

Тип статьи: научная
УДК 631.862.2
DOI: 10.35887/2305-2538-2024-4-40-50

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАСОСА-ПОНТОНА ДЛЯ ЛАГУН-НАВОЗОХРАНИЛИЩ

Юрий Александрович Киров¹, **Владимир Александрович Милюткин**²,
Всеволод Юрьевич Киров³, **Андрей Александрович Рябцев**⁴
^{1,2,3,4} Самарский государственный аграрный университет, Самарская область,
г. Кинель, Российская Федерация

¹ kirov.62@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6736-1263>

² oiapp@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8948-4862>

³ kirov.vsevolod@gmail.com

⁴ ryabtsevaa@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку: Юрий Александрович Киров, kirov.62@mail.ru
Corresponding author: Yuri Kirov, kirov.62@mail.ru

Реферат. Проанализированы основные методы приготовления органических удобрений из навозных стоков, поступающих со свиноводческих комплексов, в частности, одной из эффективных технологий является технология гомогенизации стоков в лагунах-навозохранилищах. Цель статьи заключается в обосновании конструкции и параметров насоса-понтонна для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений (ЖОУ) из лагун-навозохранилищ. Анализ исследований по проблеме гомогенизации и перекачки ЖОУ из лагун-навозохранилищ позволил сформулировать научные предпосылки для совершенствования рабочего процесса перемешивания навозных стоков в навозохранилищах и перекачки их к месту внесения в почву. Их суть заключается в обосновании конструктивных параметров транспортирующего шнека – длины, диаметра и частоты его вращения. Описана новая конструкция насоса-понтонна и представлена схема его расположения при изменении глубины лагуны-навозохранилища. Разработана схема рабочего процесса для насоса-понтонна, состоящая из трех этапов. Определены расход насоса, полная удельная энергия перекачиваемой жидкости при выходе из насоса и напор, создаваемый транспортирующим шнеком. Выполнен анализ сил, приложенных к точке в шнековой части насоса-понтонна, который позволил определить тригонометрические функции углового параметра. Проведены исследования по методике многофакторного эксперимента. Получена аналитическая зависимость изменения напора насоса от диаметра кожуха транспортирующего шнека и длины транспортирующего шнека при постоянной частоте вращения шнека. Построена графическая зависимость поверхности отклика. Полученные конструктивные параметры обеспечивают эффективное протекание рабочего процесса перекачки ЖОУ из лагуны-навозохранилища с заданными параметрами напора и расхода.

Ключевые слова: навозные стоки, утилизация, органические удобрения, лагуна-навозохранилище, гомогенизация, перекачка, насос-понтон.

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF A PONTOON PUMP FOR MANURE STORAGE FACILITIES

Yuri Kirov¹, **Vladimir Milyutkin**², **Vsevolod Kirov**³, **Andrey Ryabtsev**⁴
^{1,2,3,4} Samara State Agrarian University, Samara region, Kinel, Russian Federation

¹ kirov.62@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6736-1263>

² oiapp@mail.ru, <http://orcid.org/>

³ kirov.vsevolod@gmail.com

⁴ ryabtsevaa@yandex.ru

Abstract. *The main methods of preparing organic fertilizers from manure runoff coming from pig-breeding complexes are analyzed. In particular, one of the effective technologies is the technology of homogenization of runoff in lagoons-manure storages. The purpose of the article is to substantiate the design and parameters of the pontoon pump for homogenization and pumping of liquid organic fertilizers (LOF) from lagoons-manure storages. The analysis of studies on the problem of homogenization and pumping of LFO from lagoons-manure storages made it possible to formulate scientific prerequisites for improving the working process of mixing manure runoff in manure storages and pumping them to the place of application to the soil. Their essence lies in the substantiation of the design parameters of the transporting screw - length, diameter and frequency of its rotation. A new design of the pontoon pump is described and a diagram of its location when changing the depth of the lagoon-manure storage is presented. A diagram of the working process for the pontoon pump, consisting of three stages, is developed. The pump flow rate, the total specific energy of the pumped liquid at the pump outlet, and the pressure created by the conveying screw are determined. The analysis of the forces applied to a point in the conveying part of the pontoon pump is performed, which made it possible to determine the trigonometric functions of the angular parameter. Research is conducted using the multifactorial experiment technique. An analytical dependence of the change in the pump pressure on the diameter of the conveying screw casing and the length of the conveying screw at a constant screw rotation frequency is obtained. A graphical dependence of the response surface is constructed. The obtained design parameters ensure the efficient flow of the working process of pumping ZOU from the manure storage lagoon with the specified parameters of pressure and flow rate.*

Keywords: *manure drains, recycling, organic fertilizers, lagoon-manure storage, homogenization, pumping, pontoon pump.*

Для цитирования: Киров Ю.А., Милюткин В.А., Киров В.Ю., Рябцев А.А. Результаты экспериментальных исследований насоса-понтон для навозохранилищ // Наука в Центральной России Science in the Central Russia. 2024. Т. 70, № 4. С. 40-50. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-4-40-50>.

