

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ В ЖИДКОМ НАВОЗЕ

И.И. Скорб, ст. преподаватель,
Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь.

Постановка проблемы. Гидравлические системы удаления навоза в последние годы получают всё большее распространение как наиболее простые и надёжные в эксплуатации.

Применение гидравлических систем уборки навоза периодического действия, позволяют сократить затраты труда и материальные затраты на 10...30%, по сравнению с механическими средствами уборки. Удельная металлоемкость гидравлических систем уборки и транспортировки навоза в 4...6 раз меньше.

С началом применения гидравлических способов уборки навоза связаны исследования реологических и физико-механических свойств жидкого бесподстилочного навоза.

Основные материалы исследования. Исследования гранулометрического состава показали, что в свином навозе при концентратном типе кормления частиц размером 0,5 мм и меньше содержится более 50 %, в навозе КРС частиц размером до 0,5 мм – около 50 %, частиц размером от 3 до 10 мм – около 30 % [1].

С.Д. Дурдыбаевым установлено, что в навозе КРС содержится более 55 % частиц размером до 0,25 мм, в свином навозе – около 58 % частиц размером 0,25...1,0 мм [2].

Во время хранения жидкого навоза происходят сложные биофизико-химические процессы, вызывающие изменения состава его по глубине. Интенсивность этих процессов зависит от вида навоза, его состояния, условий хранения, погодных условий и т.д.

Жидкий навоз при хранении подвержен расслаиванию (разделению), которое обусловлено разной плотностью жидкой и твердой фракций. Так исследованиями В.И. Якубаускаса установлено, что жидкий бесподстилочный навоз во время длительного хранения расслаивается на верхний слой влажностью 73...78 %, высотой до 0,7 м, средний слой влажностью 92...96,5 % - до 1 м и нижний слой – осадок влажностью 87...88,9 % до 0,5 м [3].

Навоз крупного рогатого скота имеет меньший удельный вес, содержит больше (примерно в пять раз) коллоидов, чем свиной, поэтому расслаивается медленнее.

Верхний слой представляет собой рыхлую массу из подстилки, остатков корма и волокнистой части твердых выделений животных. Нижний слой включает остатки корма, песок, ил, образуемый

тяжелыми частицами твердых выделений животных. Замечено, что свиной навоз склонен образовывать очень плотный осадочный слой. Между верхним и нижним слоями находится более однородный средний слой, почти не содержащий твердых и волокнистых включений.

У свиного навоза осадок имеет плотность 1120...1180 кг/м³, а у навоза крупного рогатого скота – 1050...1090 кг/м³. По данным [1], влажность осадка навоза крупного рогатого скота 83-86%, свиного навоза – 78-84%, влажность среднего слоя – 94-98%.

По агротехническим требованиям разность влажности жидкого навоза при вывозке по высоте резервуара не должна превышать 2-3%. Установлено, что после 2...3 часов разница влажности между слоями превышает норму агротехнических требований. Следовательно, в период хранения и использования жидкий навоз необходимо гомогенизировать через определенные промежутки времени.

Осаждение твердых частиц в свином навозе начинается при влажности выше 88 %. Наибольшая скорость осаждения происходит в течение 2...3 часов и заканчивается через 3...6 суток.

Наиболее интенсивно свиной навоз расслаивается при влажности 90% и выше, а навоз крупного рогатого скота – при влажности более 91% [1].

Рассмотрим процесс осаждения твердой частицы навоза после перемешивания в канале гидравлической системы периодического действия под воздействием силы тяжести, которая является движущей силой процесса осаждения. Принимаем, что частицы имеют сферическую форму диаметра d , плотность ρ_T , объем V_T и массу m . Скорость частицы $\overset{\text{u}}{\vartheta}$ по направлению совпадает с силой тяжести $\overset{\text{r}}{G}$. При движении частицы на нее действует выталкивающая сила Архимеда $\overset{\text{r}}{F}_A$ и сила сопротивления среды (сила Стокса) $\overset{\text{r}}{F}_C$.

