

УДК 621.929:636(476)

ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПЕРЕМЕШИВАНИИ ЖИДКОГО НАВОЗА МИКСЕРОМ

А. В. КИТУН, И. М. ШВЕД

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь, 220023

(Поступила в редакцию 02.10.2018)

Перевод животноводства на промышленную основу выявил ряд проблем. Основными из них являются: оптимальный размер комплексов, соответствующий объему кормопроизводства; утилизация отходов, влияющая на объем капитальных вложений; воздействие на окружающую среду, а следовательно на многие социальные, экономические и экологические аспекты.

Наиболее острой проблемой в животноводстве является повышение заболеваемости животных и охрана окружающей среды от загрязнения воздушными выбросами и навозными стоками. Утилизация и переработка жидкого навоза является одной из основных проблем, с которой сталкиваются на животноводческих фермах и комплексах, при использовании гидравлического способа уборки навоза, который за время его хранения расслаивается, что приводит к необходимости перемешивания и дальнейшей транспортировки к местам переработки. Основным оборудованием, применяемым для перемешивания жидкого навоза в навозохранилищах, являются миксеры с лопастной или винтовой мешалкой.

Анализ существующих миксеров установил, что до настоящего времени ни у нас в стране, ни за рубежом нет обоснования их рациональных параметров и режимов работы.

В статье приведены исследования процесса перемешивания жидкого навоза в закрытых навозохранилищах.

Ключевые слова: миксер, лопасть, исследования, навоз, коэффициент неоднородности, энергоёмкость.

The conversion of livestock to an industrial basis revealed a number of problems. The main ones are: the optimal size of complexes, corresponding to the volume of feed production; waste management, affecting the volume of capital investments; impact on the environment, and therefore on many social, economic and environmental aspects.

The most acute problem in animal husbandry is an increase in the incidence of animals and protection of the environment from pollution by airborne emissions and manure. Disposal and processing of liquid manure is one of the main problems encountered on livestock farms and complexes when using the hydraulic method of manure removal, which is stratified during its storage, which leads to the need for mixing and further transportation to the sites of processing. The main equipment used for the mixing of liquid manure in manure stores are mixers with a paddle or screw mixer.

The analysis of existing mixers found that, so far, neither in our country nor abroad have there been any substantiation of their rational parameters and modes of operation.

The article presents research into the process of mixing of liquid manure in closed manure depots.

Keywords: mixer, blade, research, manure, coefficient of heterogeneity, energy intensity.

Введение

В Республике Беларусь действует более 200 животноводческих комплексов по производству молока, говядины и свинины. Общий годовой выход экскрементов при работе комплексов равен 39,4 млн тонн, из которых 12,2 млн тонн составляет жидкий навоз [1].

Большинство действующих животноводческих комплексов страны введено в эксплуатацию 25–30 лет назад. Их системы очистки отходов давно устарели и не соответствуют современным экологическим нормам. По приблизительной оценке, почти 30 % всех отечественных птицефабрик не имеют системы очистки пометных стоков. Анаэробная переработка навозных стоков и помета в навозохранилищах позволяет очищать их без привлечения внешних источников энергии [2].

При накоплении и хранении жидкого навоза требуются больше емкости для его хранения. Естественной энергии земли вполне достаточно, чтобы противостоять высоким и низким температурным перепадам внешней среды и стабильно поддерживать режим консервации навозной массы на протяжении всего года, этому способствует и пористость коркового слоя [3–5].

Главной причиной ограниченного применения цехов по переработке жидкого навоза в Республике Беларусь являются большие энергозатраты на технологические нужды оборудования. Основные энергозатраты возникают в емкости, где хранится навозная масса. Так как перед подачей в цеха по переработки ее необходимо перемешать до однородного состояния. Оборудование, применяемое в технологических линиях по переработке навоза, является наиболее энергоёмким. В состав оборудования таких линий входят установки для перемешивания, перекачки и разделения жидкого навоза на фракции. Основным оборудованием для перемешивания жидкого навоза являются миксеры.

Анализ известных конструкций миксеров установил, что до настоящего времени отсутствуют обоснования рациональных параметров их рабочих органов и режимов работы. Поэтому поиск решений этих задач, обеспечивающих снижение эксплуатационных расходов и энергозатрат на технологический процесс перемешивания жидкого навоза и повышение степени однородности

перемешивания перед его дальнейшим использованием, является актуальным.

Целью исследований является оценка коэффициента неоднородности и энергоемкости процесса перемешивания жидкого навоза с обоснованием параметров рабочего органа и режимов работы миксера.

Основная часть

Миксеры предназначены для перемешивания жидкого навоза в навозохранилище для достижения однородной консистенции. Это позволяет сохранить необходимый для роста растений азот. Основным рабочим органом в миксере является мешалка. При этом в основном используются мешалки различных конструкций: лопастные, винтовые, турбинные.

