастей α , угла наклона лопастей относительно радиуса α' , режима работы характеризуемого значением n , угла заполнения ψ , конструктивных размеров a , r , b и числа лопастей Z .

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная проверка потребной мощности и крутящего момента была произведена на специальной спроектированной и изготовленной установке. При исследованиях измерялись величина крутящего момента лопастного смесителя и величина потребной мощности при разных режимах работы смесителя, установки лопастей и коэффициентах заполнения смесительной камеры. Экспериментальная установка (рис. 4.) состоит из корпуса смесителя 1, мешалки лопастного типа 2, рамы 3, загрузочного патрубка 4, разгрузочного элемента 5 с задвижкой 6, электропровода привода 7, сменных звездочек 8, тензозвездочки 9. Исследования проводились при перемешивании зерновых компонентов (ячмень 50% + пшеница 50%), дерти ячменной, отрубей пшеничных. Объемная масса зерновой смеси - 750; дерти ячменной - 650; отруби пшеничные - 550 кг/м³.

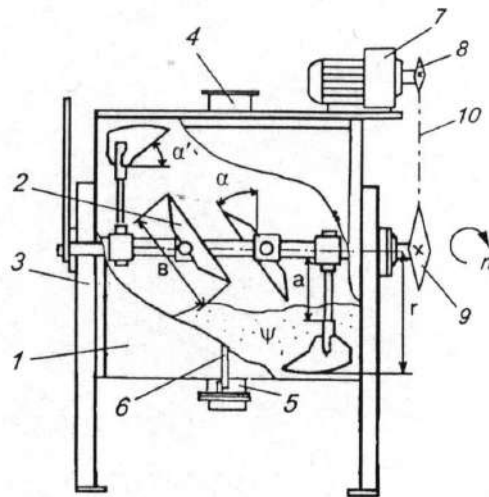


Рисунок 4. Схема экспериментальной установки. 1- корпус смесителя; 2- мешалка; 3- рама; 4- загрузочный патрубок; 5- разгрузочный элемент; 6- задвижка; 7- электропривод; 8- звездочка; 9- тензозвездочка; 10- цепная передача.

Частота вращения лопастного вала изменялась от 30 до 50 мин.; число лопастей на валу - 4 шт.; радиус лопасти 0,37м; длина стойки $a = 0,23$ м; ширина лопасти $b = 0,33$ м; коэффициент заполнения смесительной камеры изменялся от $2/3\pi$ до $1\frac{1}{3}\pi$ через каждые $1/6\pi$; угол установки лопасти относительно плоскости перпендикулярной оси вращения и угла наклона лопасти относительно радиуса изменялся от 10^0 до 50^0 через каждые 10^0 . Модуль размола продукта 1,2 мм, влажность материала 13,8%. Каждый опыт проводился с трехкратной повторностью.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На рис. 5 показан график значений крутящего момента при различных числах оборотов на зерне, дерти ячменной и отрубях пшеничных.

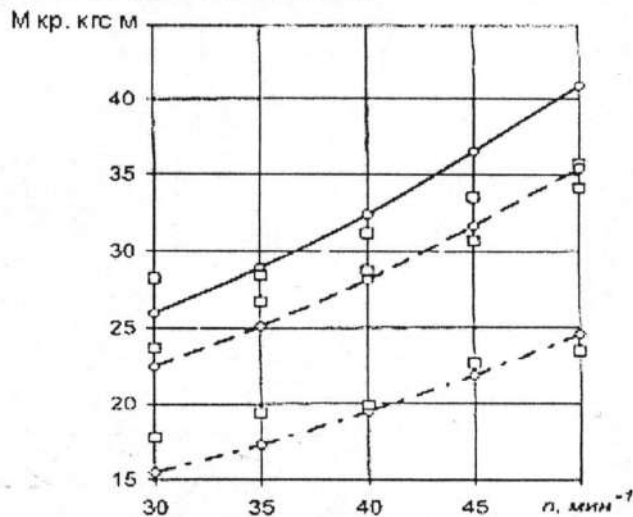


Рисунок 5. Зависимость крутящего момента от частоты вращения лопастного вала при $\psi = 180^0$; $\alpha = 45^0$; $r = 0,37$ м; $a = 0,23$; $b = 0,33$ м; $Z = 4$.

○ расчетные точки; □ экспериментальные точки; — зерновая смесь; - - - дерть ячменная; —•— отруби пшеничные;

График показывает, что при увеличении числа оборотов для всех материалов крутящий момент вырастает, причем теоретическая кривая и экспериментальные точки удовлетворительно согласуются и максимальное расхождение составляет 12,8% при частоте вращения 50 мин^{-1} и минимальное расхождение 1,7% при частоте вращения 35 на зерновой смеси.

На рис. 6 показаны теоретические и экспериментальные точки зависимости крутящего момента от угла заполнения ψ , угла установки лопасти α и угла установки относительно радиуса r для различных материалов при частоте вращения рабочего органа $n = 40 \text{ мин}^{-1}$.

