

УДК 621.929:636(476)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ОБОРОТОВ МЕШАЛКИ МИКСЕРА, ЗАКЛЮЧЕННОЙ В КОЖУХ

И.М. Швед,

ст. преподаватель каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ

Одним из определяющих технологических параметров миксера, влияющего на энергоемкость процесса перемешивания жидкого навоза, является угловая скорость вращения мешалки. В статье теоретически обоснована зависимость числа оборотов мешалки миксера от конструктивных параметров рабочего органа и кожуха, в который он заключен.

Ключевые слова: миксер, кожух, диаметр, производительность, скорость, поток, навоз, навозохранилище, перемешивание, сопло.

The angular rotation speed of the mixer is one of the defining technological parameters of the mixer, which affects the energy intensity of the process of mixing liquid manure. The article theoretically grounds the dependence of the speed of the mixer rotations on the design parameters of the working body and the casing in which it is enclosed.

Keywords: mixer, casing, diameter, productivity, speed, flow, manure, manure storage, mixing, nozzle.

Введение

При обосновании оптимальных параметров сельскохозяйственных машин в виде основного критерия эффективности используют минимум приведенных затрат. Однако этот показатель по отношению к техническим средствам для утилизации навоза из навозохранилищ следует рассматривать только как необходимый, но не достаточный. Высокая производительность машин и требуемое качество работ, являются непременным условием для внедрения новой техники [1].

В процессе хранения жидкий навоз расслаивается и его необходимо периодически перемешивать. Качественное его перемешивание зависит главным образом от скорости движения навозной массы, перемещаемой в струе потока жидкого навоза, который создается при вращении мешалки миксера.

Теоретическими исследованиями перемешивания жидких сред в аппаратах с мешалками лопастного и спирально-винтового типа занимались ученые А.Н. Тропин, А.Н. Губейдуллин, Д.А. Скотников, А.Н. Андреев, А.С. Москвитин и др. [2-5].

А.С. Москвитин установил зависимость для определения числа оборотов мешалки, осуществляющей перемешивание субстрата в метантенке [3]:

$$n_m = 0,8 \frac{Q}{d_m^2 h \cos^2 \varphi}, \quad (1)$$

где Q – производительность пропеллерной мешалки, л/с;

d_m – диаметр мешалки, м;

h – шаг мешалки, м;

φ – угол наклона лопасти мешалки, град.

Формула (1) применима при известных параметрах мешалки, которая осуществляет перемешивание жидких сред без перемещения в вертикальной плоскости и не учитывает напор навозной массы над ней.

Целью исследования является установление зависимости влияния диаметра отверстия сопла кожуха на число оборотов мешалки миксера, обеспечивающего повышение интенсивности перемешивания жидкого навоза.

Основная часть

Одним из наиболее энергоемких процессов в животноводстве является уборка и утилизация навоза на фермах и комплексах, в частности перемешивание до однородного состояния жидкого навоза в навозохранилищах миксером.

Миксеры предназначены для перемешивания навоза в приемном резервуаре для достижения однородной консистенции. Это позволяет перекачивать навоз без разрыва потока. Миксер (рис. 1), применяемый для перемешивания навоза, состоит из привода и вала, на котором закреплена лопастная мешалка.

Опустив миксер в массу жидкого навоза включается привод, передающий вращение на вал с мешалкой, которая создает вихревые потоки жидкой фракции навоза, чем поднимает осадок со дна хранилища, который затем перемешивается с жидкой фракцией.

Основным недостатком применяемого миксера является отсутствие, опоясывающего мешалку кожуха, вследствие чего отсутствует направленный поток жидкого навоза, и засохшие комки навоза, попадая в рабочую зону мешалки, лишь отбрасываются к периферии под воздействием центробежной силы и не измельчаются. Это приводит к некачественному перемешиванию навозной массы и увеличению затрат энергии на выполняемый технологический процесс.