Выбор и сравнительная характеристика различных мешалок обусловлены целью перемешивания, объемом аппарата, физико-химическими свойствами компонентов системы, нормами технологического процесса и экономическими показателями. Проведем анализ известных видов мешалок. Для чего рассмотрим их основные достоинства и недостатки.

Турбинная мешалка представляет собой форму колеса водяной турбины с наклонными плоской формы лопатками, закрепленными на валу. Достоинством турбинной мешалки является то, что мешалки обеспечивают интенсивное перемешивание всего объема жидкого навоза находящегося в навозохранилище. Потребляемая мощность турбинных мешалок, работающих в навозохранилище при турбулентном режиме перемешивания, не зависит от вязкости перемешиваемой среды. Мешалки данного типа могут быть использованы для продукта, вязкость которого изменяется во время перемешивания [6].

К недостаткам данного типа мешалок следует отнести то, что в навозохранилище, где устанавливается перемешивающее оборудование с турбинной мешалкой создается, как правило, радиальный поток жидкости. Если мешалка работает на больших оборотах, то вероятно возникновение кругового (тангенциального) течения жидкости в навозохранилище вследствие чего образуется воронка. В таком случае в хранилище необходимо устанавливать отражательные перегородки, на небольшом расстоянии от стенок хранилища, чтобы исключить застойные зоны при перемешивании.

Лопастные мешалки состоят из двух или более лопастей прямоугольного сечения, закрепленных на вращающемся валу. К лопастным мешалкам относят также якорные, рамные и листовые мешалки. Основные достоинства лопастных мешалок – простота устройства и невысокая стоимость.

К недостаткам лопастных мешалок следует отнести невозможность перемешивания жидких сред с большой вязкостью, а также создания малых осевых скоростей, что приводит к снижению способности миксера к разрушению уплотненных слоев навозной массы [7]. Из-за незначительного создания осевого потока, лопастная мешалка перемешивает в основном слои навозной массы, которые расположены вблизи от ее лопастей. В объеме перемешиваемого жидкого навоза развитие турбулентности происходит медленно и циркуляция навозной массы невелика.

Винтовые и трехлопастные мешалки выполняют в форме лопастей, изогнутыми по профилю гребного винта или установленные наклонно к плоскости вращения. Эффективность винтовых мешалок зависит от геометрической формы навозохранилища, а также самого расположения миксера в емкости. Такие мешалки целесообразно использовать в емкостях цилиндрической формы. В прямоугольных навозохранилищах или емкостях, имеющих плоское или вогнутое днище, интенсивность перемешивания снижается, так как увеличена вероятность образования застойных зон.

К достоинствам винтовых мешалок следует отнести меньшую требуемую мощность, чем у мешалок других типов, а также высокую скорость вращения. Винтовые мешалки создают преимущественно осевые потоки и, как следствие, большие осевые скорости, что является необходимым условием для разрушения уплотненной массы жидкого навоза и выполнения его гомогенизации в больших объемах [7].

Программой исследования предусмотрено перемешивание жидкого навоза влажностью не более 92 % в цилиндрическом навозохранилище объемом 3000 м³ при помощи винтовой мешалки с двумя лопастями. Важными технологическими параметрами, характеризующими эффективность эксплуатации миксера, являются геометрические и кинематические параметры мешалки. Экспериментальные исследования выполнялись на установке, монтируемой в навозохранилище. Миксер для навоза представляет собой установку, на валу которой установлена мешалка для перемешивания жидкого навоза.

В процессе исследований было установлено, что в известных конструкциях мешалок, в процессе перемешивания навозной массы, она налипала на центральную часть лопасти, что впоследствии приводило к ее неравномерному распределению по всей рабочей поверхности мешалки. Указанный недостаток сопровождается рядом отрицательных явлений: неравномерное и неполное использование рабочей поверхности лопасти, что снижает эффективность технологического процесса, уменьшает возможность повышения производительности, ухудшает однородность жидкого навоза;

неравномерная нагрузка на поверхности лопасти приводит к их неравномерному износу, что нарушает балансировку мешалки на валу и снижает долговечность ее и машины в целом.

Разработанная лопастная мешалка исключает перечисленные недостатки.

Корпус миксера, планетарный редуктор, кронштейн крепления и вал лопастной мешалки использованы без изменения. Конструктивные изменения заключаются в изменении геометрических размеров мешалки.

Диаметр и угол подъема винтовой линии лопастей мешалки миксера выполнен с учетом результатов исследований и составляют 550 мм и 36 градусов соответственно, что повысило увеличить площадь рабочей поверхности лопасти и производительность миксера в целом.

Разработанная мешалка обеспечивает равномерное перемешивание жидкого навоза с влажностью не менее 88 % до однородного состояния [8]. Отклонение распределения размера частиц между слоями составляет не более 2 %.