For citation: Kirov Yu., Milyutkin V., Kirov V., Ryabtsev A. The results of experimental studies of a pontoon pump for manure storage facilities. *Nauka v central'noj Rossii = Science in the Central Russia*: 2024; 70(4): 40-50. (In Russ.) <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-4-40-50>.

Введение. На современных комплексах по выращиванию свиноводческой продукции используют в основном гидравлический способ удаления навоза, в результате чего на выходе получают навозные стоки (бесподстилочный навоз), влажность которых достигает 98%. Навозные стоки свинокомплексов в переработанном виде представляют собой зараженную массу, относящуюся к третьему классу опасности [1, 2]. В месте с тем, существует достаточное количество способов переработки навозных стоков в ценные удобрения органического вида, после чего они могут вноситься в почву и способствовать повышению её плодородия. Одним из наиболее эффективных способов переработки стоков, поступающих со свинокомплексов с бесподстилочным содержанием животных, является систематическое их перемешивание в специальных навозохранилищах. В требованиях ГОСТА данный термин получил название – гомогенизация стоков. Гомогенизация, что в переводе с греческого языка означает «однородный», и применительно для навозных стоков представляет собой операции по предотвращению расслаивания неоднородной дисперсной массы высокой влажности путем барботаж или механического перемешивания их в специальных лагунах-навозохранилищах. Перемешивание и перекачка навозных стоков из лагуны-навозохранилища является предпоследним этапом в цепочке утилизации свиного навоза на органические удобрения перед непосредственным внесением его в почву [3, 4]. Несомненно, эта технологическая операция является одной из самых сложных, энергозатратных и длительных по времени, так как, внесение не отстоявшейся массы навозных стоков в почву крайне опасно. Соответственно, чтобы стать органическим удобрением должен пройти долгий процесс химического и бактериологического преобразования. Этот процесс по времени занимает от 6 месяцев до 3-х лет. Но данный срок можно сократить в несколько раз, применяя следующие технологии: постоянного барботажа навозных стоков в лагунах, внесения

специально подготовленных бактерий, применения аэробных установок. Благодаря этим технологиям процесс перехода навозных стоков в органическое удобрение может быть сокращен до 4-х месяцев в летний период [5, 6].

При транспортировании ЖОУ должны быть предусмотрены меры, обеспечивающие охрану окружающей среды, мест их погрузки и выгрузки от загрязнения. ЖОУ, навозные стоки от места хранения к полям их утилизации могут транспортироваться по шланговым системам, включающим специализированные насосные станции, плоскосворачиваемые шланги и агрегаты для внесения в почву [7, 8].

Обзор и анализ оборудования для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений из лагун-навозохранилищ позволил выявить схемы стационарных и мобильных миксеров и фекальных насосов, базирующихся, в основном, на мобильных машинах и работающих от вала отбора мощности. Для перемешивания навозной массы по всей поверхности лагуны-навозохранилища используют миксеры понтонного исполнения, которые ограничены одной операцией – гомогенизация [9]. В связи с этим, создание конструкции универсальной насосной установки понтонного типа, осуществляющей одновременно два технологических действия – гомогенизацию навозных стоков по всей поверхности лагуны-навозохранилища и перекачку приготовленных ЖОУ к месту их внесения является актуальной научно-технической задачей.

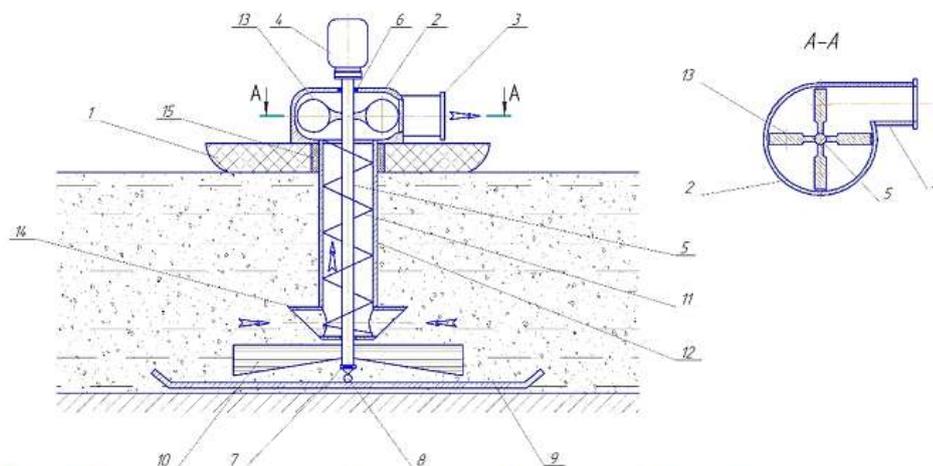
Цель исследований – обоснование конструкции и параметров универсальной насосной установки понтонного типа, осуществляющей гомогенизацию навозных стоков свинокомплексов и перекачку приготовленных ЖОУ из лагуны-навозохранилища.