Устранить описанный недостаток можно дополнив конструкцию миксера кожухом конусообразной формы (рис. 2), выпускное окно которого соединено с соплом, а на верхней крышке закреплены подающие



Рисунок 1. Миксер для перемешивания навоза

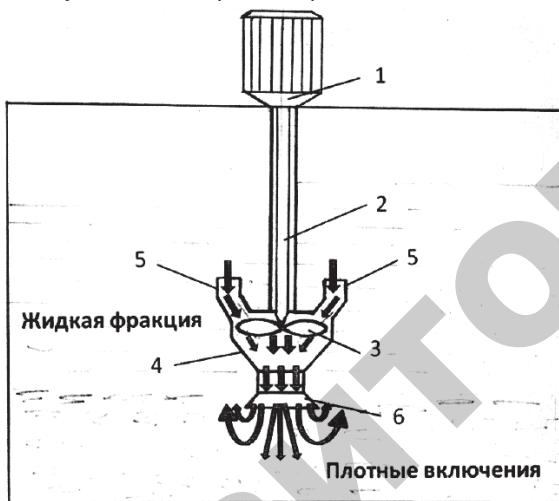


Рисунок 2. Схема миксера с кожухом конусообразной формы: 1 – привод; 2 – вал мешалки; 3 – мешалка; 4 – кожух; 5 – подающие цилиндрические каналы; 6 – сопло

цилиндрические каналы, верхняя кромка которых расположена выше уровня мешалки, и пропускная способность больше сопла.

Предложенная на рисунке 2 конструкция модернизированного миксера работает следующим образом. Опуская миксер в навозохранилище, мешалка 3 вместе с кожухом 4 конусообразной формы первоначально погружается в жидкую фракцию. При этом жидкая фракция навоза через подающие цилиндрические каналы 5, расположенные выше уровня мешалки 3, начинает поступать внутрь кожуха 4. Далее в работу включается мешалка 3, а так как она охвачена кожухом 4, то создается направленный, сужающийся

поток жидкой фракции навоза. Следовательно, возникает реактивная струя жидкой фракции, что обеспечивает ее перемещение в навозную массу в зависимости от ее плотности: в более жидкой скорость возрастает, в более твердой снижается.

Одновременно с этим при прохождении крайних кромок сопла 6, вследствие разности давлений, происходит частичное завихрение жидкой фракции, а следовательно, при прохождении сопла 6 образуются потоки с разными скоростями движения, способствующие качественному перемешиванию жидкой и твердой фракции навоза при снижении затрат энергии на выполняемый технологический процесс.

Формирование скоростей в жидком навозе определяется следующими факторами:

- внешними движущими силами, приложенными к навозу;
- гидродинамическим сопротивлением на неподвижных поверхностях, ограничивающих поток, уравновешивающий эти силы;

Внешние движущие силы, приложенные к навозной массе, зависят главным образом от конструктивных параметров мешалки, а в частности, от конструктивных размеров лопастей, установленных на ней. При этом основной движущей силой, участвующей в перемещении навозной массы и продвижении ее в уплотненные слои хранящегося навоза, является центробежная сила. Центробежная сила напрямую зависит от угловой скорости мешалки. Для определения числа оборотов мешалки миксера необходимо определить ее угловую скорость.

Указанный параметр можно определить из начального условия, при котором производительность мешалки должна быть равна пропускной способности сопла, иначе при большей пропускной способности сопла миксер будет работать не в полную загрузку, а при меньшей – будет осуществляться обратный отток навозной массы, вследствие неспособности сопла пропустить через себя весь подающийся объем жидкого навоза.

Тогда по условию неразрывности потока, при котором пропускная способность сопла Q_c равна производительности миксера Q_m , запишем следующее выражение:

$$Q_c = Q_m \quad (2)$$

При этом производительность миксера можно определить по формуле [6]:

$$Q_m = S_m V_n, \quad (3)$$

где S_m – площадь рабочей поверхности мешалки, m^2 ;
 V_n – скорость потока жидкого навоза, создаваемого мешалкой, m/c .

