

УДК 621.929:636(476)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОГО НАВОЗА ПРИ ПЕРЕМЕШИВАНИИ ЕГО В НАВОЗОХРАНИЛИЩАХ

И.М. Швед,

ст. преподаватель каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ

В.И. Передня,

гл. науч. сотр. отдела механизации животноводства и кормопроизводства РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», докт. техн. наук, профессор

А.В. Китун,

зав. каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

В статье рассматривается вопрос по определению скорости движения жидкого навоза при перемешивании его в навозохранилищах. Представлена формула по определению секундной производительности миксера для навоза. Определено условие, при котором осуществим рабочий процесс перемешивания навозной массы. Получено уравнение по определению скорости движения жидкого навоза при перемешивании его в навозохранилищах.

Ключевые слова: навоз, миксер, лопасть, мешалка, скорость, производительность, воронка.

The article deals with the problem of the determination of the speed of liquid manure movement with mixing it in manure stores. The formula to determine the second-hand capacity of a mixer for manure is given. The condition, under which the working process of mixing the manure mass is being carried out, is determined. The equation to determine the speed of liquid manure movement when it is being stirred in manure stores is obtained.

Keywords: manure, a mixer, the blade, a mixer, speed, productivity, a funnel.

Введение

Развитие АПК на современном этапе основывается на ускорении научно-технического прогресса, мощной материально-технической и энергетической базе.

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 корового слоя [1-3].

В процессе хранения жидкий навоз расслаивается и его необходимо периодически перемешивать. Качественное его перемешивание зависит главным образом от скорости движения навозной массы.

Цель работы – определение скорости движения жидкого навоза при перемешивании его миксером в навозохранилищах.

Основная часть

Процесс перемешивания навоза в навозохранилищах производится миксером и является одной из энергоемких операций в животноводстве.

Миксеры предназначены для перемешивания жидкого навоза в резервуаре для достижения однородной консистенции. Это позволяет в процессе утилизации или при перекачивании жидкого навоза из

хранилищ в емкости для получения биогаза перемешать его без разрыва потока.

Миксер (рис. 1), применяемый для перемешивания жидкого навоза, состоит из электропривода, вала, на котором закреплена лопастная мешалка.

Работает миксер следующим образом. При погружении миксера в массу жидкого навоза включается электропривод, 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 до однородного состояния. Так как навоз при длительном хранении расслаивается, то образуются слои и чтобы их перемешать, в процессе работы миксер поворачивают относительно вертикальной плоскости при помощи лебедки. Для перемешивания легких включений из соломы, сена и опилок, которые всплывают вверх, мешалку миксера поднимают, а для перемешивания осадка на дне мешалку миксера опускают.

В процессе перемешивания жидкого навоза в навозохранилище миксером с лопастной мешалкой образовывается турбулентный режим. При этом значение центробежного критерия Рейнольдса можно определить по формуле [4]:

