

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ РАЗМЫВА ОСАДКА В НАВОЗОХРАНИЛИЩЕ

И.М. Швед,

ст. преподаватель каф. технологий и механизации животноводства БГАУ

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 – одна 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 транспортировке к местам переработки. При расслаивании навозной массы образуется донный осадок, который при хранении может достигать до одного метра. В осадке содержится наибольшее количество органических веществ, необходимых для роста и развития растений. Поэтому хранящуюся навозную массу перед ее дальнейшим использованием необходимо перемешивать. Наиболее энергоемкой операцией в процессе перемешивания хранящейся навозной массы является размыв донного осадка, на который требуется затратить большой период времени. В статье рассматривается анализ перемешивающих устройств, а также вопрос по определению времени размыва осадка навозной массы в навозохранилище.

Ключевые слова: механический способ, процесс перемешивания, миксер, мешалка, осадок, время размыва, навозохранилище, длина струи.

The most acute problem in animal husbandry is an increase in the incidence of animals and the 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. When exfoliating the dung mass, a bottom sediment is formed, which during storage can reach up to one meter. The sediment contains the largest amount of organic matter needed for plant growth and development. Therefore, the stored dung mass before its further use must be mixed. The most energy-intensive operation in the process of mixing the stored manure is the erosion of the bottom sediment, which requires a long period of time. The article discusses the analysis of mixing devices, as well as the question of determining the time of erosion of the sediment of manure mass in the manure.

Keywords: mechanical method, mixing process, mixer, agitator, sediment, washout time, manure storage, jet length.

Введение

В Республике Беларусь действует более 200 животноводческих комплексов по производству молока, говядины и свинины. Общий годовой выход экскрементов при работе комплексов равен 51,6 млн тонн, из которых 25,3 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].

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 переработке ее необходимо перемешать до однородного состояния.

Оборудование, применяемое в технологических линиях по переработке навоза, является наиболее энергоемким. В состав оборудования таких линий входят установки для перемешивания, перекачки и разделения жидкого навоза на фракции.

Широкое использование жидких органических удобрений привело к созданию перемешивающей аппаратуры самых различных конструкций.

Выбор того или иного способа перемешивания жидкого навоза зависит от его влажности, содержания в нем поверхностно-активных веществ, требований к качеству конечного продукта.

Известны следующие способы перемешивания: электрический, химический, ультразвуковой, пневматический, гидравлический и механический, который осуществляет перемешивание при помощи различного вида мешалок.

Однако такие способы, как электрический и химический, применяются чрезвычайно редко, и главным образом, в лабораторных опытах для получения дисперсных систем в небольших количествах, так как требуют больших затрат энергии [3].

Гидравлический способ не нашел широкого применения при перемешивании жидкого навоза, так как механизм перемешивания жидкостей в струйных аппаратах чрезвычайно сложен. Эффективность гидравлического способа недостаточна для размыва осадка навозной массы. Это объясняется тем, что струи неподвижны и их длина мала, вследствие чего размываются только небольшие участки, границы которых не перекрывают друг друга [4]. Со временем подвижные части сопел засоряются, снижая эффективность размыва.

Механический способ наиболее эффективен для размыва осадка навозной массы. Он заключается в том, что весь объем жидкого навоза внутри навозохранилища приводится в интенсивное движение с помощью различного вида мешалок, которые формируют направленные потоки навозной массы, меняющие свое направление [4]. Под его действием происходит размыв накопившегося осадка и его перемешивание во всем объеме навозохранилища.

В цилиндрических навозохранилищах наиболее эффективной является винтовая мешалка. В зависимости от ее конструкции получают короткую расширяющуюся струю с большой опорной площадью и малой скоростью, или длинную узконаправленную струю малого поперечного сечения с большой скоростью потока жидкого навоза. Эффективность разрушения осадка зависит от скорости потока навозной массы, длины и зоны досягаемости струи жидкого навоза.

В процессе эксплуатации гидравлических систем уборки и утилизации навоза выяснилось, что наиболее энергоемкой операцией при проведении процесса перемешивания навозной массы является размыв донного осадка, на который требуется большой период времени.

Цель настоящей работы – определение времени размыва осадка, позволяющее подобрать рациональный гидродинамический режим перемешивания более плотных слоев жидкого навоза.

Основная часть

Известно, что осадок навозной массы, накопившийся при хранении, в своем составе содержит значимые питательные элементы, необходимые для роста и жизнедеятельности растений. Для его равномерного распределения в жидкой массе, перед внесением в почву, осадок необходимо размывать и перемешивать во всем объеме хранящегося жидкого навоза.