Скорость потока жидкого навоза, создаваемого мешалкой, будет происходить в основном в осевом направлении, так как радиально направленная скорость потока навозной массы ограничена установленным кожухом, а также тем, что в миксерах подобного типа (рис. 1) используются пропеллерные мешалки, которые создают преимущественно осевые потоки и,

как следствие, большие осевые скорости [7]. Скорость потока жидкого навоза, создаваемого мешалкой, можно определить по формуле:

$$V_n = H_m \omega \cos^2 \gamma, \quad (4)$$

где H_m – шаг установки лопастей мешалки, м;

ω – угловая скорость мешалки, c^{-1} ;

γ – угол подъема винтовой линии лопасти мешалки, град.

Шаг установки лопастей мешалки определяется из выражения:

$$H_m = \frac{\pi d_m}{n}, \quad (5)$$

где n – число лопастей мешалки, шт.

Площадь рабочей поверхности мешалки определяется по формуле [8]:

$$S_m = 0,01 n d_m^2 \left(10nb - \pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} + \sin \alpha_k \right), \quad (6)$$

где d_m – диаметр мешалки, м;

b – коэффициент максимальной ширины лопасти в плановой проекции;

α_k – угол дуги сегмента лопасти, град.

Пропускную способность сопла можно определить по формуле расхода жидкости, истекающей из насадков [9]:

$$Q_c = \mu S_c \sqrt{2gH}, \quad (7)$$

где μ – коэффициент расхода жидкости;

S_c – площадь отверстия сопла, m^2 ;

g – ускорение свободного падения, m/c^2 ;

H – напор навозной массы над отверстием сопла, м.

В условие неразрывности потока (2) подставим соответствующие им выражения (3) и (7). Тогда условие неразрывности потока переписывается в следующем виде:

$$S_m V_n = \mu S_c \sqrt{2gH}. \quad (8)$$

Площадь отверстия сопла можно определить по известной формуле:

$$S_c = \frac{\pi d_c^2}{4}, \quad (9)$$

где d_c – диаметр отверстия сопла, м.

Подставим выражения (4), (5), (6) и (9) в условие неразрывности потока жидкости (8) и проведем необходимые преобразования. Тогда угловая скорость вращения мешалки определится из следующего уравнения:

$$\omega = \frac{d_c^2 \mu \sqrt{2gH}}{0,04 d_m^3 \cos^2 \gamma \left(10nb - \pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} + \sin \alpha_k \right)}. \quad (10)$$

Число оборотов мешалки можно выразить из формулы по определению ее угловой скорости:

$$\omega = \frac{\pi n_m}{30}, \quad (11)$$

где n_m – число оборотов мешалки миксера, $мин^{-1}$.

Подставим формулу (11) в уравнение (10) и выразим число оборотов мешалки миксера:

$$n_m = \frac{750 d_c^2 \mu \sqrt{2gH}}{\pi d_m^3 \cos^2 \gamma \left(10nb - \pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} + \sin \alpha_k \right)}. \quad (12)$$

Анализ формулы (12) показывает, что число оборотов мешалки миксера зависит от конструктивных параметров мешалки и кожуха ее опоясывающего, а также напора навозной массы над отверстием сопла, что связано с давлением жидкого навоза в рабочий орган миксера. При опускании миксера, в навозохранилище повышается напор, возмущающий на мешалку, а следовательно, чем ниже погружаем миксер в навозную массу, тем больше необходимо увеличивать число ее оборотов.

Заключение

Предложенная конструкция миксера позволяет осуществить интенсивное перемешивание навозной массы и сократить время на выполняемый технологический процесс, что приведет к снижению энергозатрат.

Полученная формула (12) позволяет определить число оборотов мешалки, заключенной в кожух и отличающаяся тем, что она учитывает конструктивные и гидродинамические параметры миксера. Формула (12) дает возможность определить рациональное число оборотов мешалки, при которой будет наблюдаться наибольшая интенсивность перемешивания жидкого навоза, и позволяет установить оптимальный гидродинамический режим работы миксера в навозохранилище.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Марченко, Н.М. Механизация внесения органических удобрений / Н.М. Марченко, Г.И. Личман, А.Е. Шебалкин. – М.: Агропромиздат, 1990. – 207 с.: ил.
2. Тропин, А.Н. Повышение эффективности работы самотечной системы удаления навоза путем оптимизации ее конструктивных и технологических параметров: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / А.Н. Тропин. – Санкт-Петербург. – Павловск, 2011. – 20 с.
3. Москвитин, А.С. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений / А.С. Москвитин, Б.А. Москвитина, Г.М. Мирончик, Р.Г. Шапиро. – М.: Стройиздат, 1979. – 430 с., ил.
4. Скотников, Д.А. Совершенствование технологии и оптимизация параметров смесителя для приготовления субстрата при производстве биогумуса: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Д.А. Скотников. – Саратов, 2003. – 20 с.
5. Андреев, А.Н. Течение неньютоновской жидкости в шнековом прессе / А.Н. Андреев // Научный журнал НИУ ИТМО: серия «Процессы и аппараты

