

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.862.2

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-1-13-19>

Обоснование конструктивно-технологической схемы насоса-понтонна для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений из лагун-навозохранилищ

Ю.А. Киров¹, В.А. Милюткин², В.Ю. Киров³, А.А. Рябцев⁴^{1,2,3,4} Самарский государственный аграрный университет; г. Кинель, Россия¹ 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.com⁴ ryabtsevaa@yandex.ru

Аннотация. Жидкие навозные стоки свинокомплексов после некоторой подготовки могут применяться в качестве удобрений. С целью обоснования конструктивно-технологической схемы насоса-понтонна для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений из лагун-навозохранилищ проведен анализ научно-технической и специальной литературы, а также выполнены патентные исследования способов и устройств для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений из лагун-навозохранилищ. Разработанная технологическая схема насоса-понтонна представляет собой три основных этапа: измельчение и перемешивание в дисмембраторе, перекачка и транспортирование шнековой частью насоса к нагнетательной камере, подача в напорную магистраль лопастной частью насоса-понтонна. По методике многофакторного планирования эксперимента определены параметры, оказывающие наибольшее влияние на процесс перекачки жидких органических удобрений: диаметр кожуха транспортирующего шнека, длина транспортирующего шнека и частота вращения его вала. Обоснована конструктивно-технологическая схема насоса-понтонна, в которой рабочий орган – дисмембратор, измельчая и перемешивая грубодисперсную массу (жидкие органические удобрения), повышает эффективность их гомогенизации и перекачки из лагун животноводческих комплексов. Основным рабочим органом насосной части является транспортирующий шнек, представляющий собой вал с навитой на него трехзаходной спиралью. Поиск опыты проводились в производственных условиях очистных сооружений свинокомплекса «Кировский», рассчитанного на 30 тыс. гол. при бесподстилочном содержании. Проведенные исследования позволили обосновать эффективную конструктивно-технологическую схему насоса-понтонна для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений из лагун-навозохранилищ, рассчитать основные параметры его рабочего процесса и построить напорно-расходную характеристику предлагаемой конструкции опытного образца насоса-понтонна.

Ключевые слова: насос-понтон, насос-понтон для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений, навозные стоки, жидкие органические удобрения, дисмембратор, лагуна-навозохранилище, утилизация отходов животноводческих комплексов

Для цитирования: Киров Ю.А., Милюткин В.А., Киров В.Ю., Рябцев А.А. Обоснование конструктивно-технологической схемы насоса-понтонна для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений из лагун-навозохранилищ // *Агроинженерия*. 2024. Т. 27. № 1. С. 13-19. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-1-13-19>

ORIGINAL ARTICLE

Rationale for the design and workflow diagram of a pontoon pump for homogenization and pumping of liquid organic fertilizers from manure lagoons

Yu.A. Kirov¹, V.A. Milyutkin², V.Yu. Kirov³, A.A. Ryabtsev⁴^{1,2,3,4} Samara State Agrarian University; Kinel, Russia¹ 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.com⁴ ryabtsevaa@yandex.ru

Abstract. Liquid manure effluents of pig farms can be used as fertilizers after some treatment. In order to substantiate the design and technological scheme of the pontoon pump for homogenization and pumping of liquid organic fertilizers

from manure lagoons and reservoirs, the authors analyzed scientific, technical and special literature, as well as carried out patent research of relevant methods and devices. The developed technological scheme of a pontoon pump represents three main stages: grinding and mixing in the dismembrator, pumping and transportation by the screw part of the pump to the discharge chamber, feeding into the pressure line by the vane part of the pontoon pump. According to the method of multifactor experiment planning, the parameters having the greatest influence on the pumping of liquid organic fertilizers have been determined: the diameter of the auger conveyer casing, the length of the auger conveyer, and the shaft speed. The paper provides a rationale for a design and workflow diagram of the pontoon pump with a dismembrator. This working element crushes and mixes coarse-dispersed mass (liquid organic fertilizers), and thus increases the efficiency of their homogenization and pumping from the manure lagoons of livestock facilities. The main working element of the pumping part is the auger conveyer, which is a shaft with a three-round spiral coiled on it. Search experiments were carried out in production conditions of treatment facilities of the "Kirovsky" pig farm designed for 30 thousand pigs kept litter-free. The conducted researches determined the effective design and technological scheme of the pontoon pump used for homogenization and pumping of liquid organic fertilizers from manure lagoons. Based on the results, we calculated its main operating parameters and built the pressure-flow characteristic of the proposed design of a pontoon pump prototype.

