

И. И. Скорб¹, А. М. Волк²

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: igor.bgatu@mail.ru

²УО «Белорусский государственный технологический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГОМОГЕНИЗАЦИИ ЖИДКОГО НАВОЗА

Проведены экспериментальные исследования процесса гомогенизации жидкого навоза в замкнутом открытом канале мешалкой с лопастным рабочим органом и определены ее некоторые оптимальные параметры.

Ключевые слова: навоз, расслоение, влажность, гомогенизация, мешалка, лопасть.

I. I. Skorb¹, A. M. Volk²

¹Educational Establishment «Belarusian State Agrarian Technical University»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: igor.bgatu@mail.ru

²Educational Establishment «Belarusian State Technological University»
Minsk, Republic of Belarus

EXPERIMENTAL STUDY OF DEVICES FOR HOMOGENIZATION OF LIQUID MANURE

Experimental studies of the process of homogenization of liquid manure in a closed open channel by a stirrer with a paddle working organ have been carried out and some of its optimal parameters have been determined.

Keywords: manure, stratification, moisture, homogenization, agitator, blade.

Введение

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.

Основная часть

С целью обоснования конструктивных и режимных параметров мешалки проведены экспериментальные исследования, программой которых предусматривались:

- выявление априорным ранжированием факторов, оказывающих наибольшее влияние на качество гомогенизации навоза;
- проведение многофакторного эксперимента с использованием центрального композиционного ортогонального плана второго порядка 2³;

- 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 %, обеспечивающей 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 ω ($мин^{-1}$), угол установки лопастей α ($град.$), количество лопастей z ($шт.$), 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

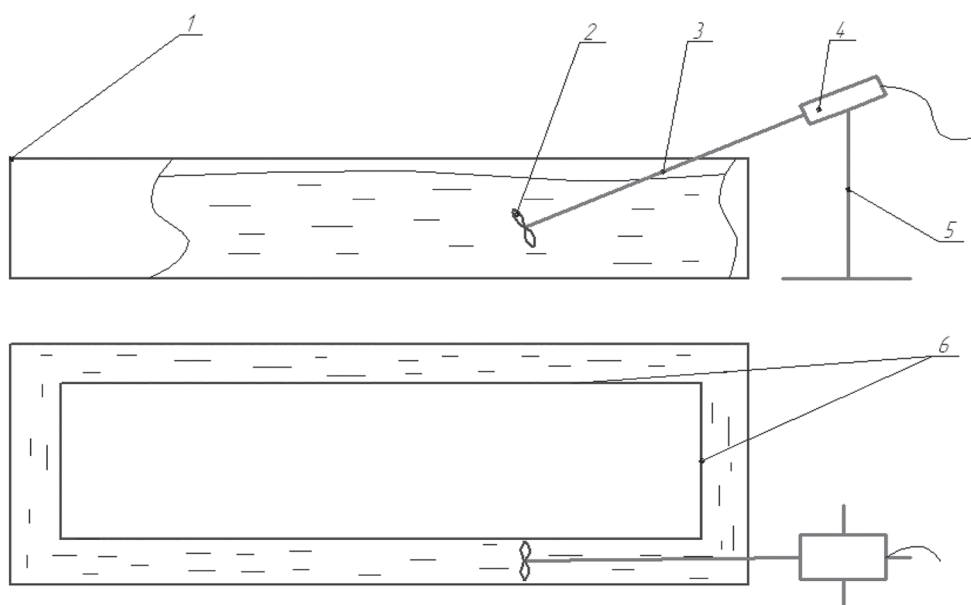
Показатель	Варьируемые факторы		
	ω , частота вращения мешалки, $мин^{-1}$	z , число лопастей мешалки, $шт.$	α , угол установки лопастей мешалки, $град.$
Кодовое обозначение факторов	x_1	x_2	x_3
Основные уровни ($x_i = 0$)	750	3	25
Интервалы варьирования	250	1	10
Нижние уровни ($x_i = -1$)	500	2	15
Верхние 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

Рисунок 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 $2 \times 0,6 \times 0,3$ м), в котором имеются перегородки 6, на стойке 5 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, отличающихся 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 силикатный клей, составляющий 5 % от всей массы. Готовый аналог жидкого навоза загружался в лабораторную установку и выдерживался 48 часов. За это время происходило его расслоение на нижний осадочный слой (осадок) и верхний слой (жидкая фракция). Измерения показали, что влажность нижнего осадочного слоя составила 78 %, верхнего – 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 воздействует 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_1	y_2	y_3	№ опыта	y_1	y_2	y_3
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 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.

При анализе поверхностей отклика учитываем, что функция отклика y – количество сухого вещества в осадке $m_{св}$, 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 г.