Задачи исследований: обоснование эффективной конструктивно-технологической схемы универсальной насосной установки понтонного типа, осуществляющей гомогенизацию навозных стоков свинокомплексов и перекачку приготовленных ЖОУ из лагуны-навозохранилища; обоснование параметров рабочего процесса перекачки ЖОУ транспортирующим шнеком разработанного насоса-понтон.

Материалы и методы. Обзор и анализ научно-технической, патентной, специальной литературы и открытых источников по проблеме гомогенизации и перекачки ЖОУ из лагун-навозохранилищ позволил выявить научные предпосылки для совершенствования рабочего процесса перемешивания навозных стоков в навозохранилищах и транспортирования их к месту внесения в почву. Обоснование параметров рабочего процесса разработанного насоса-понтон проводилось на основе методики факторного анализа.

Результаты и их обсуждение. Результатом обзора и анализа был разработан опытный образец насосной установки понтонного типа – насос-понтон, прошедший испытания в условиях очистных сооружений свинокомплекса с бесподстилочным содержанием животных мощностью 1 тысяча голов в год (рисунок 1) [9].

Конструкция насоса-понтон представляет собой блочное сооружение с собственно понтоном водоизмещением 2 м³, на котором смонтированы блок перемешивания с донной плитой, транспортирующий шнек в кожухе с приемной камерой и нагнетательная камера. Понтон 1 водоизмещением 2 м³ служит основой для крепления на нем основных блоков насоса и погружается при помощи лебедки на поверхность заполненной навозными стоками со свинокомплекса лагуны-навозохранилища, герметичность которой обеспечивается специальной высокопрочной геопленкой. Фиксация насоса-понтон на дне лагуны происходит благодаря донной плите 9. Электродвигатель на понтоне передает вращательное движение рабочему органу 10, который осуществляет перемешивание с одновременным измельчением дисперсной среды навозных стоков на дне лагуны. Затем, подготовленная таким образом масса ЖОУ из лагуны поступает в приемную камеру 14, расположенную в нижней части кожуха 12. В кожухе 12 размещен транспортирующий шнек 11, благодаря которому масса ЖОУ доставляется по вертикали к нагнетательной камере 2. Далее масса ЖОУ лопатками 13 за счет создаваемого давления через патрубок 3 поступает в напорную магистраль для подачи к месту закачки или внесения в почву. Отклонения геометрических параметров насоса от вертикального положения во время рабочего процесса перекачивания массы ЖОУ насоса-понтон обеспечивается специальным стабилизатором 15.



1 – понтон; 2 - нагнетательная камера; 3 - патрубок; 4 - механизм привода; 5 – вал;
 6,7 - подшипники; 8 – шарнир; 9 – донная плита; 10 - измельчающий и перемешивающий рабочий орган; 11 - транспортирующий шнек; 12 - кожух; 13 - лопатки; 14 - приемная камера;
 15 - стабилизатор вертикальной устойчивости

Рисунок 1 - Схема насоса-понтон

При изменении глубины навозной массы в лагуне-навозохранилище положение насоса-понтон также меняется при сохранении вертикального положения (рисунок 2).

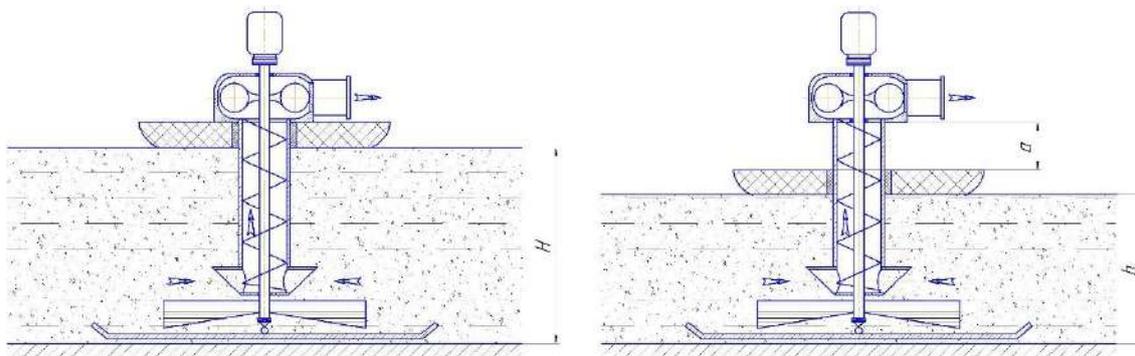


Рисунок 2 – Схема расположения насоса-понтон при изменении глубины лагуны-навозохранилища от H, м до h, м

Шнек в виде вала с навитой на него спиралью является основным рабочим органом водоподъемника. Используемая обычно трехзаходная спираль обеспечивает подачу воды и равнопрочность шнека при любом угле поворота. Окружная скорость шнека 2...5 м/с соответствует частоте вращения 20...100 мин⁻¹ в зависимости от диаметра шнека. Для получения такой частоты вращения приводной электродвигатель соединяют с валом шнека через редуктор [10].