Keywords: pontoon pump, pontoon pump for homogenization and pumping of liquid organic fertilizers, manure effluent, liquid organic fertilizers, dismembrator, manure lagoon, waste disposal of livestock farms

For citation: Kirov Yu.A., Milyutkin V.A., Kirov V.Yu., Ryabtsev A.A. Rationale for the design and workflow diagram of a pontoon pump for homogenization and pumping of liquid organic fertilizers from manure lagoons. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2025;27(1):13-19 (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-1-13-19>

Введение

Утилизация отходов животноводческих комплексов – в частности, свиноводческих, всегда являлась важной проблемой. На свинокомплексах образуются навозные стоки влажностью до 98%, которые в переработанном виде представляют собой ценное органическое удобрение [1-3]. В настоящее время утилизация животноводческих стоков осуществляется устаревшим методом, который заключается в отстаивании в незащищенных от осадков лагунах и дальнейшей перекачке «чистых» стоков на поля [4]. Необходимо разработать эффективную технологию переработки навозных стоков в органические удобрения и технические средства для их гомогенизации и перекачки [5].

Для гомогенизации жидких органических удобрений в лагунах-навозохранилищах используются мешалки и миксеры [6, 7]. Насосное оборудование, как правило, используется отдельно. Анализ конструкций насосов для перемешивания и перекачки жидких навозных стоков типа НЖН-200 и НЦИ-100 показал, что насос НЖН-200 изготавливается в стационарном (на раме или на салазках) и передвижном (на колесах) исполнении, а насос НЦИ-100 эксплуатируется в стационарном положении (вертикальном или наклонном). Данные конструкции имеют существенный недостаток – ограниченную мобильность, то есть технологический процесс может осуществляться лишь в отдельных ограниченных местах навозохранилища, и перемещение насосных установок производится при помощи трактора, что увеличивает трудоемкость всего процесса¹.

¹ ЗАО «БЕЛНАСОСПРОМ». URL: <https://nasosprom.by/services/nasosy/nasosy-dlya-zagryaznennoy-vody> (дата обращения: 31.08.2024).

Патентный анализ устройств позволил выявить наиболее перспективные в использовании конструкции для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений (навозных стоков) из лагун-навозохранилищ [8-12]. Наиболее эффективной является конструкция насоса-понтон, позволяющая осуществлять процесс перемешивания (гомогенизации) и перекачки жидких навозных стоков по всей поверхности навозохранилища за счет понтонной части [12].

Цель исследований: обоснование конструктивно-технологической схемы насоса-понтон для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений из лагун-навозохранилищ.

Материалы и методы

Проведен анализ научно-технической и специальной литературы, а также осуществлен патентный поиск способов и устройств для гомогенизации и перекачки навозных стоков из лагун-навозохранилищ. Поисковые опыты проводились в производственных условиях очистных сооружений свинокомплекса «Кировский» Красноармейского района Самарской области. Свинокомплекс рассчитан на 30 тыс. гол. при бесподстильном содержании и использовании гидросмыва для удаления навоза. Местом проведения испытаний являлась лагуна-навозохранилище, дно которой покрыто геопленкой (рис. 1).

Результаты и их обсуждение

Выгодным отличием разработанной конструкции насосной установки [13] от известных является наличие перемешивающего и измельчающего устройства (дисмембратора), позволяющего подавать более однородную смесь навозных стоков в рабочую зону перекачки.



Рис. 1. Работа стандартного миксера в лагуне-навозохранилище свинокомплекса «Кировский»

Fig. 1. Operation of a standard mixer in a manure storage lagoon of the “Kirovsky” pig farm

Насос-понтон (рис. 2) [13] для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений содержит понтон 1 с размещенной на нем нагнетательной камерой 2 с патрубком 3, механизм привода 4, соединенный с валом 5, закрепленным в подшипниках 6 и 7, нижний свободный конец которого через шарнир 8 закреплен на неподвижном штифтовом диске 9 дисмембратора 10. Кроме того, на валу 5 размещены: подвижный штифтовый диск 11 дисмембратора 10, транспортирующий шнек 12, размещенный в кожухе 13, и лопатки 14. Нижняя часть кожуха 13 соединена с приемной камерой 15, а верхняя часть кожуха 13 свободно насажена на стабилизатор 16 вертикальной устойчивости.