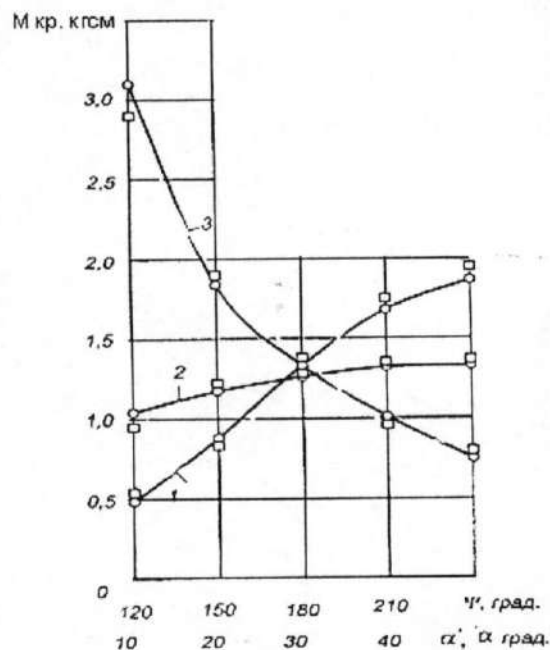


Рис. 6. Зависимость крутящего момента от угла заполнения смесительной камеры (1); угла установки лопасти (2); и угла наклона лопасти относительно радиуса для зерновой смеси (3) $n = 40 \text{ мин}^{-1}$; $v = 0,33$; $a = 0,23$; $r = 0,37\text{м}$; $Z = 4$; $\gamma = 750 \text{ кг/м}^3$, где \circ — экспериментальные, \square — теоретические

Как видно из графика экспериментальные и теоретические зависимости крутящего момента от угла заполнения и углов установки лопасти хорошо согласуются и максимальное расхождение составляет 11,9% при угле заполнения 120° для зерновой смеси. Величины крутящихся моментов, подсчитанные по формуле (7) хорошо согласуются с экспериментальными величинами для режимов $n=35...40 \text{ мин}^{-1}$; $\psi = 180^\circ$; $\alpha' = \alpha = 0$, для зерновой смеси, дерти ячменной и отрубей (табл. 1).

Анализируя графики (рис.5, рис.6 и табл. 1) можно сделать следующие выводы: - выведенные формулы мощности и крутящего момента для исследуемых материалов и режимов работы хорошо согласуются с экспериментальными данными и в среднем расхождение составляет 7,8%.

ВЫВОДЫ

Из уравнений 6 и 7 видно, что в лопастных смесителях крутящий момент и потребляемая мощность на перемешивание зависит от следующих факторов:

- объемной массы перемешиваемого материала и коэффициента трения;

- b. кинематического режима и конструктивных параметров смесителя: угла заполнения ψ^0 , частоты вращения лопастного вала, n (мин^{-1}); радиуса лопасти r (м); ширины лопатки (м); угла наклона лопасти к плоскости перпендикулярной оси вращения α (град); угла наклона лопасти к плоскости проходящей по радиусу лопасти α' (град); длины стойки a (м); число лопастей на валу Z (шт.).
- c. величины крутящего момента и потребной мощности подсчитанные по выведенным формулам для лопастных смесителей на всех фонах хорошо согласуются с фактически измеренными величинами в пределах определенного режима работы смесителя и расхождение составляет не более 14,8%.
- d. крутящий момент больше всего увеличивается с величиной угла наклона лопасти относительно радиуса и угла заполнения смесительной камеры. Эти увеличения происходят в пределах углов от 10^0 до 25^0 , дальнейшее увеличение угла незначительно влияет на увеличение крутящего момента. От угла заполнения крутящий момент более интенсивно увеличивается от 180^0 до 240^0 .

Таблица 1. Крутящий момент и потребная мощность при работе лопастного смесителя при а) различные обороты лопастного вала ($\psi = 180^0$; $\alpha = 45^0$; $\alpha = 30^0$; $r = 0,37\text{м}$; $a = 0,23$; $b = 0,33\text{ м}$).