Подача воды серийно выпускаемых за рубежом шнековых насосов колеблется от 15 до 5000 л/с при высоте подъема 6...7 м. Средний КПД шнекового насоса составляет около 0,7...0,75 и остается практически постоянным в большом диапазоне изменения подачи [11]. Шнековые насосы могут оказаться эффективными при перекачке сточных вод и осадка на высоту 5 - 8 м [12].

Разработанная схема (рисунок 3) рабочего процесса насоса-понтон имеет три основных этапа:
 Этап I – измельчение и перемешивание.

Этап II – перекачка и транспортирование шнековой частью насоса к нагнетательной камере.

Этап III – подача в напорную магистраль лопастной частью насоса-понтон.

Согласно уравнению Д. Бернулли, полный напор (или полная удельная энергия перекачиваемой жидкости при входе в насосную установку) в сечении 1-1 будет равен [13]:

$$H_{1-1} = Z_{1-1} \cdot g + \frac{P_{1-1}}{\rho} + \frac{v_{1-1}^2}{2} \quad (1)$$

где Z_{1-1} – геодезический напор в сечении 1-1, м; g – ускорение силы тяжести, м/с²; P_{1-1} – давление в сечении 1-1, Па; ρ – плотность жидкости, кг/м³; v – скорость движения жидкости в сечении 1-1, м/с.

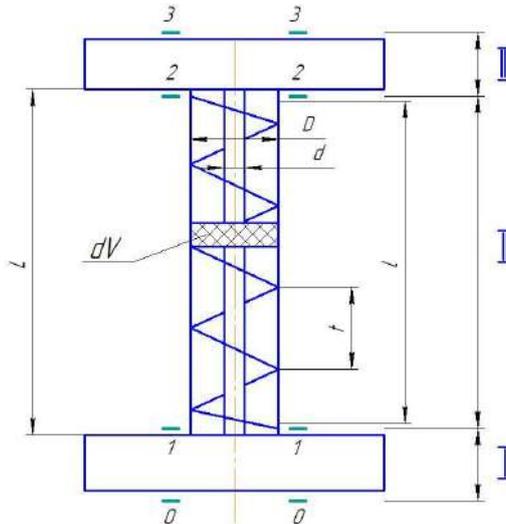


Рисунок 3 – Схема к расчету насоса-понтон

Полная удельная энергия перекачиваемой жидкости при выходе из насоса сечение 2-2

$$\mathcal{E}_{2-2} = Z_{2-2} \cdot g + \frac{P_{2-2}}{\rho} + \frac{v_{2-2}^2}{2} + h_{w2-2}, \quad (2)$$

где Z_{2-2} – высота центра тяжести сечения 2-2, м; P_{2-2} и v_{2-2} – соответственно абсолютное давление (Па) и скорость потока (м/с) в сечении 2-2.

Потери напора h_{w2-2} от сечения 1-1 до сечения 2-2 вычисляются по формуле Дарси-Вейсбаха и будут равны

$$h_w = \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{v_{2-2}^2}{2g}, \quad (3)$$

где λ – коэффициент Дарси-Вейсбаха представляет потери напора по длине (или на трение) участка l , м; l – длина участка от сечения 1-1 до сечения 2-2, м; D – диаметр транспортирующего шнека, м; v_{2-2} – скорость движения воды в сечении 2-2, м/с.

Или потери давления на участке от сечения 1-1 до сечения 2-2

$$\Delta P = \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{v_{2-2}^2}{2g} \cdot \rho, \quad (4)$$

где ρ – плотность перекачиваемой массы, кг/м³.

Следовательно, напор, создаваемый транспортирующим шнеком, будет определяться выражением

$$H = (Z_{2-2} - Z_{1-1}) + \frac{P_{2-2} - P_{1-1}}{\rho g} + \frac{v_{2-2}^2 - v_{1-1}^2}{2g} + \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{v_{2-2}^2}{2g}, \quad (5)$$

Тогда расход Q будет равен

$$Q = \frac{\pi}{4} (D - d)^2 \sqrt{\frac{[(Z_{1-1} - Z_{2-2}) + \frac{(P_{1-1} - P_{2-2})}{\rho g}] \cdot 2g}{1 + \lambda \frac{l}{D}}}, \quad (6)$$

Параметры транспортирующего шнека насоса-понтон определяются самим шнеком, представляющим собой ленту, навитую на вал с соответствующим шагом, причем профиль образованной лопатки шнека представлен с острыми кромками на входе и выходе, составляющей,

по данным предыдущих исследователей, 35...50% от диаметра. Причем, толщина лопатки шнека влияет на проходное сечение [14].

