

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ОТВЕРСТИЯ В ЭЖЕКТОРЕ КОЖУХА МИКСЕРА

И.М. Швед,

Д.Ф. Кольга, к.т.н.,

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь.*

Постановка проблемы. Современное производство животноводческой продукции для обеспечения своего благоприятного экономического положения должно быстро реагировать на требования рынка сбыта продукции. В сфере производства продукции животноводства, которое отличается совокупностью большого разнообразия биологических, технических объектов, природных факторов и сложностью их взаимодействия, это возможно при наличии механизма, определяющего место и время реализации управляющего воздействия в технологической цепи производства [1].

Интенсификация животноводческой отрасли сельскохозяйственного производства путем внедрения достижений научно-технического прогресса – это сложный процесс, охватывающий все экономические аспекты и оказывающий большое влияние на увеличение валовой продукции, снижение ее себестоимости и повышение рентабельности отрасли.

Одним из путей решения данной задачи в животноводстве является внедрение в производство новых технологий и технических средств, позволяющих рационально использовать материальные, кормовые и другие ресурсы. Это может осуществить постоянная модернизация оборудования и в частности, миксера для перемешивания навоза в навозохранилищах.

Основные материалы исследования. 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 применяемый для перемешивания навоза состоит из привода, вала, на котором закреплена лопастная мешалка.

Работает миксер (рис. 1) следующим образом. 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 и затем вместе с жидкой фракцией перемешивается.



Рис. 1. Миксер для перемешивания навоза

Основным недостатком применяемого миксера является то, что он не имеет кожуха, опоясывающего мешалку, а следовательно, отсутствует направленный поток жидкого навоза и вследствие чего застывшие комки навоза, попадая в рабочую зону винта лишь отбрасываются к периферии под воздействием центробежной силы и не измельчаются, что 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 эжектором, а на верхней крышке закреплены подающие цилиндрические каналы, верхняя кромка которых расположена выше уровня мешалки и пропускная способность больше эжектора.

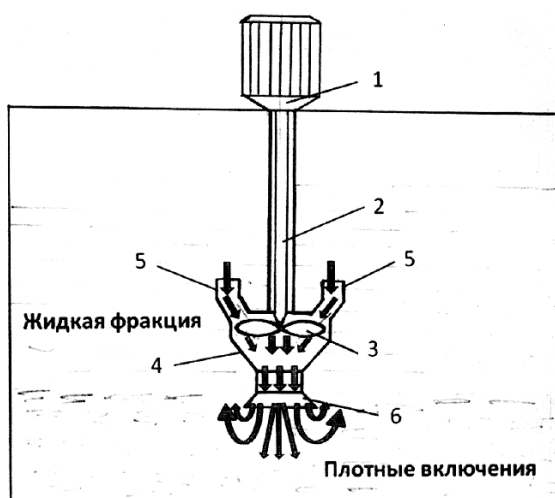


Рис. 2. Схема миксера с кожухом конусообразной формы

1 – привод, 2 – вал мешалки, 3 – мешалка, 4 – кожух, 5 – подающие цилиндрические каналы, 6 - эжектор

Предложенная на рисунке 2 конструкция модернизированного миксера работает следующим образом. Опуская миксер в навозохранилище, мешалка вместе с кожухом конусообразной формы первоначально погружается в жидкую фракцию. При этом жидкая фракция навоза через цилиндрические патрубки, расположенные выше уровня мешалки, начинает поступать вовнутрь кожуха. Далее в работу включается мешалка, а так как она охвачена кожухом, 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 эжектора, вследствие разности давлений, происходит частично завихрение жидкой фракции, а следовательно, при прохождении эжектора образуются потоки с разными скоростями движения, способствующие качественному перемешиванию жидкой и твердой фракции навоза при снижении затрат энергии на выполняемый технологический процесс.

Для осуществления непрерывного рабочего процесса нужно определить диаметр эжектора миксера. Указанный параметр можно определить из начального условия, при котором производительность мешалки должна быть равна производительности эжектора, иначе при большей производительности эжектора миксер будет работать не в полную загрузку, а при меньшей – будет осуществляться обратный отток навозной массы, вследствие неспособности эжектора пропустить через себя весь подающийся объем жидкого навоза.