n мин ⁻¹	M _p , кгс·м	N _p , кВт	M _э , кгс·м	N _э , кВт	Расхождение между расчетами и экспериментальным и данными в %	
					N	M
1	2	3	4	5	6	7
Зерновая смесь $\gamma = 750\text{ кг/м}^3$						
30	25,95	0,799	28,2	0,87	8,8	8,6
35	28,9	1,04	28,4	1,02	1,9	1,7
40	32,4	1,33	31,17	1,28	3,9	3,8
45	36,48	1,68	33,5	1,55	7,7	8,2
50	40,93	2,1	35,7	1,93	8,1	12,8
Дерь ячменная $\gamma = 650\text{ кг/м}^3$						
30	22,49	0,69	23,7	0,73	5,8	5,4
35	25,1	0,9	26,7	0,96	6,7	6,4
40	28,1	1,15	28,7	1,18	2,6	2,1
45	31,66	1,40	30,7	1,48	5,7	3,1
50	35,4	1,9	34,1	1,80	5,3	3,7
Отруби пшеничные $\gamma = 550\text{ кг/м}^3$						
30	15,5	0,48	17,8	0,55	14,5	14,8
35	17,3	0,62	19,4	0,70	12,9	12,1
40	19,5	0,80	19,9	0,82	2,5	2,0
45	21,9	1,01	22,7	1,05	4,0	3,7
50	24,6	1,26	23,5	1,21	4,0	4,5
б) различных углах заполнения смесительной камеры $n = 40\text{ мин}^{-1}$; $\alpha = 45^0$; $\alpha = 30^0$; $r = 0,37\text{м}$; $b = 0,33\text{ м}$).						

ψ
град

Зерновая смесь $\gamma = 750 \text{ кг/м}^3$						
120	11,7	0,48	13,1	0,54	12,5	11,9
150	21,6	0,88	20,2	0,83	5,7	6,5
180	32,4	1,33	31,2	1,28	3,8	3,8
210	40,9	1,68	42,6	1,75	4,1	4,2
240	45,5	1,87	47,5	1,95	4,2	4,4
Дерь ячменная $\gamma = 650 \text{ кг/м}^3$						
120	9,74	0,4	10,96	0,45	12,5	12,5
150	18,7	0,77	19,7	0,81	5,2	5,3
180	28,0	1,15	24,1	0,99	14,0	13,9
210	35,4	1,45	33,6	1,38	4,9	5,1
240	39,5	1,62	36,5	1,50	7,4	7,6
Отруби пшеничные $\gamma = 550 \text{ кг/м}^3$						
120	7,8	0,32	8,5	0,35	9,4	8,9
150	15,8	0,64	14,6	0,60	6,2	7,6
180	23,8	0,97	21,2	0,87	10,3	10,9
1	2	3	4	5	6	7
210	30,0	1,23	30,4	1,25	1,6	1,3
240	33,4	1,37	32,9	1,35	1,5	1,5

в) различных углах установки лопасти к плоскости перпендикулярной к оси вращения вала ($\psi = 180^0$; $n = 40 \text{ мин}^{-1}$; $\alpha' = 45^0$; $a = 0,23$; $b = 0,33 \text{ м}$; $r = 0,37 \text{ м}$; $\gamma = 750 \text{ кг/м}^2$).

							α, град.	
1	2	3	4	5	6	7		
10	25,3	1,04	23,1	0,95	8,7	8,7		
20	28,4	1,17	29,8	1,22	4,2	4,9		
30	30,76	1,26	31,7	1,3	3,2	3,1		
40	32,1	1,32	32,9	1,35	2,2	2,5		
50	32,4	1,33	33,5	1,37	3,0	3,4		
г) различных углах наклона лопасти относительно радиуса ($\psi = 180^0$; $n = 40 \text{ мин}^{-1}$; $\alpha' = 45^0$; $a = 0,23$; $b = 0,33 \text{ м}$; $r = 0,37 \text{ м}$; $\gamma = 750 \text{ кг/м}^2$).								
10	75,88	3,1	72,5	2,9	6,5	4,5		
20	44,81	1,84	45,8	1,9	3,3	2,2		
30	32,4	1,33	33,8	1,38	3,7	4,3		
40	24,6	1,01	23,2	0,96	5,0	5,7		
50	18,3	0,75	19,5	0,8	6,7	6,6		

ЛИТЕРАТУРА

Сыроватко В.И. «Методика проведения испытаний машин для смешивания кормов» – М; ВИЭСХ, 1972г.

Селезнев А.Д. и др. «Основы расчета горизонтального смесителя сыпучих материалов» М.; УП «БелНИИМСХ», 2003г.

Серов К.П. «Исследование перемешивания минеральных смесей с битумом в лопастном смесителе». в кн. «Труды Саратовского автомобильно-дорожного института», об. 12, 1953г.

Евдокименко Н.К. Расчет мощности затрачиваемой на перемешивание солоmistых кормов в двухвальных смесителях непрерывного действия «Механизация и электрификация сельского хозяйства». Вып.3 –Киев, Урожай, 1965г.

RESISTANCE AND CAPACITY AT WORK PADDLE-TYPE BY THE MIXER

A.D. Seleznev, L.F. Min'ko, V.N. Gutman, W. Romaniuk

Summary

In the given work preliminary results to theoretical development of formulas for definition of the twisting moment and the capacity consumed paddle-type by the amalgamator at hashing of fodder dry mixes with small amount of liquid components are covered, depending on the following factors: volumetric weight of a mixing material, factor of friction; a kinematic mode, design data of the amalgamator. And also were considered working on the blade of the amalgamator of resistance, at movement in weight of a material in conditions of the established movement.