

## ИССЛЕДОВАНИЯ ГОМОГЕНИЗАТОРА ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКОГО НАВОЗА В КАНАЛЕ

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

**Постановка проблемы.** Гомогенизация навоза в каналах гидравлических систем является важной технологической операцией, обеспечивающей полноту уборки навоза из таких каналов и влияющей на микроклимат в животноводческом помещении [1].

При оптимизации конструкции мешалки для гомогенизации жидкого навоза необходимо рассматривать множество факторов. Поэтому для поиска этих параметров используем метод математического планирования эксперимента. Движение к оптимуму возможно, если выбрать один параметр оптимизации, а другие характеристики процесса принять в качестве ограничений [2].

Эффективность технологического процесса характеризуется двумя показателями – энергоемкостью процесса и качеством гомогенизации. Однако координаты экстремумов этих функций обычно не совпадают. Поэтому в качестве целевой функции целесообразно принять качество гомогенизации навоза обеспечивающее его гидротранспортабельность с наименьшими затратами энергии.

**Основные материалы исследования.** С целью обоснования конструктивных и режимных параметров мешалки проведены экспериментальные исследования, программой которых предусматривалось:

- Выявление априорным ранжированием факторов, оказывающих наибольшее влияние на качество гомогенизации навоза.
- Проведение многофакторного эксперимента с использованием центрального композиционного ортогонального плана второго порядка  $2^3$ .
- Обработка полученных экспериментальных данных.
- Построение поверхностей отклика, отображающих зависимость количества сухого вещества в осадке от факторов, установленных в результате априорного ранжирования.

На первом этапе исследований определена область факторного пространства, в котором количество сухого вещества в навозе соответствует влажности 92%, при которой обеспечивается гидротранспортабельность жидкого навоза.

Осуществлен отбор факторов, предположительно наиболее сильно влияющих на качество гомогенизации (таблица 1).

Таблица 1

**Факторы, влияющие на качество гомогенизации навоза**

Обозначение факторов	Наименование фактора
1. Физико-механические свойства среды	
$x_1$	Влажность
2. Параметры экспериментальной установки	
$x_2$	Частота вращения мешалки
$x_3$	Угол установки лопастей мешалки
$x_4$	Количество лопастей
$x_5$	Диаметр мешалки

На основании поисковых опытов и анализа конструкции мешалки, установлено, что такие факторы, как частота вращения винта  $\omega$  ( $\text{мин}^{-1}$ ), угол установки лопастей  $\alpha$  ( $\text{град}$ ), количество лопастей  $z$  ( $\text{шт}$ ) являются наиболее значимыми и недостаточно изученными.

Для проведения многофакторного эксперимента целесообразно использовать центральный композиционный ортогональный план второго порядка  $2^3$ . Уровни варьирования факторов приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Кодирование варьируемых факторов**

Показатель	Варьируемые факторы		
	$\omega$ , частота враще- ния мешалки, $\text{мин}^{-1}$	$Z$ , число лопастей мешалки, $\text{шт}$	$\alpha$ , угол уста- новки лопа- стей мешалки, $\text{град}$
Кодовое обозначение факт оров	$x_1$	$x_2$	$x_3$
Основные уровни ( $x_i = 0$ )	750	3	25
Интервалы варьирования	250	1	10
Нижние уровни ( $x_i = -1$ )	500	2	15
Верхние уровни ( $x_i = +1$ )	1000	4	35

Основой эксперимента является матрица, представленная в таблице 3 и содержащая условия проведения всех опытов в соответствии с намеченным планом.