Для условий (рисунок 4): G – собственная масса частицы, m ; N_k – центробежная сила, соответствующая давлению стенки кожуха насоса на частицу, H ; N_1 – сила нормального давления на поверхность винта шнека, H ; $f_1 N_1$ – трения о виток, H ; $f_2 N_2$ – трения на стенке кожуха, H .

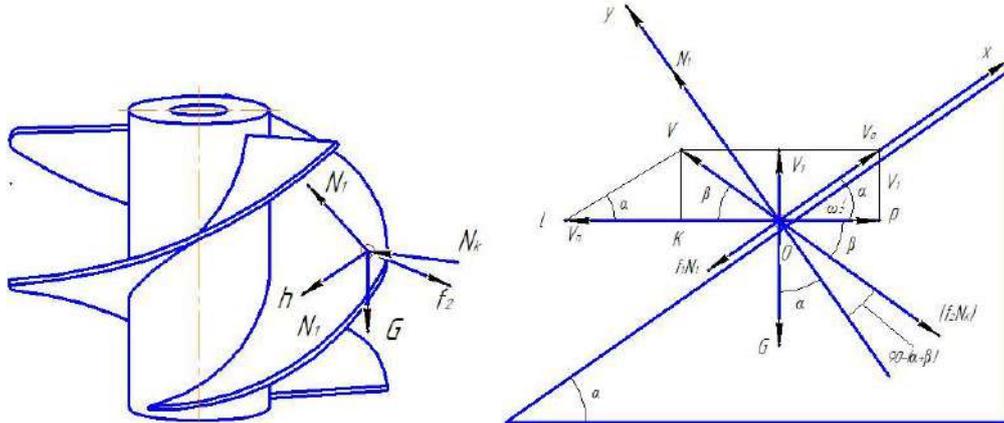


Рисунок 4 – Анализ сил, приложенных к точке в шнековой части

Имеем случай движения, когда материальная точка находится: в относительном движении – вдоль витка транспортирующего шнека; в переносном движении – вместе с витком транспортирующего шнека; в абсолютном движении – по винтовой траектории, которую она очерчивает по поверхности кожуха транспортирующего шнека [14].

Соответствующие угловые скорости будут: ω^1 , ω_0 и $(\omega_0 - \omega^1)$.

Осевая скорость

$$v_1 = \omega^1 \cdot r \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (7)$$

Из условия равновесия получаем выражение

$$\frac{r \omega_0^2}{g} = \frac{(f_1 \cos \alpha + \sin \alpha) \sqrt{\cos^2 \alpha + \left(\frac{\omega^1}{\omega_0}\right)^2 - 2 \frac{\omega^1}{\omega_0} \cos^2 \alpha}}{\left(1 - \frac{\omega^1}{\omega_0}\right)^2 \cdot f_2 \left[\cos^2 \alpha - \left(\frac{\omega^1}{\omega_0}\right)^2 - f_1 \sin \alpha \cos \alpha\right]}. \quad (8)$$

Тригонометрические функции углового параметра β в этом случае имеют вид:

$$\sin \beta = \frac{\omega^1}{\omega_0} \cdot \frac{\sin \alpha}{\sqrt{\cos^2 \alpha + \left(\frac{\omega^1}{\omega_0}\right)^2 - 2 \frac{\omega^1}{\omega_0} \cos^2 \alpha}}; \quad (9)$$

$$\cos \beta = \left(1 - \frac{\omega^1}{\omega_0}\right) \cdot \frac{\cos \alpha}{\sqrt{\cos^2 \alpha + \left(\frac{\omega^1}{\omega_0}\right)^2 - 2 \frac{\omega^1}{\omega_0} \cos^2 \alpha}}. \quad (10)$$

Для определения влияния геометрических и технологических параметров насоса-понтон на процесс перекачки жидких органических удобрений проведены исследования по методике многофакторного планирования эксперимента [15].