$$Re_{ц} = \frac{\omega d_{м}^2}{\mu}, \quad (1)$$

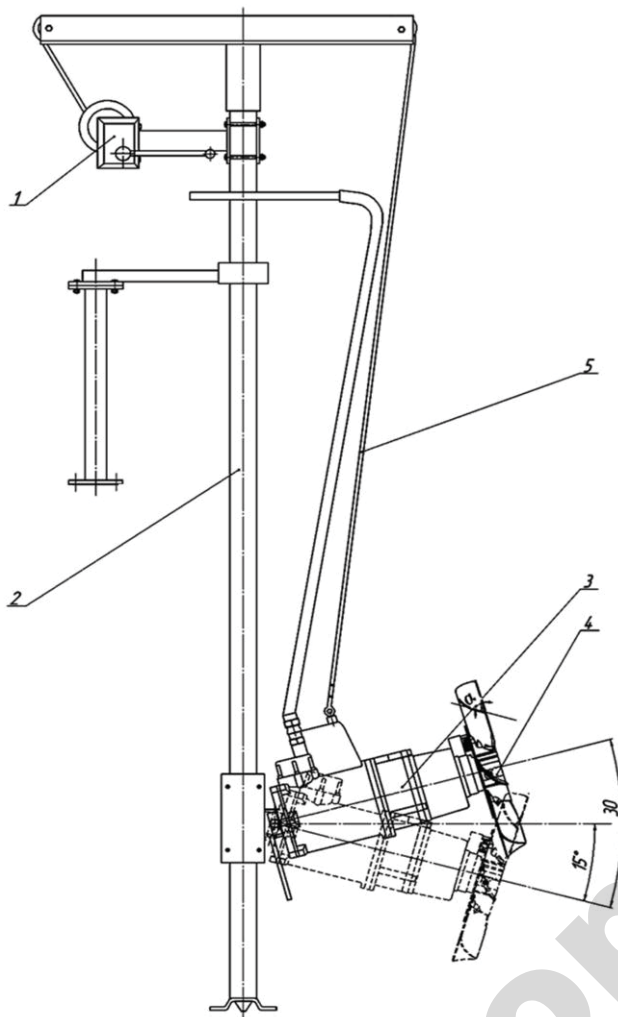


Рис. 1. Миксер для перемешивания жидкого навоза:
1 – лебедка; 2 – стойка; 3 – миксер; 4 – мешалка;
5 – трос

где d_m – диаметр мешалки, м;
 ω – частота вращения вала мешалки, c^{-1} ;
 μ – кинематическая вязкость жидкого навоза, m^2/c .

Скорости в жидком навозе определяются следующими факторами:

- внешними движущими силами, приложенными к навозу;
- гидродинамическим сопротивлением на неподвижных поверхностях, ограничивающих поток, уравновешивающий эти силы;
- обменом энергии между соседними слоями жидкости [5].

Так как навоз к мешалке подтекает со всех сторон, т.е. по полусфере с площадью $2\pi r^2$, то скорость u движения жидкого навоза на расстоянии l от мешалки определится по формуле [6, 7]:

$$u = \frac{Q_c}{2\pi l^2}, \quad (2)$$

где Q_c – секундная производительность миксера, m^3/c .

При вращении мешалки, на навоз в навозохранилище воздействует движущая его сила, с осевой скоростью, принуждающей массу навоза двигаться в продольном направлении.

При хранении навоз расслаивается, что приводит к получению массы навоза с разной плотностью. Так, на дне хранилища плотность навоза будет больше, чем на верхних уровнях, а это, в свою очередь, будет увеличивать нагрузку на мешалку, тем самым снижая производительность миксера. Поэтому при расчете секундной производительности миксера необходимо учесть уровень заполнения хранилища жидким навозом и высоту расположения миксера в процессе работы.

Коэффициент заполнения хранилища k определится по формуле:

$$k = \frac{h_m}{H}, \quad (3)$$

где h_m – высота размещения миксера при перемешивании навоза, м;

H – уровень жидкого навоза в навозохранилище, м.

Секундная производительность Q_c миксера с учетом коэффициента заполнения хранилища определится по формуле:

$$Q_c = kvS, \quad (4)$$

где v – осевая скорость движения жидкого навоза, м/с;

S – рабочая площадь мешалки при подаче массы жидкого навоза лопастями, m^2 .

Осевая скорость движения массы жидкого навоза в продольном направлении определяется по формуле:

$$v = K\omega \cos^2 \alpha, \quad (5)$$

где K – шаг установки лопастей мешалки, м;

α – угол подъема винтовой линии лопастей мешалки, град.

Шаг установки лопастей мешалки определяется из выражения [8]:

$$K = \frac{\pi d_m}{z}, \quad (6)$$

где z – число лопастей мешалки, шт.

Подставив выражение (6) в формулу (5), определим осевую скорость движения жидкого навоза:

$$v = \frac{\pi d_m \omega}{z} \cos^2 \alpha. \quad (7)$$

Производительность миксера для навоза будет зависеть от рабочей площади всех лопастей мешалки,

т.е., чем больше рабочая поверхность лопасти, тем больше будет и производительность. Рабочая площадь мешалки зависит от геометрического размера лопасти и их количества и определяется по формуле:

$$S = zLB \sin \alpha, \quad (8)$$

где L – длина лопасти, м;
 B – ширина лопасти, м.

Для лопастных мешалок длина лопасти равна половине диаметра мешалки:

$$L = 0,5d_M. \quad (9)$$

Ширина лопасти определяется из выражения [7]:

$$B = \frac{bd_M}{100}, \quad (10)$$

где b – коэффициент максимальной ширины лопасти в плановой проекции, %.