Процесс размыва осадка жидкого навоза происходит следующим образом: мешалка миксера для навоза создает затопленную струю навозной массы, циклически перемещающуюся и направленную для внедрения в осадок, и по мере перемещения, размывает его. При этом частицы навозной массы, поднятые струей из осадка, взвешиваются в общем объеме жидкого навоза и за счет мощных вихреобразований, так как в навозохранилище нет обратного движения навозной массы, препятствующего разрушению слежавшегося осадка, проникают в толщу илистых отложений, распределяясь в них.

Важным условием при проведении размыва осадка является то, что миксер необходимо размещать на удалении от осадка, так как движение мешалки в плотной среде будет приводить к увеличению стартовой нагрузки на рабочий орган и повышению потребной мощности на его привод. Поэтому размыв осадка происходит концевым сечением струи на некотором удалении от мешалки за счет скорости движения потока жидкого навоза, создаваемого ею. В этом случае взаимодействие струи с частицами илистых отложений осадка осуществляется наиболее активным участком струи потока жидкого навоза, согласно теории турбулентных струй [5], она расширяется с увеличением расхода струи потока жидкого навоза $Q_{\text{разм}}$ по длине. Взаимодействие с осадком происходит расширенным сечением струи.

При взаимодействии с осадком струя формирует воронку размыва. Формирование воронки размыва прекратится при соблюдении условия, когда скорость движения потока жидкого навоза по периметру воронки уменьшится до значения, меньше размываемой.

Таким образом, время размыва осадка зависит от его объема и расхода струи потока жидкого навоза. Этот параметр можно определить по формуле:

$$t_{\text{разм}} = \frac{V_{\text{ос}}}{Q_{\text{разм}}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{ос}}$ – объем осадка в навозохранилище, м^3 ;
 $Q_{\text{разм}}$ – расход струи потока жидкого навоза, $\text{м}^3/\text{с}$.
Объем осадка в цилиндрическом навозохранилище определим из математической формулы:

$$V_{\text{ос}} = \pi R_{\text{хр}}^2 h_{\text{ос}}, \quad (2)$$

где $R_{\text{хр}}$ – радиус навозохранилища, м;
 $h_{\text{ос}}$ – высота осадка, м.

Расход струи потока жидкого навоза можно определить из выражения:

$$Q_{\text{разм}} = u_{\text{н}} S_{\text{к.сеч}}, \quad (3)$$

где $u_{\text{н}}$ – скорость движения жидкого навоза, $\text{м}/\text{с}$;
 $S_{\text{к.сеч}}$ – площадь концевое сечения струи, м^2 .

Так как навоз к лопасти мешалки поступает со всех сторон, т.е. по полусфере с площадью $2\pi r_{\text{м}}^2$, то скорость движения жидкого навоза на расстоянии $l_{\text{н}}$ от мешалки определится по формуле [6, 7]:

$$u_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{с}}}{2\pi l_{\text{н}}^2}, \quad (4)$$

где $Q_{\text{с}}$ – производительность миксера, $\text{м}^3/\text{с}$;
 $l_{\text{н}}$ – расстояние от мешалки, м.

Для определения расстояния $l_{\text{н}}$ рассмотрим схему, представленную на рисунке 1.

Согласно схеме, расстояние $l_{\text{н}}$ можно определить из выражения:

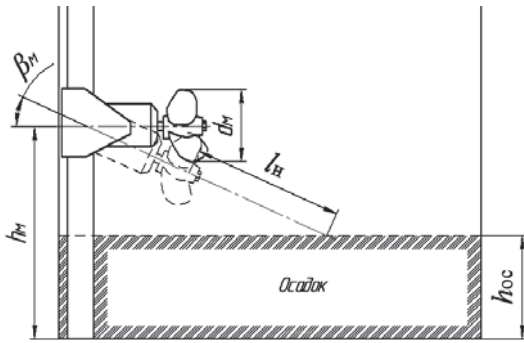


Рис. 1. Расчетная схема для определения расстояния до мешалки

$$l_n = \frac{h_m - r_m - h_{oc}}{\sin \beta_m}, \quad (5)$$

где h_m – высота поднятия миксера, относительно дна хранилища, м;

r_m – радиус мешалки, м;

β_m – угол наклона мешалки относительно горизонтальной плоскости, град.