С целью составления математической модели влияния геометрических параметров насоса-понтон на создаваемый напор реализован симметричный квази - D - оптимальный план Песочинского для трёх факторов. На основании предварительных опытов было определено, что наибольшее влияние оказывают следующие факторы: диаметр кожуха транспортирующего шнека D ; длина транспортирующего шнека L ; частота вращения вала транспортирующего шнека n (таблица 1)

Таблица 1 - Уровни и интервалы варьирования основных факторов при регрессионном анализе

Уровни варьирования факторов	Факторы			Факторы в кодированном виде		
	D, м	L, м	n, об/мин	X ₁	X ₂	X ₃
Верхний	0,75	0,32	800	+1	+1	+1
Основной	0,70	0,25	700	0	0	0
Нижний	0,65	0,18	600	-1	-1	-1
Интервал варьирования	0,05	0,07	100	1	1	1

Для определения возможности проведения регрессионного анализа рассчитали однородности дисперсий параллельных опытов по критерию Кохрена:

$$S_{V_{MAX}}^2 = 0,693; \sum_{V_n=1}^{N_n} S_V^2 = 3,21; G_{расч} = 0,216; \quad (11)$$

где $S_{V_{MAX}}^2$ – наибольшая дисперсия; $\sum_{V_n=1}^{N_n} S_V^2$ – сумма дисперсий опытов.

Табличное значение G' – критерий Кохрена при уровне значимости 0,05 и числе степеней свободы $f=n-1=2$ и числе опытов $N=13$ $G' = 0,373$.

Так как расчетное значение критерия Кохрена меньше табличного, то гипотеза однородности параллельных опытов принимается.

Тогда дисперсия воспроизводимости измерений будет равна:

$$S^2 = S^2(y) = 0,25$$

Проведенные вычисления дали следующие значения коэффициентов регрессии выбранной математической модели:

$$\begin{array}{lll} b_0 = 73,200 & b_{11} = 1,196 & b_{22} = 1,196 \\ b_1 = -3,200 & b_{12} = -0,175 & b_{23} = 0,025 \\ b_2 = -4,017 & b_{13} = 0,142 & b_{22} = 1,196 \\ b_3 = -1,033 & & b_{33} = 5,463 \end{array}$$

Подсчитав дисперсии, среднеквадратические ошибки и ковариации определения коэффициентов регрессии:

$$\begin{array}{ll} S_{b_0}^2 = 0,247; & S_{b_0} = 0,4967; \\ S_{b_i}^2 = 0,031; & S_{b_i} = 0,176; \\ S_{b_{ij}}^2 = 0,062; & S_{b_{ij}} = 0,248; \\ S_{b_{ii}}^2 = 0,108; & S_{b_{ii}} = 0,329; \\ COV_{b_0 b_{ii}} = -0,123; & COV_{b_{ii} b_{jj}} = 0,046. \end{array}$$

Определили значимость коэффициентов регрессии по t_i – критерию Стьюдента для 5% уровня значимости и числа степеней свободы 26: $t_{кр} = 2,06$.

В нашем случае коэффициенты уравнения регрессии b_{12} , b_{13} , b_{23} оказались незначимыми, так как $t_{расч} < t_{кр}$, их можно исключить без пересчета остальных. Тогда уравнение регрессии примет вид:

$$y = 73,2 - 3,2x_1 - 4,017x_2 - 1,033x_3 + 1,196x_1^2 + 1,196x_2^2 + 5,463x_3^2 \quad (12)$$

Заменяя в уравнении регрессии кодовые значения факторов на натуральные по формулам:

$$x_1 = \frac{D-0,7}{0,05}; x_2 = \frac{S-0,25}{0,07}; x_3 = \frac{n-700}{100}. \quad (13)$$

получим уравнение регрессии в натуральном раскодированном виде:

$$H = 656,94 + 0,000546n^2 - 0,775n + 244,08L^2 - 179,43S + 478,4D^2 - 733,76D \quad (14)$$

Адекватность полученной модели определяли по критерию Фишера F :

$$F_{10;26}^{\text{расч}} = 1,08$$

Дисперсия неадекватности $S_{\text{неад}}^2$ при равномерном дублировании опытов составила:

$$S_{\text{неад}}^2 = 0,266$$

Табличное значение критерия Фишера F при уровне значимости 5% и числе степеней свободы $f_{ad} = 2$, $f_y = 26$, будет $F_{\text{таб.л}} = 3,388$.

Оптимальное значение напора, создаваемого в магистрали насосом-понтонем, составляет около 7,2 м, которое должно обеспечиваться при производительности $Q=10 \text{ м}^3/\text{ч}$.

После подстановки в уравнение регрессии в натуральном раскодированном виде соответствующих значений основных факторов, графически построим поверхности отклика.

Аналитическая зависимость изменения напора H от диаметра кожуха транспортирующего шнека D и длины транспортирующего шнека L при частоте вращения $n = 700 \text{ об/мин}$ примет вид:

$$H(L; D) = 382,02 + 244,08S^2 - 179,43S + 478,4D^2 - 733,76D \quad (15)$$

Для графического определения оптимальных геометрических и технологических параметров насоса-понтонна воспользуемся построением поверхностей отклика.

На рисунке 5 представлена поверхность отклика $H(L; D)$ при частоте вращения транспортирующего шнека $n = 700 \text{ об/мин}$.