Подставив выражения (9) и (10) в формулу (8), определим рабочую площадь мешалки:

$$S = 0,005bz d_M^2 \sin \alpha. \quad (11)$$

Преобразуем выражение (4) для определения секундной производительности миксера, подставив полученные формулы (7) и (11):

$$Q_c = 0,005k b \pi d_M^3 \omega \sin \alpha \cos^2 \alpha. \quad (12)$$

При движении навоза в хранилище, наблюдается образование воронки вследствие вращения мешалки и образования в центре ее зоны пониженного давления, что приводит к подъему массы навоза у границ зоны перемешивания. Миксер может перемещаться по высоте хранилища, и при его работе, на верхних слоях, при низком уровне заполнения хранилища или большой высоте размещения миксера, образуются воронка, и тогда кромки лопастей мешалки могут обнажаться, что приводит к уменьшению захватываемой лопастями массы навоза и снижению производительности миксера в целом.

Влияние воронки не сказывается на рабочем процессе перемешивания жидкого навоза, в случае соблюдения условия, когда вершина воронки располагается выше ступицы мешалки. Для выполнения условия перемешивания, в цилиндрических навозохранилищах должно соблюдаться следующее условие:

$$H \geq h_B + h_{\min}, \quad (13)$$

где H – уровень жидкого навоза в навозохранилище, м;

h_B – глубина воронки в навозохранилище, м;

h_{\min} – минимально допустимая высота расположения мешалки на дне навозохранилища, м.

Так как лопасти мешалки миксера расположены перпендикулярно дну хранилища, то высоту размещения миксера в придонной области можно определить по формуле:

$$h_M = h_{\min} = d_M + d_M \sin \beta = d_M (1 + \sin \beta), \quad (14)$$

где β – угол наклона мешалки относительно горизонтальной плоскости, град.

Так как навозохранилище заполняется полностью, то при перемешивании навоза следует учесть высоту размещения миксера и угол наклона мешалки относительно горизонтальной плоскости, и тогда на верхних уровнях высота размещения миксера определится по формуле:

$$h_M = h_{\text{микс}} + h_{\min} = h_{\text{микс}} + d_M (1 + \sin \beta), \quad (15)$$

где $h_{\text{микс}}$ – высота поднятия миксера на стойке, м.

Глубина воронки определяется по формуле [5]:

$$h_B = \frac{B(\psi_1)(\omega d_M)^2}{2g}, \quad (16)$$

где $B(\psi_1)$ – параметр глубины воронки в навозохранилище, который определяется по графику (рис. 2) [9];

g – ускорение свободного падения, м/с²;

ψ_1 – параметр окружной скорости.

Подставив формулы (15) и (16) в зависимость

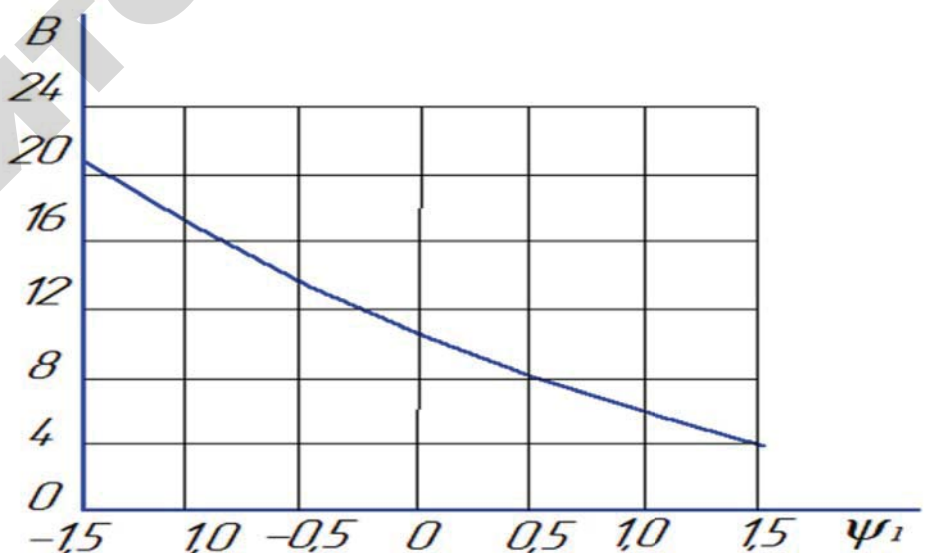


Рис. 2. График зависимости глубины воронки B от параметра профиля окружной скорости ψ_1

(13), получим выражение для определения уровня жидкого навоза в навозохранилище:

$$H \geq \frac{B(\psi_1)(\omega d_m)^2}{2g} + h_{\text{микс}} + d_m(1 + \sin \beta). \quad (17)$$

