

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОГО БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА ПРИ ЕГО НАКОПЛЕНИИ И ХРАНЕНИИ

И. И. СКОРБ, ст. преподаватель  
УО «Белорусский государственный аграрный  
технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Гидравлические системы удаления навоза в последние годы получают все большее распространение как наиболее простые и надежные в эксплуатации.

Применение гидравлических систем уборки навоза периодического действия позволяет 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.

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/м<sup>3</sup>, а у навоза крупного рогатого скота – 1050...1090 кг/м<sup>3</sup>. 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].

**Основная часть.** 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  $\rho_T$ , объем  $V_T$  и массу  $m$ . Скорость частицы  $\vec{v}$  по направлению совпадает с силой тяжести  $\vec{G}$ . При движении частицы на нее действует выталкивающая сила Архимеда  $\vec{F}_A$  и сила сопротивления среды (сила Стокса)  $\vec{F}_C$ .

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

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \sum \vec{F}_i = \vec{G} + \vec{F}_C + \vec{F}_A. \quad (1)$$

Спроецировав на ось  $y$  (рис. 1), получим:

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

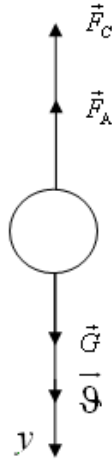


Рис. 1. Схема сил, действующих на частицу

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;

$\rho_T$  – плотность частицы, кг/м<sup>3</sup>;

$m$  – масса частицы, кг.

Сила Архимеда:

$$F_A = \rho_{\text{ж}} V_T g = \frac{\pi d^3}{6} \rho_{\text{ж}} g, \quad (4)$$

где  $V_T$  – объем частицы, м<sup>3</sup>.

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

$$F_c = \varphi \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\vartheta^2}{2} \rho_{\text{ж}}, \quad (5)$$

где  $\varphi$  – 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:

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

Отсюда получаем скорость осаждения:

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

Коэффициент сопротивления  $\varphi$  зависит от числа Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{\vartheta d \rho_{\text{ж}}}{\mu}$$

Выполненные расчеты показывают, что режим является переходным ( $22 < \text{Re} < 500$ ). В данном случае коэффициент сопротивления будет:

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

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  $1120 \text{ кг/м}^3$ , а динамическую вязкость жидкости –  $0,0001 \text{ Н}\cdot\text{с/м}^2$ . Результаты вычислений приведены в таблице.

Скорость и время осаждения частиц различного диаметра

$d$ , мм	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
$\vartheta$ , 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

**Заключение.** 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.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров, С. И. Механизация и внесение органических удобрений / С. И. Назаров, В. А. Шаршунов. – Минск: Ураджай, 1993. – 296 с.
2. Дурдыбаев, С. Д. Утилизация отходов животноводства и птицеводства: обзор / С. Д. Дурдыбаев, В. С. Данилкина, В. П. Рязанцев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 56 с.
3. Якубаускас, В. И. Технологические основы механизированного внесения удобрений / В. И. Якубаускас. – М.: Колос, 1973. – 231 с.
4. Соу, С. Гидродинамика многофазных систем / С. Соу. – М.: Мир, 1971. – 536 с.

УДК 631.331

### **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ИХ КАЧЕСТВО**

В. С. АСТАХОВ, д-р техн. наук, профессор  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Урожай полевых культур зависит от множества факторов, которые можно разделить на три группы: объективные, субъективные и косвенные. Объективные факторы неподвластны человеку на данном этапе развития науки и техники, либо использование их нецелесообразно с экономической и экологической точек зрения. К ним можно отнести сложившийся годовой температурный режим, почвенные условия (тип почвы, химический и механический состав, содержание питательных веществ и др.), солнечная радиация, атмосферные осадки и другие (заморозки, град, наводнение, ураганы и т. д.). Субъективные факторы зависят от деятельности человека, и к ним можно отнести качество, вид и время основной и предпосевной обработки почвы; время, качество и способ посева; сорт, качество, выравненность и защищенность от вредителей и болезней семян; время, количество и качество внесения удобрений; количество, качество и время полива или осушения; своевременность и способы борьбы с сорными растениями, вредителями и болезнями; новые методы выращивания и агротехнические приемы и другие. Косвенные факторы могут иметь объективную и субъективную природу. Это, например, наличие лесополос, водоемов, вырубка лесов, разработка карьеров, что косвенно влияет на урожай в ту или другую сторону. Все факторы имеют переменную величину и могут влиять на урожай как положительно, так и отрицательно. Проведение полива зерновых культур согласно агротехническим требованиям приводит к повышению урожая и качества продукции.