Работает насос-понтон следующим образом. Рабочая часть насоса крепится на понтоне 1 и погружается в лагуну животноводческого комплекса. Через шарнир неподвижного штифтового диска 9 дисмембратора 10 насос-понтон фиксируется по глубине лагуны. Находящееся в лагуне жидкое органическое

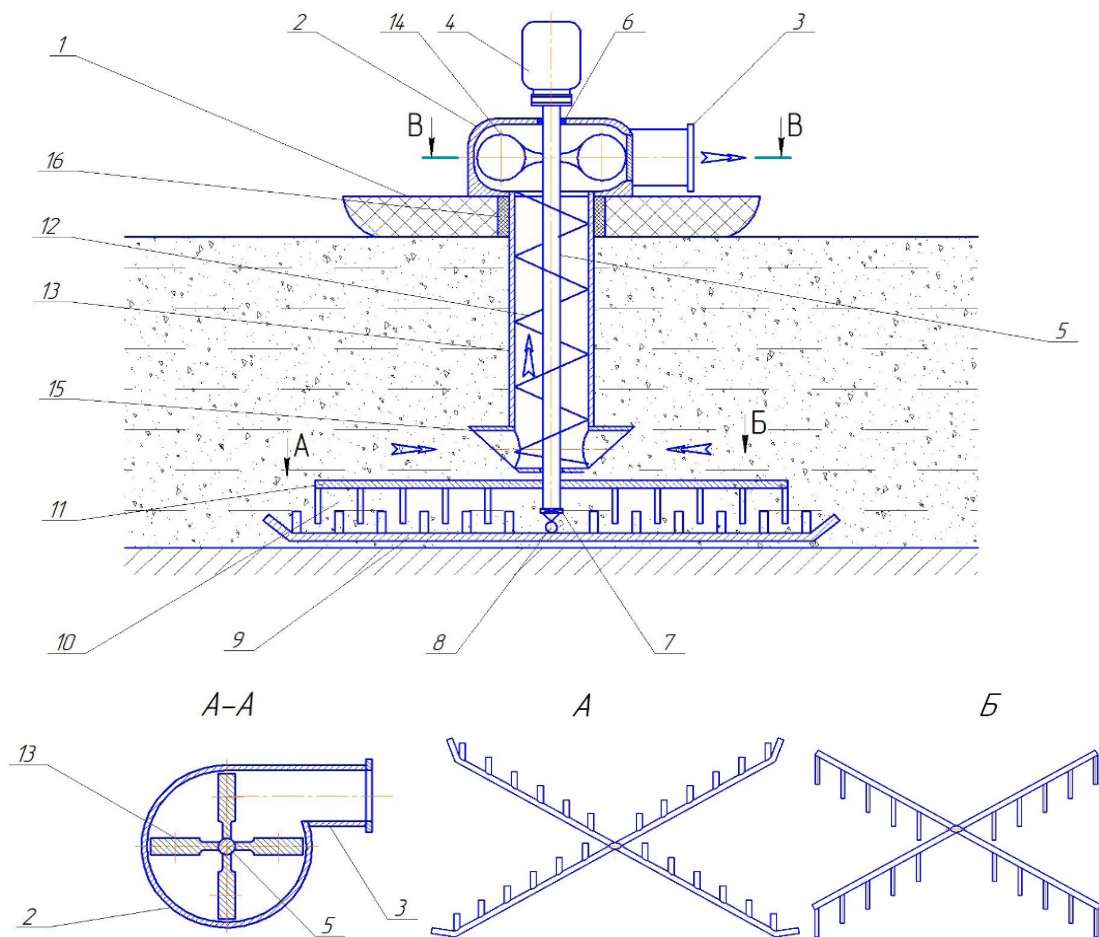


Рис. 2. Насос-понтон для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений:
 1 – понтон; 2 – нагнетательная камера; 3 – патрубок; 4 – механизм привода; 5 – вал; 6 и 7 – подшипники; 8 – шарнир; 9 и 11 – неподвижный и подвижный штифтовый диск; 10 – дисмембратор; 12 – транспортирующий шнек; 13 – кожух; 14 – лопатки; 15 – приемная камера; 16 – стабилизатор

Fig. 2. Pontoon pump for homogenization and pumping of liquid organic fertilizers:
 1 – pontoon; 2 – discharge chamber; 3 – branch pipe; 4 – drive mechanism; 5 – shaft; 6 and 7 – bearings; 8 – hinge; 9 and 11 – fixed and movable pin discs; 10 – diaphragm; 12 – auger conveyor; 13 – casing; 14 – blades; 15 – receiving chamber; 16 – stabilizer

удобрение сначала гомогенизируется измельчающим и перемешивающим дисмембратором 10, затем усредненная масса жидких органических удобрений засасывается через приемную камеру 15 в зону транспортирующего шнека 12 и по полости, ограниченной кожухом 13, перемещается в нагнетательную камеру 2, где захватывается вращающимися лопатками 14 и под давлением выводится из насоса-понтонна через патрубок 3. Вертикальное положение транспортирующего шнека 12 в кожухе 13 обеспечивается стабилизатором 16 вертикальной устойчивости. Благодаря форме измельчающего и перемешивающего рабочего органа в виде дисмембратора улучшается процесс измельчения и перемешивания грубодисперсной массы органических удобрений, тем самым повышается эффективность их гомогенизации и перекачки из лагун животноводческих комплексов.