пищевых производств». – Санкт-Петербург. – 2013. – №1 (15). – С. 7-14.

6. Ворожцов, О.В. Обоснование технологических и конструктивных параметров перемешивающего устройства, обеспечивающего гомогенизацию жидкого свиного навоза при его хранении в пленочных навозохранилищах: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / О.В. Ворожцов. – Санкт-Петербург, 2018. – 195 с. : ил.

7. Стренк, Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками / Ф. Стренк; под ред. И.А. Щупляка. – Л.: Химия, 1975. – 384 с.

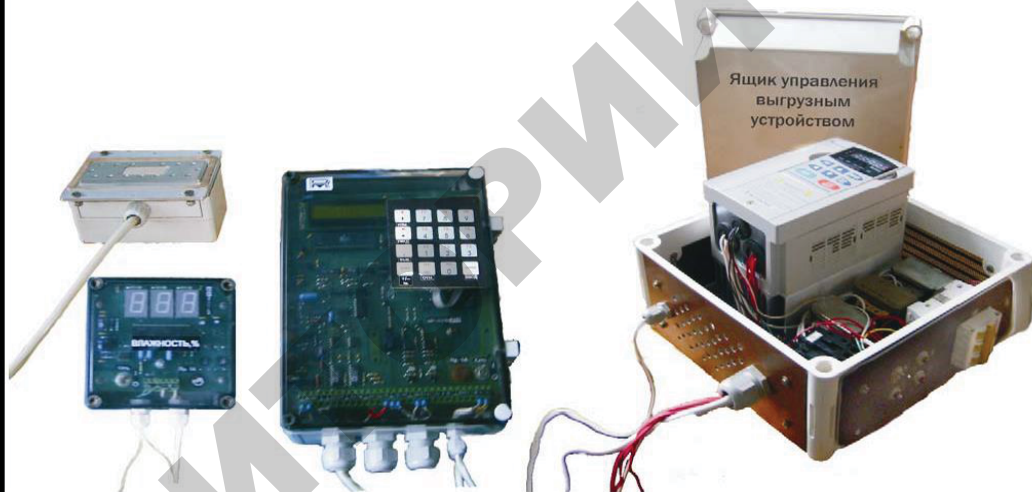
8. Швед, И. М. Определение производительности миксера при перемешивании жидкого навоза в навозохранилище / И. М. Швед // Агропанорама. – Минск. – 2019. – № 5. – С. 30-34.

9. Плановский, А.Н. Процессы и аппараты химической технологии / А.Н. Плановский, В.М. Рамм, С.З. Каган. – М.: Химия, 1967. – 848 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 09.09.2020

Система управления производительностью зерносушилки по температурно-влажностным параметрам

Предназначена для непрерывного контроля температуры, влажности зерна в процессе сушки и управления режимом выгрузки из колонковой или шахтной зерносушилки.



Основные технические данные

Диапазон контролируемой влажности зерна	от 9 до 30%
Погрешность измерения:	
- влажности (не более)	0,5%
- температуры (не более)	0,5°С
Диапазон регулирования производительности	0... 100%
Мощность устройства управления электроприводом	до 3 кВт
Контроллер имеет унифицированный аналоговый выход 4...20 мк и интерфейс RS-485.	

Применение системы управления электроприводом позволяет оптимизировать технологический процесс сушки по влажности и температуре зерна, предотвращает перегрев зерна, обеспечивает экономию газа или жидкого топлива.