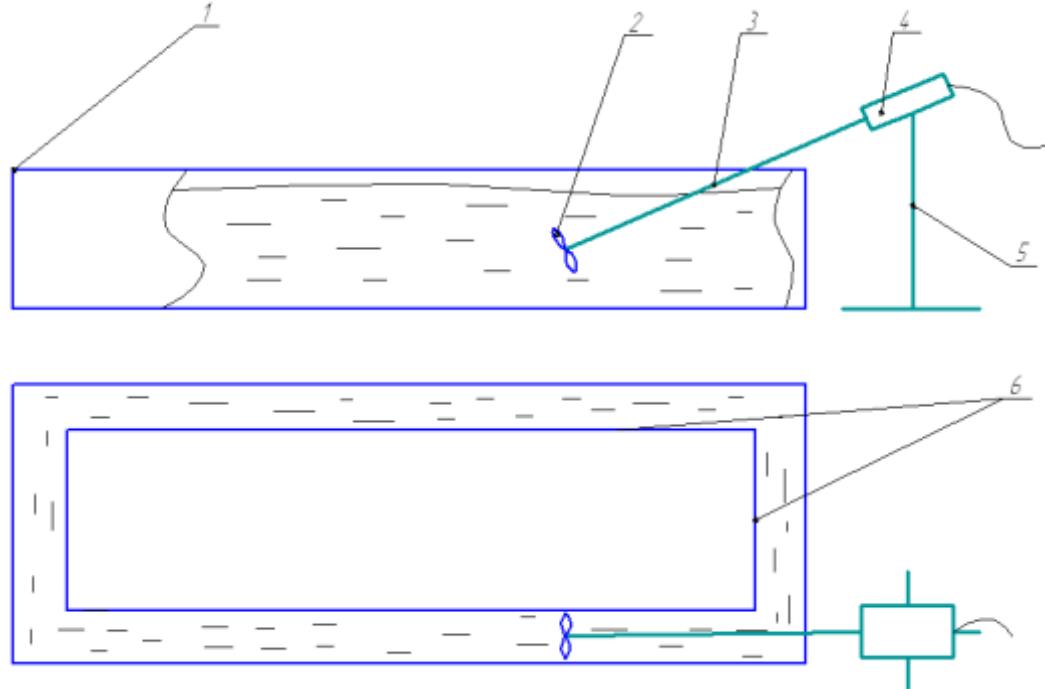
Таблица 3

**Построение трехфакторного плана первого порядка**

№ опыта	$x_1$	$x_2$	$x_3$	№ опыта	$x_1$	$x_2$	$x_3$
1	-1	-1	-1	5	-1	-1	+1
2	+1	-1	-1	6	+1	-1	+1

3	-1	+1	-1	7	-1	+1	+1
4	+1	+1	-1	8	+1	+1	+1

Экспериментальные исследования выполнялись на специально изготовленной установке (рисунок 1).



1 – резервуар; 2 – мешалка; 3 – вал; 4 – электродвигатель; 5 – стойка;  
6 – перегородка

**Рис. 1. Схема лабораторной модельной установки**

Установка создана с учетом основных законов теории подобия. При сохранении геометрического подобия выдерживалось и гидродинамическое.

Экспериментальная установка состоит из резервуара 1 (размером  $2 \times 0,6 \times 0,3\text{м}$ ), в котором имеются перегородки 6, стойки 5 на которой крепится электродвигатель 4 с валом 3, на конце которого крепится лопастная мешалка 2. Подставка имеет поворотную верхнюю часть, с помощью которой можно изменять угол наклона вала гомогенизатора в резервуаре. Изготовлено 28 экспериментальных насадок отличающимися количеством лопастей, разным углом их атаки и диаметром.

Для измерения частоты вращения вала использовался электронный бесконтактный тахометр DeLaval VPR100.

Из литературных источников известно, что навоз становится гидротранспортабельным при влажности 92% [2]. Для проведения исследований был изготовлен аналог жидкого навоза, в состав которого входили: вода, торфокрошка и 5% от всей массы силикатного клея. Готовый аналог жидкого навоза загружался в лабораторную установку и выдерживался 48 часов. За это время происходило его расслоение на два

слоя: нижний осадочный слой (осадок) и верхний слой (жидкая фракция). Измерения показали, что влажность нижнего осадочного слоя составила 78%, верхнего слоя – 99%. Далее в смесь погружалась мешалка и осуществлялась гомогенизация.

Проведенный анализ конструкций существующих перемешивающих устройств и поисковые исследования показали, что для достижения требуемой равномерности диспергирования в качестве рабочего органа эффективно использовать лопастную мешалку. По сравнению с другими конструкциями мешалок (турбинной, фрезерной и т.д.) лопастная более активно воздействуют на массу и создает наибольший гидравлический напор.

Все дальнейшие опыты по изучению диспергирования и энергоемкости процесса проводились с данным типом рабочего органа.