Основным рабочим органом шнековых водоподъемников является шнек, представляющий собой вал с навитой на него спиралью. Как правило, шнек выполняют с трехзаходной спиралью, что обеспечивает подачу воды и равнопрочность шнека при любом угле поворота^{2,3}.

Разработанная схема насоса-понтонна для измельчения, перемешивания и перекачки жидких органических удобрений из лагуны-навозохранилища представлена на рисунке 3.

Определяющую роль в разработанной схеме насоса-понтонна играет этап II, который определяет напорную и расходную характеристики всей схемы.

Согласно уравнению Д. Бернулли полный напор (или полная удельная энергия перекачиваемой жидкости) в сечении 1-1 будет равен [14, 15]:

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

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.

² Киров Ю.А., Милюткин В.А., Киров В.Ю. и др. Рациональные технологии и технические средства утилизации побочных продуктов животноводства на органические удобрения: Монография. Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2023. 152 с.

³ Романович А.А. Определение производительности шнекового насоса-дозатора пастообразных кормов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межведомственный тематический сборник: В 2 т. Т. 2. Минск: Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2014. Вып. 48. С. 134-139.

Полная удельная энергия перекачиваемой жидкости в сечении 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.

Следовательно, приращение удельной энергии перекачиваемой жидкости на участке от сечения 1-1 до сечения 2-2, или напор насоса, равен:

$$H = \frac{1}{g} (\mathcal{E}_{2-2} - \mathcal{E}_{1-1}) = (Z_{2-2} - Z_{1-1}) + \frac{P_{2-2} - P_{1-1}}{\rho g} + \frac{v_{2-2}^2 - v_{1-1}^2}{2g} + h_{w2-2}. \quad (3)$$

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

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

где λ – коэффициент Дарси-Вейсбаха, представляющий собой 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.

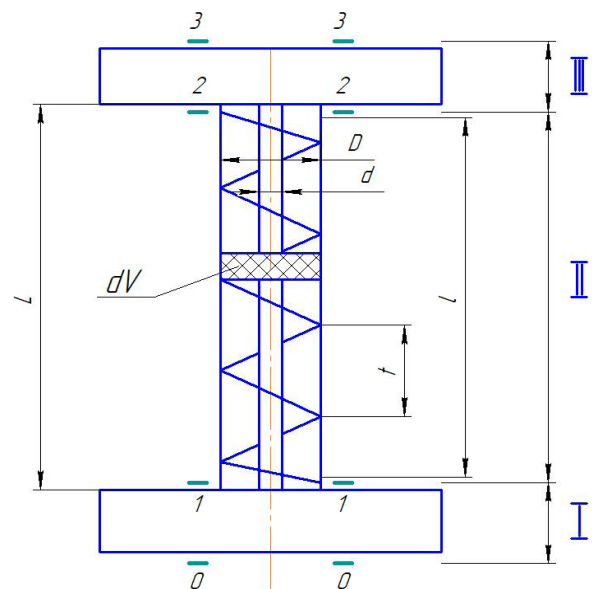


Рис. 3. Схема к расчету насоса-понтонна:
 I – процесс измельчения и перемешивания в дисмембраторе;
 II – процесс перекачки и транспортировки шнековой частью насоса к нагнетательной камере;
 III – подача в напорную магистраль лопастной частью насоса-понтонна

Fig. 3. Structural design of the pontoon pump:
 I – process of grinding and mixing in the dismembrator;
 II – process of pumping and transportation by the auger conveyor part of the pump to the discharge chamber;
 III – into the pressure line by the vane part of the pontoon pump

Потери давления на участке от сечения 1-1 до сечения 2-2:

$$\Delta P = \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{v_{2-2}^2}{2g} \cdot \rho, \tag{5}$$

где ρ – плотность перекачиваемой массы, кг/м³.