Оборудование использовалось во время испытаний (рис. 1) в производственных условиях в ОАО «Селекционно-гибридный центр «Западный» Брестского района Брестской области.



Рис. 1. Миксер для навоза:
1 – стойка, 2 – навозохранилище, 3 – миксер, 4 – мешалка

Испытания проводились с диаметром мешалки миксера 500 и 650 мм, вращающейся с числом оборотов 300 и 400 мин⁻¹ в жидком навозе с влажностью 90 и 92 %.

При проведении исследований фиксировался коэффициент неоднородности жидкого навоза. Обработка полученных экспериментальных данных (с применением аппарата математической статистики), позволила получить уравнение регрессии:

$$y_1 = 13,594 - 1,388x_1 - 1,778x_2 - 1,094x_3 + 1,108x_1^2 + 1,617x_2^2 + 1,167x_3^2 + 1,532x_1x_2 + 1,363x_1x_3 + 2,074x_2x_3. \quad (1)$$

Адекватность уравнения экспериментальным данным и статистическую значимость его коэффициентов по формуле [9]:

$$F = \frac{D_o}{D_a}, \quad (2)$$

где D_o и D_a – дисперсия воспроизводимости и дисперсия адекватности.

Критическое значение F – распределения для $\alpha=0,05$, равно $F_{kr}=2,33$. Рассчитанное значение $F=1,066 < F_{kr}=2,33$.

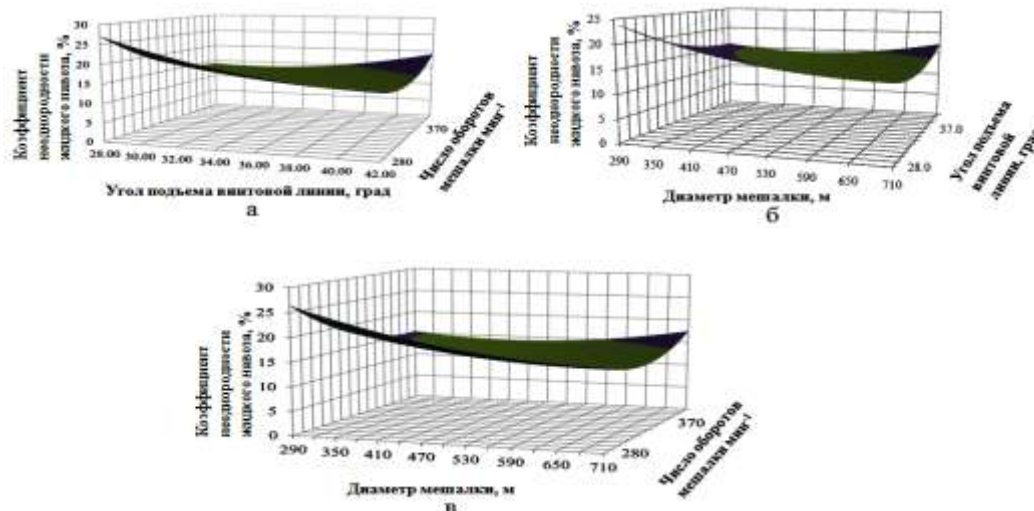


Рис. 2. Поверхность отклика зависимости коэффициента неоднородности жидкого навоза от параметров миксера

Так как значение критерия Фишера меньше табличного значения, то полученное уравнение адекватно. Для анализа полученного уравнения построены поверхности отклика, представленные на рисунке 2 (а – поверхность отклика зависимости коэффициента неоднородности жидкого навоза от угла подъема винтовой линии и числа оборотов мешалки; б – поверхность отклика зависимости коэффициента неоднородности жидкого навоза от угла подъема винтовой линии лопасти и диаметра мешалки; в – Поверхность отклика зависимости коэффициента неоднородности жидкого навоза от числа оборотов мешалки и диаметра мешалки).

Анализ поверхностей отклика показал, что коэффициент неоднородности жидкого навоза возрастает с уменьшением диаметра мешалки и при малых углах подъема винтовой линии, что свидетельствует о недостаточном захвате навозной массы и как следствие небольшой силе, создаваемой винтом для движения потока жидкого навоза.