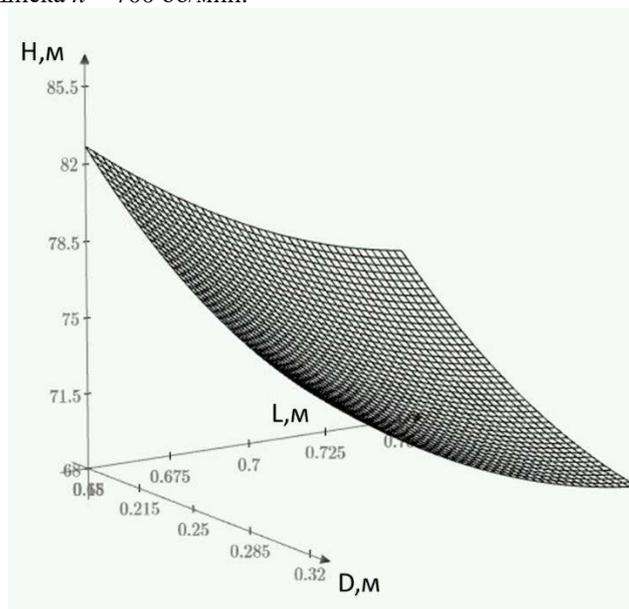


Рисунок 5 – Зависимость изменения напора H от диаметра кожуха транспортирующего шнека D и длины транспортирующего шнека L при частоте вращения шнека насоса-понтонна $n = 700 \text{ об/мин}$

Для обеспечения данной величины напора необходимы следующие геометрические и технологические параметры насоса-понтонна:

- диаметр кожуха транспортирующего шнека $D = 0,21 \dots 0,24 \text{ м}$;
- длина транспортирующего шнека $L = 0,69 \dots 0,74 \text{ м}$;
- частота вращения вала транспортирующего шнека $n = 670 \dots 730 \text{ об/мин}$.

Выбранные конструктивные параметры обеспечат эффективное протекание процесса перекачки жидких органических удобрений из лагуны-навозохранилища с заданными значениями напора и расхода.

Заключение. В результате проведенных исследований была разработана и обоснована конструктивно-технологическая схема насоса-понтон для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений из лагун-навозохранилищ. Выполнен теоретический анализ рабочего процесса насоса-понтон. Обоснованы напорно-расходные характеристики насоса-понтон, его геометрические и технологические параметры и их влияние на процесс перекачки жидких органических удобрений по методике многофакторного планирования эксперимента.

Список источников

1. Бондаренко, А. М. Подготовка органических удобрений на свиноводческих фермах / А. М. Бондаренко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. – № 3. – С. 3-4.
2. Анализ современных технологий использования животноводческих стоков / П. Ф. Тиво, А. С. Анженков, Л. А. Саскевич, Е. А. Бут // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2017. № 3(81). С. 54-63.
3. Гриднев П.И., Гриднева Т.Т. Влияние технологических и технических решений на функционирование систем утилизации навоза // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019. № 4(36). С. 24-32.
4. Киров Ю.А., Киров В.А., Кирова Ю.З., Петушков А.В. Рациональная технология утилизации навозных стоков свинокомплексов на органические удобрения с выработкой биогаза // Наука в Центральной России. 2023. Т. 62, № 2. С. 65-73.
5. Киров, В. Ю. Перекачка жидких органических удобрений из навозохранилищ / В. Ю. Киров, В. А. Милюткин, Ю. А. Киров // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства : Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 13–14 февраля 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 56-59.
6. ГОСТ 33830-2016 Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия. - М.: Стандартинформ, 2016. - 12 с.
7. ГОСТ 31839-2012. Насосы и агрегаты насосные для перекачки жидкостей. Общие требования безопасности. - М.: Стандартинформ, 2013. - 26 с.
8. Катышев, Л. Н. Выбор технологий и технических средств для откачки осадка сточных вод и животноводческих стоков из прудов-накопителей с применением средств гидромеханизации / Л. Н. Катышев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № S4. – С. 395-405.
9. Пат. 214495 Российская Федерация, МПК7 A01C 3/00. Насос-понтон для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений / Ю.А. Киров, В.А. Милюткин, Д.Н. Котов, В.Ю. Киров, А.А. Рябцев, В.А. Киров, Ю.З. Кирова, С.В. Денисов ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» - № 2022123853 ; заяв. 08.09.2022; опубл. 01.11.2022, Бюл. №31. - 5 с.
10. Швед, И. М. Диспергирование навоза в закрытых навозохранилищах миксером с самоочищающимися лопастями / И. М. Швед. – Минск: БГАТУ, 2020. – 140 с.
11. Трифанов, А. В. Теоретические предпосылки расчета устройства для перемешивания жидкого свиного навоза в навозохранилищах / А. В. Трифанов, О. В. Ворожцов // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2014. – № 85. – С. 127-136.
12. Скорб, И. И. Экспериментальные исследования гомогенизатора с лопастным рабочим органом при гомогенизации жидкого навоза в открытом замкнутом канале / И. И. Скорб // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. – № 1(41). – С. 137-141.
13. Григорьев, А.М. Винтовые конвейеры / А.М. Григорьев. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
14. Исаев, Ю. М. Технология перемещения сыпучих и жидких сельскохозяйственных материалов спирально-винтовыми рабочими органами: специальность 05.20.01 "Технологии и

средства механизации сельского хозяйства": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Исаев Юрий Михайлович. – Рязань, 2006. – 35 с.

15. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – Москва: Наука, 1976. – 279 с.

References

1. Bondarenko, A.M. Preparation of organic fertilizers on pig farms / A.M. Bondarenko // Mechanization and electrification of agriculture. - 2005. – No. 3. – pp. 3-4.
2. Analysis of modern technologies for the use of livestock effluents / P. F. Tivo, A. S. Anzhenkov, L. A. Saskevich, E. A. Booth // Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Animal Husbandry Mechanization. 2017. No. 3(81). pp. 54-63.
3. Gridnev P.I., Gridneva T.T. The influence of technological and technical solutions on the functioning of manure disposal systems // Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Animal Husbandry Mechanization. 2019. No. 4(36). pp. 24-32.
4. Kirov Yu.A., Kirov V.A., Kirova Yu.Z., Petushkov A.V. Rational technology of utilization of pig manure runoff for organic fertilizers with biogas production // Science in Central Russia. 2023.
5. Kirov, V. Yu. Pumping liquid organic fertilizers from manure storage facilities / V. Yu. Kirov, V. A. Milyutkin, Yu. A. Kirov // Resource-saving technologies and technical means for the production of crop and livestock products: Collection of articles of the VIII International Scientific and Practical Conference, Penza, February 13-14, 2023. – Penza: Penza State Agrarian University, 2023. – pp. 56-59.
6. GOST 33830-2016 Organic fertilizers based on animal husbandry waste. Technical specifications. - M.: Standartinform, 2016. - 12 p.
7. GOST 31839-2012. Pumps and pumping units for pumping liquids. General safety requirements. - M.: Standartinform, 2013. - 26 p.
8. Katyshev, L. N. The choice of technologies and technical means for pumping sewage sludge and livestock effluents from storage ponds using means of hydromechanization / L. N. Katyshev // Mining information and analytical bulletin. - 2006. – No. S4. – pp. 395-405.
9. Pat. 214495 Russian Federation, IPC7 A01C 3/00. Pontoon pump for homogenization and pumping of liquid organic fertilizers / Yu.A. Kirov, V.A. Milyutkin, D.N. Kotov, V.Yu. Kirov, A.A. Ryabtsev, V.A. Kirov, Yu.Z. Kirova, S.V. Denisov; applicant and patent holder of the Samara State Agrarian University - No. 2022123853; application. 08.09.2022; publ. 01.11.2022, Issue No. 31. - 5 p.
10. Shved, I. M. Dispersion of manure in closed manure storage facilities with a mixer with self-cleaning blades / I. M. Shved. – Minsk: BGATU, 2020. – 140 p.
11. Trifanov, A.V. Theoretical prerequisites for calculating a device for mixing liquid pig manure in manure storage facilities / A.V. Trifanov, O. V. Vorozhtsov // Technologies and technical means of mechanized production of crop production and animal husbandry. - 2014. – No. 85. – pp. 127-136.
12. Skorb, I. I. Experimental studies of a homogenizer with a bladed working organ during the homogenization of liquid manure in an open closed channel / I. I. Skorb // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. – 2019. – № 1(41). – Pp. 137-141.
13. Grigoriev, A.M. Screw conveyors / A.M. Grigoriev. – M.: Mashinostroenie, 1972. – 184 p.
14. Isaev, Yu. M. Technology of movement of bulk and liquid agricultural materials by spiral-screw working bodies : specialty 05.20.01 "Technologies and means of mechanization of agriculture" : abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences / Isaev Yuri Mikhailovich. – Ryazan, 2006. – 35 p.
15. Adler, Yu.P. Planning an experiment in the search for optimal conditions [Text] / Yu.P. Adler, E.V. Markova, Yu.V. Granovsky. – Moscow : Nauka, 1976. – 279 p.

Информация об авторах

Ю.А. Киров – доктор технических наук, доцент; В.А. Милюткин – доктор технических наук, профессор; В.Ю. Киров – аспирант; А.А. Рябцев – аспирант.

Information about the authors

Yu. Kirov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; V. Milyutkin – Doctor of Technical Sciences, Professor; V. Kirov – postgraduate student; A. Ryabtsev – postgraduate student.

Вклад авторов все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 08.06.2024 Принята к публикации (Accepted): 15.08.2024