Таким образом, описанная установка позволяет проводить исследования процесса гомогенизации жидкого навоза.

Для построения и анализа регрессионной модели используем результаты опытов, полученных согласно плану полного трехфакторного эксперимента и композиционного плана (таблица 4).

**Таблица 4**  
**Результаты экспериментов по линейному плану**

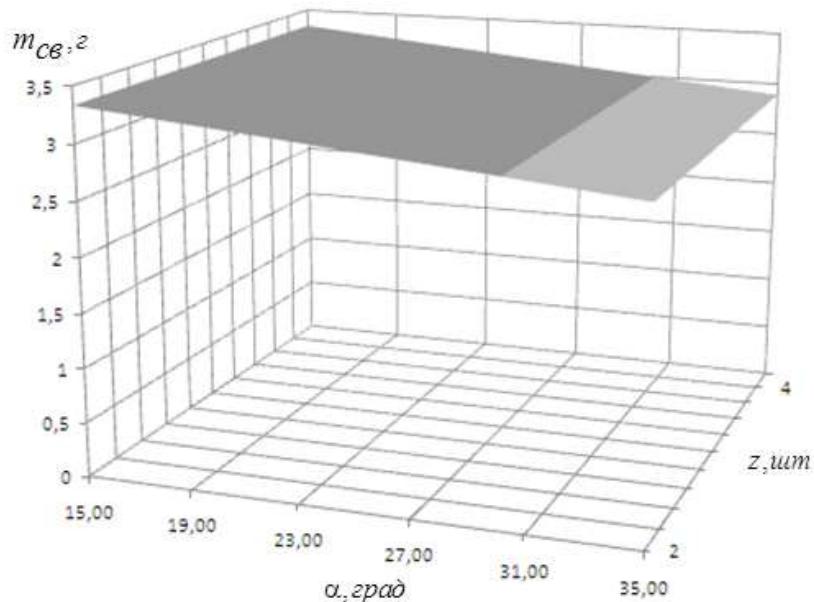
№ опыта	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>	№ опыта	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>
1	3,9	3,5	3,6	5	3,0	3,1	3,3
2	3,1	3,1	3,0	6	2,7	2,9	2,7
3	3,2	3,3	3,2	7	3,4	3,2	3,3
4	3,4	3,6	3,1	8	2,4	2,3	2,4

Обработка результатов экспериментальных исследований проводилась в соответствии с принятыми правилами теории вероятностей и математической статистики и использованием математического пакета MathCad. Статистическая обработка проводится с целью проверки его адекватности экспериментальным данным.

В результате получили уравнение регрессии в раскодированном виде:

$$y = 3,5475 + 0,000156\omega + 0,0091\alpha - 0,0000416\omega\alpha.$$

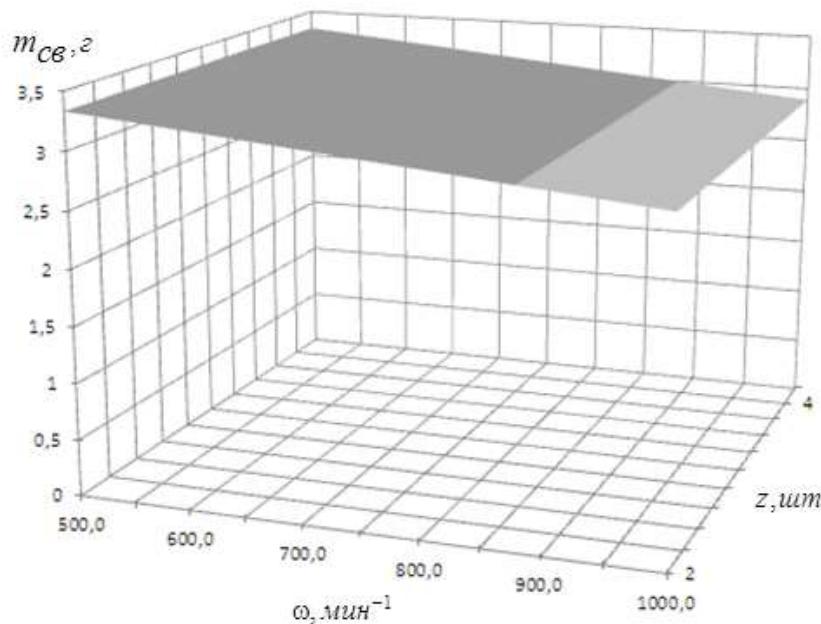
Для анализа полученного уравнения регрессии построены поверхности отклика, представленные на рисунках 2, 3, 4.