Следовательно, напор, создаваемый транспортирующим шнеком, будет определяться как

$$H = (Z_{2-2} - Z_{1-1}) + \frac{P_{2-2} - P_{1-1}}{\rho g} + \frac{v_{2-2}^2 - v_{1-1}^2}{2g} + \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{v_{2-2}^2}{2g}. \tag{6}$$

Исходя из уравнения определения расхода транспортирующего шнека

$$Q = v \cdot S, \tag{7}$$

где S – рабочая площадь поперечного сечения транспортирующего шнека, м²,

$$S = \frac{\pi(D-d)^2}{4}, \tag{8}$$

где D – диаметр шнека, м; d – диаметр вала шнека, м.

Описывая движение жидкости от сечения 1-1 до сечения 2-2, можно записать общее уравнение Д. Бернулли:

$$Z_{1-1} + \frac{P_{1-1}}{\rho g} + \frac{v_{1-1}^2}{2g} = Z_{2-2} + \frac{P_{2-2}}{\rho g} + \frac{v_{2-2}^2}{2g} + \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{v_{2-2}^2}{2g}. \tag{9}$$

Выразив v_{2-2} , получим, что скорость потока на выходе из транспортирующего шнека равна:

$$v_{2-2} = \sqrt{\frac{\left[(Z_{1-1} - Z_{2-2}) + \left(\frac{P_{1-1}}{\rho g} - \frac{P_{2-2}}{\rho g} \right) \right] \cdot 2g}{1 + \lambda \frac{l}{D}}}. \tag{10}$$

Тогда расход Q будет равен:

$$Q = \frac{\pi}{4} (D-d)^2 \sqrt{\frac{\left[(Z_{1-1} - Z_{2-2}) + \left(\frac{P_{1-1}}{\rho g} - \frac{P_{2-2}}{\rho g} \right) \right] \cdot 2g}{1 + \lambda \frac{l}{D}}}. \tag{11}$$

Профиль лопатки шнека выполняется в виде прямой или изогнутой пластины с заостренными входными и выходными кромками. Длина заострения входной и выходной кромок должна составлять 35...50% от диаметра. Толщина лопатки шнека выбирается как можно меньшей для увеличения проходного сечения⁴.

Для обоснования параметров предлагаемой технологической схемы насоса-понтон проведены исследования по методике многофакторного планирования эксперимента⁵. В таблице представлены факторы, влияющие на рассматриваемую характеристику насоса-понтон и уровни их варьирования, которые обосновывались на основании предварительных опытов. При проведении исследований было определено, что наибольшее влияние оказывают следующие факторы: диаметр кожуха транспортирующего шнека D ; длина транспортирующего шнека L ; частота вращения вала транспортирующего шнека n .

Уравнение регрессии примет вид:

$$y = 73,2 - 3,2x_1 - 4,017x_2 - 1,033x_3 + 1,196x_1^2 + 1,196x_2^2 + 5,463x_3^2. \tag{12}$$

Уравнение регрессии в натуральном раскодированном виде:

$$H = 656,94 + 0,000546n^2 - 0,775n + 244,08L^2 - 179,43L + 478,4D^2 - 733,76D. \tag{13}$$

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

$$H(L; D) = 382,02 + 244,08L^2 - 179,43L + 478,4D^2 - 733,76D. \tag{14}$$

Для обеспечения данной величины напора необходимы следующие геометрические и технологические параметры насоса-понтон: диаметр кожуха транспортирующего шнека $D = 0,21 \dots 0,24$ м; длина транспортирующего

Таблица

Уровни и интервалы варьирования основных факторов при регрессионном анализе

Table

Levels and intervals of variation of the main factors in the regression analysis

Уровни варьирования факторов <i>Levels of variation of factors</i>	Факторы / <i>Factors</i>			Факторы в кодированном виде <i>Factors in a coded form</i>		
	D , м	L , м	N , об/мин	X_1	X_2	X_3
Верхний / <i>Upper</i>	0,75	0,32	800	+1	+1	+1
Основной / <i>Basic</i>	0,70	0,25	700	0	0	0
Нижний / <i>Lower</i>	0,65	0,18	600	-1	-1	-1
Интервал варьирования / <i>Variation interval</i>	0,05	0,07	100	1	1	1

⁴ Швед И.М. Диспергирование навоза в закрытых навозохранилищах миксером с самоочищающимися лопастями: Монография. Минск: БГАТУ, 2020. 140 с.

⁵ Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий: Монография. М.: Наука, 1976. 279 с.