Тогда, подставив полученные выражения (15) и (17) в формулу (3), для определения коэффициента заполнения хранилища, получим:

$$k = \frac{2g[h_{\text{микс}} + d_m(1 + \sin \beta)]}{B(\psi_1)(\omega d_m)^2 + 2g[h_{\text{микс}} + d_m(1 + \sin \beta)]}. \quad (18)$$

Подставив полученное выражение (18) в формулу (12), можно определить секундную производительность миксера:

$$Q_c = 0,01b\pi d_m^3 \omega g \sin \alpha \cos^2 \alpha \times \frac{[h_{\text{микс}} + d_m(1 + \sin \beta)]}{B(\psi_1)(\omega d_m)^2 + 2g[h_{\text{микс}} + d_m(1 + \sin \beta)]}. \quad (19)$$

Далее определим скорость движения жидкого навоза при ламинарном режиме перемешивания, когда мешалка вращается с небольшой частотой вращения. Для этого подставим в формулу (2) полученное выражение (19). Тогда формула по определению скорости движения жидкого навоза примет вид:

$$u = \frac{0,01b\pi d_m^3 \omega g}{l^2} \sin \alpha \cos^2 \alpha \times \frac{[h_{\text{микс}} + d_m(1 + \sin \beta)]}{B(\psi_1)(\omega d_m)^2 + 2g[h_{\text{микс}} + d_m(1 + \sin \beta)]}. \quad (20)$$

При образовании турбулентного режима перемешивания скорость движения жидкого навоза можно определить, учитывая его кинематическую вязкость, и подставив в формулу (20) выражение (1):

$$u = \frac{0,01b\pi d_m \text{Re}_c \mu g}{l^2} \sin \alpha \cos^2 \alpha \times \frac{[h_{\text{микс}} + d_m(1 + \sin \beta)]}{B(\psi_1)(\omega d_m)^2 + 2g[h_{\text{микс}} + d_m(1 + \sin \beta)]}. \quad (21)$$

Заключение

На основании приведенных формул (20) и (21), можно сделать вывод, что скорость движения частиц жидкого навоза в навозохранилищах пропорциональ-

на частоте вращения мешалки и ее геометрическим размерам, и обратно пропорциональна квадрату расстояния, пройденного частицей навоза в процессе перемешивания.

Качественное перемешивание жидкого навоза будет соблюдаться при условии, когда высота заполнения хранилища жидким навозом будет больше высоты расположения лопастей мешалки миксера, что снизит вероятность образования воронки, а следовательно, уменьшит энергоемкость процесса перемешивания жидкого навоза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданович, П. Ф. Основы энергосбережения: учеб. пос. / П. Ф. Богданович, Д. А. Григорьев, В. К. Пестис. – Гродно: ГГАУ, 2007. – 174 с.
2. Брагинский, Л. Н. Перемешивание в жидких средах / Л. Н. Брагинский, В. И. Бегачев, В. М. Барабаш. – Л.: Химия, 1984. – 336 с.
3. Кафаров, В. В. Процессы перемешивания в жидких средах / В. В. Кафаров. – М.: Госхимиздат, 1949. – 230 с.
4. Карпушкин, С. В. Расчеты и выбор механических перемешивающих устройств вертикальных емкостных аппаратов: учеб. пос. / С. В. Карпушкин, М. Н. Краснянский, А. В. Борисенко. – Тамбов: ТГТУ, 2009. – 168 с.
5. Брагинский, Л. Н. Перемешивание в жидких средах / Л. Н. Брагинский, В. И. Бегачев, В. М. Барабаш. – Л.: Химия, 1984. – 336 с.
6. Иванов, О. П. Аэродинамика и вентиляторы: учеб. для студентов высших учеб. заведений, обучающихся по специальности: «Холодильные и компрессорные машины и установки» / О.П. Иванов, В.О. Мамченко. – Л.: Машиностроение, 1986. – 280 с.
7. Александров, В. Л. Воздушные винты / В. Л. Александров. – М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1951. – 447 с.
8. Мелашенко, В. И. Методическое пособие по профилированию лопастей рабочих колес центробежных насосов: в 2 ч. / В. И. Мелашенко, А. В. Зуев. – М.: МВТУ им. Н. Э. Баумана, 1980. – Ч. 2 – 348 с.
9. Кафаров, В. В. Процессы перемешивания в жидких средах / В. В. Кафаров. – М.: Госхимиздат, 1949. – 230 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 20.10.2017