Для определения площади концевое сечения струи, рассмотрим процесс ее образования. При работе миксера в среде жидкого навоза, за мешалкой, при ее вращении, возникает область пониженного давления, способствующая подаче навозной массы на лопасти. Лопасти, захватывая навозную массу, перемещают ее в продольном направлении, создавая перед мешалкой область повышенного давления. Одновременно с этим навозная масса участвует и во вращательном движении.

Так, при подаче навозной массы на лопасти мешалки, на некотором расстоянии от нее, образуются ядро струи (рис. 2) жидкого навоза с постоянными осредненными скоростями. С увеличением поперечного размера пограничного слоя толщина ядра уменьшается. Затем ядро с равномерным распределе-

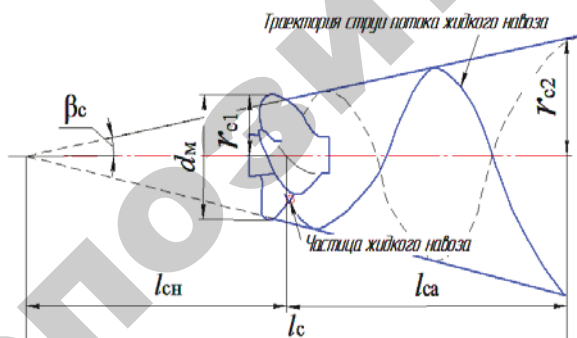


Рис. 2. Схема движения струи жидкого навоза: l_{cn} – длина начального участка струи; l_{ca} – длина активного участка струи; l_c – длина струи; r_{c1} – радиус начала активного участка струи; r_{c2} – радиус конца активного участка струи; d_m – диаметр мешалки; β_c – угол расширения струи

нием скоростей исчезает. Расстояние начала образования струи до момента схода с лопастей характеризуется длиной начального участка струи l_{cn} . При сходе навозной массы с лопастей мешалки, образовавшаяся струя жидкого навоза перемещается в хранящуюся навозную массу.

Из рисунка 2 площадь концевое сечения струи определится по формуле:

$$S_{к.сеч} = \pi r_{c2}^2, \quad (6)$$

где r_{c2} – радиус конца активного участка струи, м.

Радиус конца активного участка струи можно определить из выражения:

$$r_{c2} = l_c \operatorname{tg} \beta_c, \quad (7)$$

где l_c – длина струи, м;

β_c – угол расширения струи, град.

Миксер для навоза работает в жидкой среде, а так как ее влажность составляет от 90 % до 98 % (навозные стоки), то формулу для определения длины струи жидкости можно применить и в нашем случае. Длину струи l_c , до момента, когда осевая скорость потока жидкого навоза стремится к нулю, можно определить из формулы [8]:

$$l_c = \frac{0,96}{a_c} r_{c1}, \quad (8)$$

где r_{c1} – радиус начала активного участка струи, м;

a_c – коэффициент, характеризующий влияние турбулентности струи.

Радиус начала активного участка струи жидкого навоза можно выразить из формулы определения площади вершины струи. При этом необходимо учесть сужение струи жидкого навоза под действием лопастей мешалки. Тогда площадь струи F_c жидкого навоза определится по формуле [9]:

$$F_c = 0,8 \pi r_o^2, \quad (9)$$

где 0,8 – коэффициент, который учитывает сужение струи под действием лопастей мешалки;

r_o – радиус окружности, описываемой крайней точкой лопасти, м.

Учитывая, что окружность, описываемая крайней точкой лопасти, равна диаметру мешалки, то радиус начала активного участка струи r_{c1} можно выразить из равенства:

$$\pi r_{c1}^2 = 0,8 \pi r_m^2. \quad (10)$$

Тогда радиус начала активного участка струи жидкого навоза определится по формуле:

$$r_{c1} = 0,89 r_m. \quad (11)$$

Преобразуем формулу (8), подставив в нее выражение (11). Тогда длина струи определится из уравнения:

$$l_c = \frac{0,85}{a_c} r_m. \quad (12)$$

Определим радиус конца активного участка струи, подставив в формулу (7) уравнение (12):

$$r_{c2} = \frac{0,85}{a_c} r_m \operatorname{tg} \beta_c. \quad (13)$$

Определив радиус конца активного участка струи, преобразуем формулу (6), подставив в нее уравнение (13). Тогда площадь концевое сечения струи определится по формуле:

$$S_{\text{к.сеч}} = \frac{0,72}{a_c^2} \pi r_m^2 \operatorname{tg}^2 \beta_c. \quad (14)$$