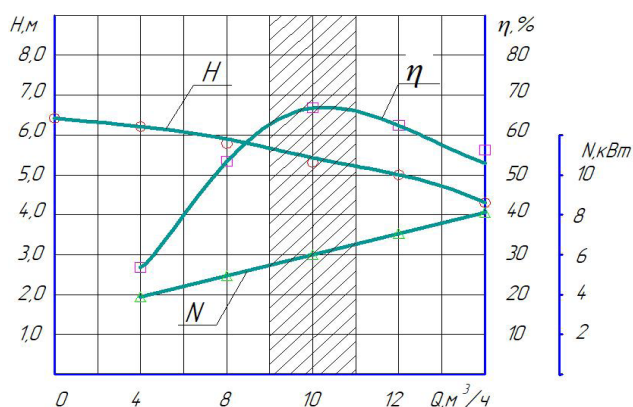


Рис. 4. Напорно-расходная характеристика предлагаемой конструкции опытного образца насоса-понтон

Fig. 4. Pressure and flow characteristics of the proposed design of a prototype pontoon pump

шнека $L = 0,69 \dots 0,74$ м; частота вращения вала транспортирующего шнека $n = 670 \dots 730$ об/мин. Выбранные конструктивные параметры обеспечат эффективное протекание процесса перекачки жидких органических удобрений из лагуны-навозохранилища с заданными значениями напора и расхода.

Список источников

1. Плавающий пропеллерный насос: Авторское свидетельство SU142877 A1, МПК F04D3/00. № 693710 / И.Б. Крепис; заявл. 23.01.1961; опубл. 01.01.1961. EDN: YRRDFE
2. Афанасьев В.Н., Шалавина Е.В. Технологические и технические решения проблемы переработки навоза свиноводческих комплексов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2013. № 4 (12). С. 146-153. EDN: RNIUQZ
3. Катышев Л.Н. Выбор технологий и технических средств для откачки осадка сточных вод и животноводческих стоков из прудов-накопителей с применением средств гидромеханизации // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. № S4. С. 395-405. EDN: NENOKZ
4. Киров Ю.А. Разработка технологической линии для разделения навозных стоков // Техника и оборудование для села. 2012. № 4. С. 24-26. EDN: OWZGBB
5. Киров Ю.А., Милюткин В.А., Киров В.Ю. Техническое решение для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений из навозохранилища // Инновационные технологии: опыт, проблемы, перспективы развития, Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 25 октября 2023 г. Тверь: Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. С. 203-206. EDN: EWRMQY
6. Ковалёв Н.Г., Гриднев П.И., Гриднева Т.Т. Научное обеспечение развития экологически безопасных систем утилизации навоза // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 1 (50). С. 62-69. EDN: VLMWAN
7. Лычев С.С. Предпроектная подготовка к расчету и проектированию шнековых насосов // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 1-20 мая 2018 г. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. С. 2511-2518. EDN: JIESWP
8. Насос-понтон для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений: Патент RU212417 U1, МПК7 A01C 3/00

Результаты проведенных исследований позволили построить общую напорно-расходную характеристику предлагаемой конструкции опытного образца насоса-понтон для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений (рис. 4).

Анализ полученной напорно-расходной характеристики предлагаемой конструкции опытного образца насоса-понтон позволил определить его оптимальные параметры работы при общем расходе $Q = 10$ м³/ч: напор, создаваемый насосом в магистрали $H = 5,2$ м; коэффициент полезного действия $\eta = 0,66$; мощность на привод насоса $N = 6,2$ кВт.

Выводы

Рабочий орган насоса-понтон – дисмембратор – улучшает процесс измельчения и перемешивания грубодисперсной массы органических удобрений, повышая эффективность их гомогенизации и перекачки из лагун животноводческих комплексов.

Предложенная напорно-расходная характеристика предлагаемой конструкции опытного образца насоса-понтон позволяет определить его оптимальные параметры работы.