Из графика на рисунке 2 видно, что значение параметра y соответствует гидротранспортабельности при угле установки лопастей α , находящемся в пределах 33–35 градусов, и практически не зависит от количества лопастей z .

Анализ графика (рисунок 3) показал, что значение параметра y соответствует гидротранспортабельности навоза при частоте вращения рабочего органа мешалки ω , находящейся в пределах 950–1000 $мин^{-1}$, и практически не зависит от количества лопастей z .

В результате анализа графика (рисунок 4) было установлено, что значение параметра y обеспечивает гидротранспортабельность навоза при частоте вращения рабочего органа мешалки ω ,

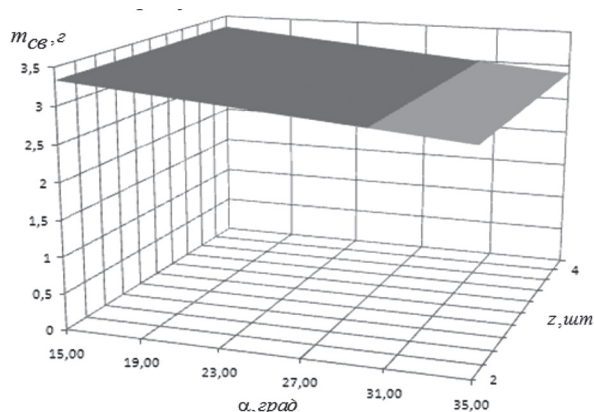


Рисунок 2. – Зависимость количества сухого вещества в осадке от угла установки лопастей и их количества

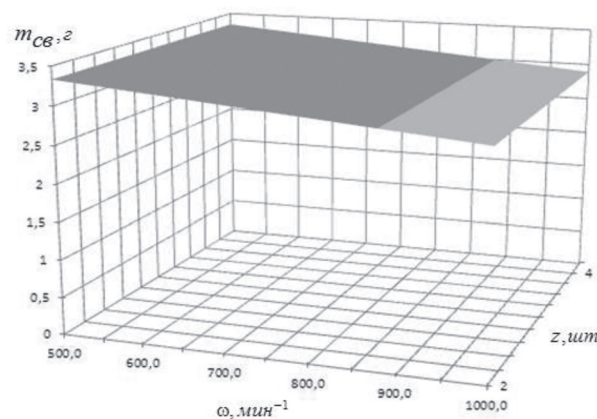


Рисунок 3. – Зависимость количества сухого вещества в осадке от частоты вращения мешалки гомогенизатора и количества лопастей в нем

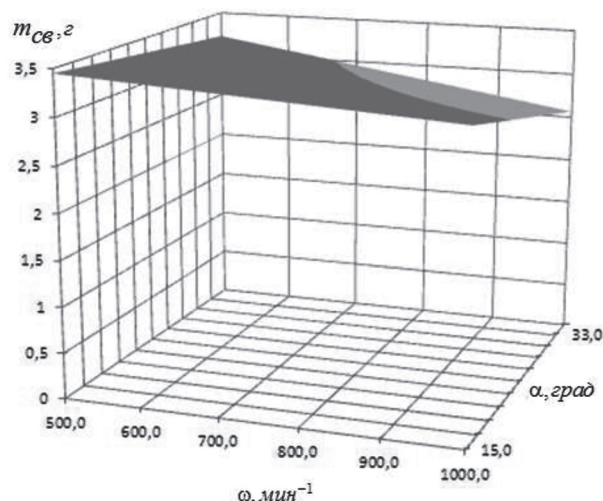


Рисунок 4. – Зависимость количества сухого вещества в осадке от частоты вращения мешалки гомогенизатора и угла установки лопастей

находящейся в пределах 950–1000 мин^{-1} , и угле установки лопастей α , находящемся в пределах 33–35 градусов.

Заключение

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 мин^{-1} , угол установки лопастей – 33–35 градусов, количество лопастей существенного влияния не оказывает.

Литература

1. 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 / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

УДК 631.333:631.862

Поступила в редакцию 29.10.2018
Received 29.10.2018

П. П. Бегун¹, К. М. Рассошенко²

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: behun@mail.ru

²ГУ «Белорусская МИС»

п. Привольный, Минский р-н, Минская обл., Республика Беларусь

e-mail: kostyarass@rambler.ru

НОВАЯ МАШИНА ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ПОЛУЖИДКОГО НАВОЗА

В статье дано описание устройства и работы новой самозагружающейся машины для внесения полужидкого навоза. Для качественного выполнения технологического процесса внесения навоза предложено дозирующее устройство, позволяющее повысить точность дозирования.

Ключевые слова: органические удобрения, навоз полужидкий, ротор, штанга, насос, дозатор, распределитель, смеситель, шнек.