**Рис. 2. Зависимость количества сухого вещества в осадке от угла установки лопастей и их количества**

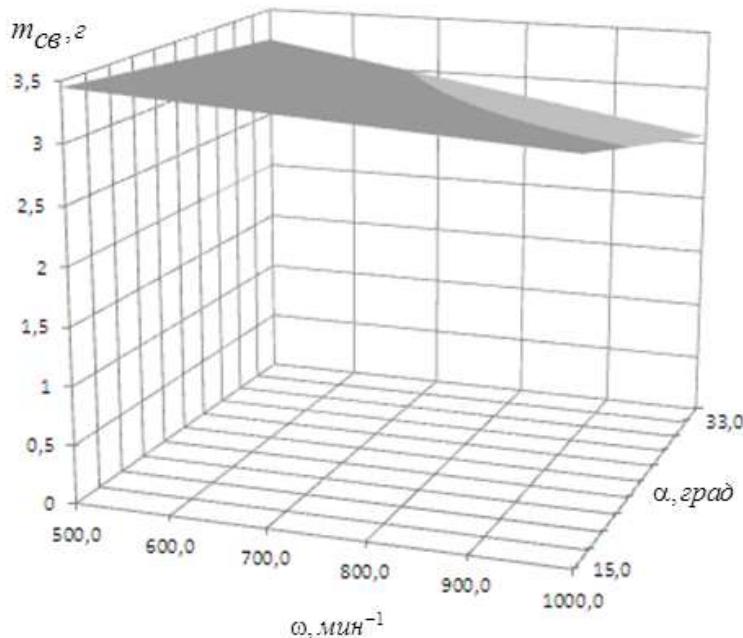
При анализе поверхностей отклика учитываем, что функция отклика  $у$  – количество сухого вещества в осадке  $m_{CB}$ , должна соответствовать гидротранспортабельности осадка жидкого навоза, а именно, количество сухого вещества в осадке должно соответствовать влажности осадка 92%. Опытным путем было установлено, что при влажности осадка 92% масса сухого вещества в пробе составляла не более 2,4 грамма.

Из графика на рисунке 2 видно, что значение параметра  $у$  соответствует гидротранспортабельности при угле установки лопастей  $\alpha$ , находящегося в пределах 33–35 градусов и практически не зависит от количества лопастей  $z$ .



**Рис. 3. Зависимость количества сухого вещества в осадке от частоты вращения мешалки гомогенизатора и количества лопастей на нем**

Анализ графика на рисунке 3 показал, что значение параметра  $u$  соответствует гидротранспортабельности навоза при частоте вращения рабочего органа мешалки  $\omega$ , находящейся в пределах  $950 - 1000 \text{ мин}^{-1}$  и практически не зависит от количества лопастей  $z$ .



**Рис. 4. Зависимость количества сухого вещества в осадке от частоты вращения мешалки гомогенизатора и угла установки лопастей**

В результате анализа графика на рисунке 4 было установлено, что значение параметра  $u$  обеспечивает гидротранспортабельность навоза при частоте вращения рабочего органа мешалки  $\omega$ , находящейся в пределах  $950 - 1000 \text{ мин}^{-1}$  и угле установки лопастей  $\alpha$ , находящегося в пределах  $33 - 35$  градусов.

**Выводы.** Полученные зависимости (рисунки 2 – 4) позволяют определить рациональные значения факторов для достижения гидротранспортабельности жидкого навоза в каналах гидравлических систем уборки навоза. Частота вращения рабочего органа мешалки должна находиться в пределах  $950 - 1000 \text{ мин}^{-1}$ , угол установки лопастей –  $33 - 35$  градусов, количество лопастей существенного влияния не оказывает.

### **Список литературы**

1. Семенов, М.Я. Бесподстилочный навоз и его использование для удобрения: / Пер. с нем. под ред. М. Я. Семенова. М.: Колос, 1978. 271 с.
2. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст] / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. –Л.: Колос, 1980.–168 с.