References

1. Krepis I.B. Copyright certificate No. 142877 A1 USSR, IPC F04D3/00. Floating propeller pump: No. 693710: appl. 23.01.1961: publ. 01.01.1961. (In Russ.)
2. Afanasyev V.N. Shalavina, E.V. Technological and technical solutions problems manure pig farms. *Vestnik Vserossiyskogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Mekhanizatsii Zhivotnovodstva*. 2013;4(12):146-153. (In Russ.)
3. Katsyhev L.N. Selection of technologies and technical means for pumping sewage sludge and livestock wastewater from storage ponds using hydromechanization means. *Gorniy Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten*. 2006;S4:395-405. (In Russ.)
4. Kirov Yu.A. Technological line for manure drains division into fractions development. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2012;4:24-26. (In Russ.)
5. Kirov Yu.A., Milyutkin V.A., Kirov V.Yu. Technical solution for homogenization and pumping of liquid organic fertilizers from a manure storage facility. *Innovative technologies: Experience, Problems, Development Prospects*, Tver State Agricultural Academy, October 25, 2023. Tver: Tver State Agricultural Academy, 2023. P. 203-206. (In Russ.)
6. Kovalev N.G., Gridnev P.I., Gridneva T.T. Scientific support for the development of environmentally safed systems of manure utilization. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2016;1(50):62-69. (In Russ.)
7. Lychev S.S. Pre-design preparation for the calculation and design of screw pumps. *International scientific and technical conference of young scientists of BSTU named after V.G. Shukhov*, Belgorod, May 01-20, 2018. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2018. P. 2511-2518. (In Russ.)
8. Kirov Yu.A., Kotov D.N., Milyutkin V.A., Kirov V.Yu., Kirov V.A., Kirova Yu.Z., Denisov S.V., Zhiltsov S.N. Pontoon pump for homogenization and pumping of liquid organic fertilizers: Pat. 212417 Russian Federation, МПК7 A01C 3/00; No. 2022111686; 2022. (In Russ.)

/ Ю.А. Киров, Д.Н. Котов, В.А. Милюткин, В.Ю. Киров, В.А. Киров, Ю.З. Кирова, С.В. Денисов, С.Н. Жильцов; № 2022111686; заяв. 28.04.2022; опубл. 21.07.2022, Бюл. № 21. 5 с. EDN: FOQMXF

9. Насос-пonton для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений: Патент RU212418 U1, МПК7 A01C 3/00 / Ю.А. Киров, Д.Н. Котов, В.А. Милюткин, В.Ю. Киров, В.А. Киров, Ю.З. Кирова, С.В. Денисов, С.Н. Жильцов; № 2022112515; заяв. 11.05.2022; опубл. 21.07.2022, Бюл. № 21. 5 с. EDN: ELBDTZ

10. Насос-пonton для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений: Патент RU213980 U1, МПК7 A01C 3/00 / Ю.А. Киров, В.А. Милюткин, Д.Н. Котов, В.Ю. Киров, А.А. Рябцев, В.А. Киров, Ю.З. Кирова, С.В. Денисов; № 2022123625; заяв. 15.09.2022; опубл. 06.10.2022, Бюл. № 28. 5 с. EDN: DTMQNA

11. Насос-пonton для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений: Патент RU214495 U1, МПК7 A01C 3/00 / Ю.А. Киров, В.А. Милюткин, Д.Н. Котов, В.Ю. Киров, А.А. Рябцев, В.А. Киров, Ю.З. Кирова, С.В. Денисов; № 2022123853; заяв. 08.09.2022; опубл. 01.11.2022, Бюл. № 31. 5 с. EDN: OTNRCC

12. Насос-пonton для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений: Патент RU214573 U1, МПК7 A01C 3/00 / Ю.А. Киров, В.А. Милюткин, Д.Н. Котов, В.Ю. Киров, А.А. Рябцев, В.А. Киров, Ю.З. Кирова, С.В. Денисов; № 2022123420; заяв. 01.09.2022; опубл. 03.11.2022, Бюл. № 31. 5 с. EDN: LFBJZR

13. Насос-пonton для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений: Патент RU215666 U1, МПК7 A01C 3/00 / Ю.А. Киров, В.А. Милюткин, Д.Н. Котов, В.Ю. Киров, А.А. Рябцев, В.А. Киров, Ю.З. Кирова, С.В. Денисов; № 2022126341; заяв. 10.10.2022; опубл. 21.12.2022, Бюл. № 36. 5 с. EDN: MACQVG

14. Трифанов А.В., Ворожцов О.В. Обеспечение перемешивания жидкого свиного навоза в пленочном навозохранилище // Молочнохозяйственный вестник. 2017. № 3 (27). С. 125-133. EDN: ZMNSYR

15. Трифанов А.В., Ворожцов О.В. Теоретические предпосылки расчета устройства для перемешивания жидкого свиного навоза в навозохранилищах // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2014. № 85. С. 127-136. EDN: SYDQPN

Информация об авторах

¹ **Киров Юрий Александрович**, д-р техн. наук, доцент; SPIN-код: 2410-5580, AuthorID: 792379; kirov.62@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6736-1263>

² **Милюткин Владимир Александрович**, д-р техн. наук, профессор; SPIN-код: 3324-2033, AuthorID: 383725; oiapp@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8948-4862>