Аналогично при проведении исследований фиксировалась энергоёмкость процесса перемешивания жидкого навоза. Обработка полученных экспериментальных данных (с применением аппарата математической статистики), позволила получить следующее уравнение регрессии:

$$y_2 = 5,432 + 3,22x_1 + 1,588x_2 + 1,028x_3 + 0,829x_1^2 + 0,519x_2^2 + 0,388x_1x_2. \quad (3)$$

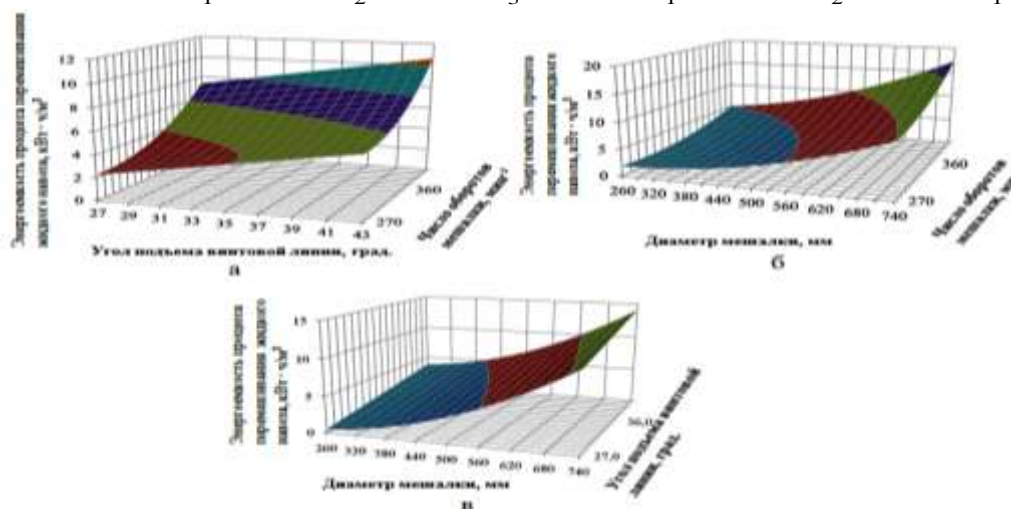


Рис. 3. Поверхность отклика зависимости энергоёмкости процесса перемешивания жидкого навоза от параметров миксера

Для анализа полученного уравнения построены поверхности отклика, представленные на рис. 3 (а – поверхность отклика зависимости энергоёмкости процесса перемешивания жидкого навоза от угла подъема винтовой линии и числа оборотов мешалки; б – поверхность отклика зависимости энергоёмкости процесса перемешивания жидкого навоза от диаметра и числа оборотов мешалки; в – поверхность отклика зависимости энергоёмкости процесса перемешивания жидкого навоза от угла подъема винтовой линии лопасти и диаметра мешалки).

Заключение

Таким образом, рациональными технологическими параметрами работы миксера для достижения требуемого качества перемешивания жидкого навоза (при наименьших показателях энергоёмкости процесса перемешивания жидкого навоза) являются: угол подъема винтовой линии лопастей мешалки, находящийся в пределах 32–38°, диаметр мешалки в пределах 520–580 мм и число оборотов мешалки в пределах 340–380 мин⁻¹.

При указанных параметрах значение энергоёмкости процесса перемешивания жидкого навоза находится в пределах 2,82–5,46 кВт·ч/м³, а значение коэффициента неоднородности жидкого навоза находится в пределах 14,9–19,4 %.

ЛИТЕРАТУРА

- Самосюк, В. Г. Биогазовые технологии в Беларуси: состояние и перспективы / В. Г. Самосюк, Н. Ф. Капустин, А. Н. Басаревский // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межведомст. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства. – Минск, 2011 – Вып. 45 – С. 234–240.
- Биогазовые энергетические установки для фермерских хозяйств. Анализ процессов, влияющих на эффективность их использования / А. Ф. Хужакулов [и др.] // Молодой ученый. – 2013. – №2. – С. 70–72.
- Gokcol C., Dursun B., Alboyaci B., Sunan E. Importance of biomass energy as alternative to other sources in Turkey. Energy Policy, 2009, P. 424–431.
- Vollenweider, R. A. Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication, Report to the Organization of Economic Cooperation and Development, Paris France, DAS / CSI / 68, 1968, 152 p.
- Качан, Ю. Г. Процессы перемешивания субстрата в реакторе биогазовой установки / Ю. Г. Качан, Ю. В. Курис, И. Н. Левицкая // Технология органических и неорганических веществ и экология. – 2009. – № 2. – С. 4–7.
- Технология лекарственных форм: Учебник в 2-х томах. Том 2 / Р. В. Бобылев [и др.]; Под ред. Л. А. Ивановой. – М.: Медицина, 1991. – 544 с
- Стренк, Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками / Ф. Стренк; Под ред. И. А. Щупляка. – Л.: Химия, 1975. – 384 с.

8. Гомогенизатор для навоза: пат. 7700 Респ. Беларусь, МПК А 01С 3/00 / А. В. Китун, И. М. Швед, В. И. Передня; заявитель БГАТУ. – № u 20110318 ; заявл. 21.04.2011 ; опубл. 30.10.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 5. – 202–203 с.
9. Адлер, Ю. П. Введение в планирование эксперимента / Ю. П. Адлер. – М.: Металлургия, 1969. – 159 с.