Тогда условие, при котором производительность эжектора $Q_э$ равна производительности миксера $Q_м$ запишется следующим выражением [2]:

$$Q_э = Q_м = S_м V_н, \quad (1)$$

где $S_м$ – площадь рабочей поверхности мешалки, $м^2$;

$V_н$ – скорость потока жидкого навоза, создаваемого мешалкой, $м/с$.

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 представленного на рисунке 1 используются пропеллерные мешалки, которые создают преимущественно осевые потоки и, как следствие, большие осевые скорости [3]. Скорость потока жидкого навоза, создаваемого мешалкой можно определить по формуле:

$$V_н = H_м \omega \cos^2 \gamma, \quad (2)$$

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:

$$H_m = \frac{\pi d_m}{n}, \quad (3)$$

где n – число лопастей мешалки, шт.

Площадь рабочей поверхности мешалки определяется по формуле [4]:

$$S_m = 0,01 n d_m^2 \left(10 n b - \pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} + \sin \alpha_k \right), \quad (4)$$

где n – число лопастей на мешалке, шт.;

d_m – диаметр мешалки, м;

b – коэффициент максимальной ширины лопасти в плановой проекции;

α_k – угол дуги сегмента лопасти, град.

Из условия неразрывности потока жидкости истекающей из насадков можно записать следующее выражение:

$$Q_3 = Q_m, \quad (5)$$

Производительность эжектора можно определить по формуле расхода жидкости истекающей из насадков [5]:

$$Q_3 = \mu S_3 \sqrt{2gH}, \quad (6)$$

где μ – коэффициент расхода жидкости;

S_3 – площадь отверстия в эжекторе, m^2 ;

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

H – напор навозной массы над отверстием в эжекторе, м.

В условие неразрывности потока (5) подставим соответствующие им выражения (1) и (6). Тогда условие неразрывности потока переписется в следующем виде:

$$S_m V_H = \mu S_3 \sqrt{2gH}. \quad (7)$$

Площадь отверстия в эжекторе можно определить по известной формуле:

$$S_3 = \frac{\pi d_3^2}{4}, \quad (8)$$

где d_3 – диаметр отверстия в эжекторе, м.

Подставим выражения (2), (3), (4) и (8) в условие неразрывности потока жидкости (7) и проведем необходимые преобразования. Тогда диаметр отверстия в эжекторе определится из следующего уравнения:

$$d_3 = \sqrt{\frac{0,04\omega d_m^3 \cos^2 \gamma \left(10\pi b - \pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} + \sin \alpha_k \right)}{\mu \sqrt{2gH}}}. \quad (9)$$

Анализ формулы (9) показывает, что диаметр отверстия в эжекторе кожуха миксера зависит от конструктивных параметров мешалки, ее угловой скорости и напора навозной массы над отверстием в эжекторе.

Выводы. Таким образом, установив на миксере кожух конусообразной формы, выпускное окно которого соединено с эжектором, а на верхней крышке закреплены подающие цилиндрические каналы, верхняя кромка которых расположена выше уровня мешалки, то через отверстие в эжекторе, создается направленный, сужающийся поток жидкой фракции навоза и возникает реактивная струя жидкой фракции. Проведенный анализ формулы (9) выявил прямопропорциональную зависимость диаметра отверстия в эжекторе от конструктивно-технологических параметров миксера. Соединив выпускное окно кожуха конусообразной формы с эжектором, происходит рассредоточение жидкой фракции навоза в твердой массе, способствующее ее разрушению с меньшими затратами энергии.

Список литературы

1. Шацкий, В. В. Моделирование механизированных процессов приготовления кормов. – Запорожье : ПЦ «Х-ПРЕСС», 1998. – 140 с.
2. Ворожцов, О. В. Обоснование технологических и конструктивных параметров перемешивающего устройства, обеспечивающего гомогенизацию жидкого свиного навоза при его хранении в плёночных навозохранилищах : дис. канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2018. – 195 с. : ил.
3. Стренк, Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками / Под ред. И. А. Щупляка. – Л. : Химия, 1975. – 384 с.

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

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