³ **Киров Всеволод Юрьевич**, аспирант; kirov.vsevolod@gmail.com

⁴ **Рябцев Андрей Александрович**, аспирант; ryabtsevaa@yandex.ru
^{1,2,3,4} Самарский государственный аграрный университет: 446442, Российская Федерация, Самарская обл., г. Кинель, п. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2

Вклад авторов

Ю.А. Киров – научное руководство, формулирование основной концепции исследования, разработка методологии исследования, формирование выводов исследования; В.А. Милюткин – руководство исследованием, создание окончательной верстки (доработка) рукописи и ее редактирование; В.Ю. Киров – анализ литературных источников, проведение расчетов, подготовка первоначального варианта текста; А.А. Рябцев – проведение экспериментальных исследований, подготовка графических материалов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат.

Статья поступила 04.07.2024, после рецензирования и доработки 04.12.2024; принята к публикации 06.12.2024

9. Kirov Yu.A., Kotov D.N., Milyutkin V.A., Kirov V.Yu., Kirov V.A., Kirova Yu.Z., Denisov S.V., Zhiltsov S.N. Pontoon pump for homogenization and pumping of liquid organic fertilizers: Pat. 212418 Russian Federation, MPK7 A01C 3/00; No. 2022112515; 2022. (In Russ.)

10. Kirov Yu.A., Milyutkin V.A., Kotov D.N., Kirov V.Yu., Ryabtsev A.A., Kirov V.A., Kirova Yu.Z., Denisov S.V. Pontoon pump for homogenization and pumping of liquid organic fertilizers: Pat. 213980 Russian Federation, MPK7 A01C 3/00. No. 2022123625; 2022. (In Russ.)

11. Kirov Yu.A., Milyutkin V.A., Kotov D.N., Kirov V.Yu., Ryabtsev A.A., Kirov V.A., Kirova Yu.Z., Denisov S.V. Pontoon pump for homogenization and pumping of liquid organic fertilizers: Pat. 214495 Russian Federation, MPK7 A01C 3/00. No. 2022123853; 2022. (In Russ.)

12. Kirov Yu.A., Milyutkin V.A., Kotov D.N., Kirov V.Yu., Ryabtsev A.A., Kirov V.A., Kirova Yu.Z., Denisov S.V. Pontoon pump for homogenization and pumping of liquid organic fertilizers: Pat. 214573 Russian Federation, MPK7 A01C 3/00. No. 2022123420; 2022. (In Russ.)

13. Kirov Yu.A., Milyutkin V.A., Kotov D.N., Kirov V.Yu., Ryabtsev A.A., Kirov V.A., Kirova Yu.Z., Denisov S.V. Pontoon pump for homogenization and pumping of liquid organic fertilizers: Pat. 215666 Russian Federation, MPK7 A01C 3/00. No. 2022126341.2022. (In Russ.)

14. Trifanov A.V., Vorozhtsov O.V. Ensuring mixing of liquid swine manure in film manure storage. *Molochnokhozayistvenny Vestnik*. 2017;3(27):125-133. (In Russ.)

15. Trifanov A.V., Vorozhtsov O.V. Theoretical assumptions for calculation of parameters of the device for liquid pig manure mixing in manure storages. *Tekhnologii i Tekhnicheskie Sredstva Mekhanizirovannogo Proizvodstva Produktii Rasteniyevodstva i Zhivotnovodstva*. 2014;85:127-136. (In Russ.)

Author Information

¹ **Yuri A. Kirov**, DSc (Eng), Associate Professor; kirov.62@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6736-1263>

² **Vladimir A. Milyutkin**, DSc (Eng), Professor; oiapp@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8948-4862>

³ **Vsevolod Yu. Kirov**, postgraduate student; kirov.vsevolod@gmail.com

⁴ **Andrey A. Ryabtsev**, postgraduate student; ryabtsevaa@yandex.ru

^{1,2,3,4} Samara State Agrarian University: 446442, Russian Federation, Samara Oblast, Kinel, Ust-Kinelsky, Uchebnaya Str., 2

Author Contribution

Yuri A. Kirov – research supervision, conceptualization, research methodology, conclusions; Vladimir A. Milyutkin – research management, writing – review and editing of the manuscript; Vsevolod Yu. Kirov – literature review, data curation, writing – original draft preparation; Andrey A. Ryabtsev – investigation, visualization.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests and are responsible for plagiarism.

Received 04.07.2024; Revised 04.12.2024; Accepted 06.12.2024