Напишем в декартовой системе координат уравнения движения твердой частицы в жидкости под воздействием силы тяжести [4].

$$m \frac{d\overset{\text{u}}{\vartheta}}{dt} = \sum \overset{\text{u}}{F}_i = \overset{\text{r}}{G} + \overset{\text{r}}{F}_C + \overset{\text{r}}{F}_A. \quad (1)$$

Спроецировав на ось y (рисунок 1) получим:

$$m \frac{d\vartheta_y}{dt} = G - F_C - F_A. \quad (2)$$

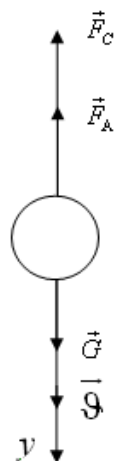


Рис. 1. Схема сил действующих на частицу

Рассмотрим силы, входящие в уравнение движения (2).

Сила тяжести:

$$G = mg = \frac{\pi d^3}{6} \rho_T g \quad (3)$$

где d – диаметр частицы, м;

ρ_T – плотность частицы, кг/м³;

m – масса частицы, кг.

Сила Архимеда:

$$F_A = \rho_{\mathcal{E}} V_T g = \frac{\pi d^3}{6} \rho_{\mathcal{E}} g \quad (4)$$

где V_T – объем частицы, м³.

Сила гидродинамического сопротивления среды, отнесенная к поперечному сечению, сила Стокса:

$$F_c = \varphi \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\vartheta^2}{2} \rho_{\mathcal{E}} . \quad (5)$$

где φ – коэффициент гидравлического сопротивления среды.

При условии постоянства скорости осаждения уравнение (2) примет вид:

$$G - F_c - F_A = 0 .$$

Подставляя выражения для действующих сил, получим:

$$\varphi \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\vartheta^2}{2} \rho_{\mathcal{E}} = \frac{\pi d^3}{6} \rho_T g - \frac{\pi d^3}{6} \rho_{\mathcal{E}} g . \quad (6)$$

Отсюда получаем скорость осаждения:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{4d(\rho_T - \rho_{\mathcal{E}})g}{3\varphi \rho_{\mathcal{E}}}} . \quad (7)$$

Коэффициент сопротивления φ зависит от числа Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{\vartheta d \rho_{\mathcal{E}}}{\mu} .$$

Выполненные расчеты показывают, что режим является переходным ($2 < Re < 500$). В данном случае коэффициент сопротивления будет:

$$\varphi = \frac{18,5}{Re^{0,5}}.$$

Время осаждения:

$$t = b / \vartheta, \quad (8)$$

где b – высота слоя жидкого навоза

Рассчитаем скорость и время осаждения твердых частиц различного диаметра. Плотность твердой частицы принимаем равной 1120 кг/м^3 , а динамическую вязкость жидкости – $0,0001 \text{ Н}\cdot\text{с/м}^2$. Результаты вычислений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Скорость и время осаждения частиц различного диаметра

d, мм	0,5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
ϑ, м/с	0,01	0,02	0,03	0,041	0,051	0,061	0,071	0,081	0,091	0,102
Re	5,6	22,4	50,4	91,8	142,8	208,4	282,2	362,9	458,6	572,2
t, с	100	50	33,3	24,6	19,7	16,34	14,0	12,32	10,9	9,8

Выводы. В статье определена скорость осаждения частиц различного диаметра в жидком навозе и время осаждения, знание которых позволяет оптимизировать функционирование гидравлических систем уборки навоза при решении технических задач связанных с удалением жидкого навоза из гидравлических каналов таких систем.

Список литературы

1. Назаров С.И., Шаршунов В.А., Механизация и внесение органических удобрений. Для с.-х. вузов по спец. «Механизация животноводства». – Мн.: Ураджай, 1993. – 296 с.: ил. – (Учеб. пособие для с.-х. вузов).
2. Дурдыбаев С. Д., Данилкина В. С., Рязанцев В. П. Утилизация отходов животноводства и птицеводства: Обзор. М.: Агропромиздат, 1989. 56с.
3. Якубаускас В. И. Технологические основы механизированного внесения удобрений, М.: Колос, 1973. 231 с
4. Соу С. Гидродинамика многофазных систем. – М.: Мир, 1971. – 536 с.