Подставив выражения (4) и (14) в формулу (3), определим расход струи потока жидкого навоза:

$$Q_{\text{разм}} = \frac{0,36}{a_c^2 l_n^2} r_m^2 Q_c \operatorname{tg}^2 \beta_c. \quad (15)$$

Подставив выражения (2) и (15) в начальную формулу (1), преобразуем ее. Тогда время размыва осадка определится из следующего уравнения:

$$t_{\text{разм}} = \frac{\pi a_c^2 h_{\text{ос}} R_{\text{xp}}^2 l_n^2}{0,36 Q_c r_m^2 \operatorname{tg}^2 \beta_c}. \quad (16)$$

Подставим в уравнение (16) формулу (5) для определения расстояния l_n . Тогда с учетом преобразования определим время размыва осадка жидкого навоза:

$$t_{\text{разм}} = \frac{\pi a_c^2 h_{\text{ос}} R_{\text{xp}}^2 (h_m - r_m - h_{\text{ос}})^2}{0,36 Q_c r_m^2 \operatorname{tg}^2 \beta_c \sin^2 \beta_m}. \quad (17)$$

Из уравнения (17) следует, что время размыва осадка прямопропорционально зависит от геометрических размеров навозохранилища и высоты осадка. Рассмотрим зависимость (рис. 3) времени размыва осадка от размеров навозохранилища и геометрического размера мешалки миксера.

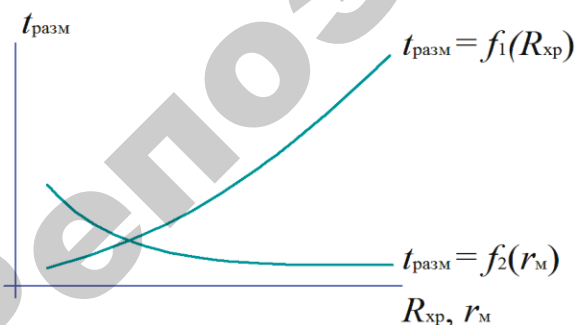


Рис. 3. Графики зависимостей времени размыва осадка от радиуса навозохранилища R_{xp} и радиуса мешалки r_m

Анализ рисунка 3 показал, что с увеличением размера навозохранилища увеличивается и время размыва осадка навоза, а при увеличении размера мешалки миксера, время размыва осадка уменьшается.

Заключение

В результате анализа способов перемешивания установлено, что наилучшим является механический способ перемешивания жидкого навоза, так как механизм перемешивания жидкостей гидравлическим способом чрезвычайно сложен, а их струя неподвижна и ее длина мала, вследствие чего размываются только небольшие участки.

При механическом способе перемешивания весь объем жидкого навоза, находящийся на хранении, приводится в интенсивное движение с помощью мешалок, которые формируют направленные потоки навозной массы, необходимые для размыва накопившегося осадка и его дальнейшего перемешивания во всем объеме навозохранилища.

Получено уравнение, позволяющее определить время размыва осадка с учетом высоты осадка, параметров миксера и размера навозохранилища.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. – Минск: Нац. стат. комитет Респ. Беларусь, 2016. – 230 с.
2. Хужакулов, А.Ф. 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.
3. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. для вузов: в 2-х кн. / Ю.И. Дытнерский. – 3-е изд. – М.: Химия, 2002. – Ч. 1. – 400 с.: ил.
4. Оборудование резервуаров: учеб. пос. / Н.И. Коновалов [и др.]. – Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2004. – 212 с.: ил.
5. Абрамович, Г.Н. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович. – М.: Наука, 1984. – 750 с.
6. Иванов, О.П. Аэродинамика и вентиляторы: учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности: «Холодильные и компрессорные машины и установки» / О.П. Иванов, В.О. Мамченко. – Л.: Машиностроение, 1986. – 280 с.
7. Емин, О.Н. Выбор параметров и газодинамический расчет осевых компрессоров и турбин авиационных ГТД: учеб. пос. / О.Н. Емин, В.Н. Карасев, Ю.А. Ржавин. – М.: Дипак, 2003. – 156 с.
8. Повх, И.Л. Техническая гидромеханика / И.Л. Повх. – Л.: Машиностроение, 1976. – 504 с.
9. Емцев, Б.Т. Техническая гидромеханика / Б.Т. Емцев. – М.: Машиностроение, 1987. – 440 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 23.10.2018