

5. Степук, Л. Я. Построение машин химизации земледелия / Л. Я. Степук, А. А. Жешко; Нац. акад. наук. Беларуси, РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по мех. сельск. хозяйства». – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012. – 443 с.

6. Попробуйте органику. Современные технологии внесения в почву отходов животноводства // Новое сельское хозяйство. – 2009. – № 2. – С. 58–60.

7. Гусаков, В. Ресурс земли. Система мер по сохранению и повышению плодородия почв и масштабному применению системы сберегающего точного земледелия / В. Гусаков, В. Павловский // Белорусская нива. – 2010. – 22 сентября. – С. 7; 23 сентября. – С. 5.

8. Протокол приемочных испытаний машины для внесения полужидкого навоза МПН-16 ГУ «Белорусская МИС» от 04.09.2014 г. № 095Б1/2–2014ИЦ. – Привольный, 2014.

УДК 631.22.018

Поступила в редакцию 18.09.2018

Received 18.09.2018

**И. И. Скорб<sup>1</sup>, А. М. Волк<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»*

*г. Минск, Республика Беларусь*

*e-mail: igor.bgatu@mail.ru*

*<sup>2</sup>УО «Белорусский государственный технологический университет»*

*г. Минск, Республика Беларусь*

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОЙ МОЩНОСТИ НА ГОМОГЕНИЗАЦИЮ ЖИДКОГО НАВОЗА МЕШАЛКОЙ С ЛОПАСТНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ**

В результате теоретических исследований получено уравнение, позволяющее определить мощность, потребляемую мешалкой с лопастным рабочим органом при гомогенизации жидкого навоза, с учетом типа рабочего органа, его геометрических параметров и физико-механических свойств гомогенизируемой среды.

*Ключевые слова:* навоз, гомогенизация, мешалка, лопасть.

**I. I. Skorb<sup>1</sup>, A. M. Volk<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Educational Establishment «Belarusian State Agrarian Technical University»*

*Minsk, Republic of Belarus*

*e-mail: igor.bgatu@mail.ru*

*<sup>2</sup>Educational Establishment «Belarusian State Technological University»*

*Minsk, Republic of Belarus*

### **DETERMINING THE CONSUMPTION CAPACITY FOR HOMOGENIZATION OF LIQUID FERTILIZER WITH A MIXER WITH A PUNCTURE WORKING BODY**

Theoretical studies obtained an equation that allows to determine the power consumed by a stirrer with a blade working body during the homogenization of liquid manure, taking into account the type of working element, its geometric parameters and the physical and mechanical properties of the homogenized substance.

*Keywords:* manure, homogenization, agitator, blade.

### **Введение**

В настоящее время для перемешивания жидкого навоза известны тихоходные или быстроходные механические, гидравлические и пневматические мешалки. Процессы перемешивания жидкого навоза тихоходными механическими или гидравлическими мешалками в нашей стране изучали Е. Н. Азимова, Н. М. Марченко, И. И. Кузьменко; за рубежом – Р. Зинке, К. Холл и другие авторы [1]. Применение гидравлических и пневматических мешалок затруднено, так как необходимо строить дорогостоящие насосные или компрессорные станции, а также создаются антисанитарные, неприятные условия для обслуживающего персонала. Такими мешалками прак-

тически невозможно перемешивать навоз в каналах гидравлических систем. По этим причинам преимущества имеют мобильные быстроходные лопастные механические мешалки, которые могут не только перемешивать расслоившийся жидкий навоз, но и измельчать крупные твердые комки, находящиеся в нем.

Необходимой предпосылкой к созданию высокоэффективных и надежных перемешивающих устройств для гомогенизации расслоившегося жидкого навоза в каналах гидравлических систем являются теоретические и экспериментальные исследования и обоснование параметров рабочих органов мешалок.

### Основная часть

Основные геометрические размеры лопастных мешалок – диаметр и ширина лопасти.

Так как минимальная глубина навозного канала 0,6 м, принимаем максимальный диаметр лопастной мешалки 0,5 м, чтобы не повредить внутренние стенки канала и рабочий орган мешалки.

Ширину лопасти мешалки принимают исходя из выражения [2]:

$$l = 0,25D. \quad (1)$$

Тогда минимальная ширина лопасти мешалки  $l = 0,25 \cdot 0,5 = 0,125$  м.

Так как расслоившийся жидкий навоз классифицируется как неньютоновская система со сложными нестационарными реологическими свойствами, представляет собой многофазную систему (плотный осадок и жидкая фракция), то для увеличения поверхности межфазного контакта, уменьшения кавитации и достижения требуемого потока, развиваемого мешалкой, используем лопастную мешалку с расширяющимися лопастями в форме сектора. Тогда длина внешней кромки лопасти  $L_k = 0,2$  м, длина внутренней кромки лопасти  $l = 0,125$  м.

Исходя из выбранных параметров лопасти, определим затраты мощности на преодоление сил сопротивления при вращении лопастной мешалки. Пусть лопасть мешалки симметрична,  $OO_1$  – ее ось симметрии (рисунок 1), а сама лопасть поставлена под углом  $\alpha$  к плоскости, перпендикулярной оси мешалки. Пусть длина внешней кромки лопасти равна  $L_k$ , а длина ее внутренней кромки, то есть части лопасти, примыкающей к ступице, равна  $l$ . Пусть также внутренняя кромка отстоит от центра вращения  $O$  на расстояние  $e$ , а внешняя кромка отстоит от внутренней на расстояние  $u$ .

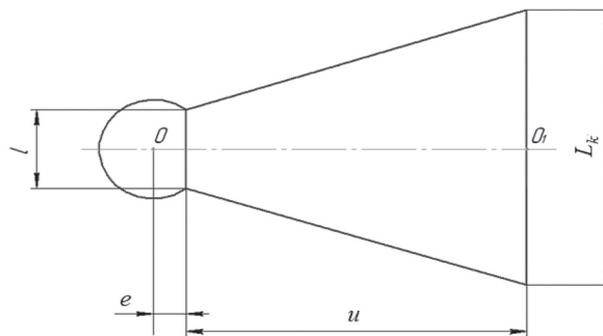


Рисунок 1. – Схема лопасти мешалки

Примем за начало координат центр вращения мешалки и направим ось  $Ox$  вдоль оси симметрии лопасти (рисунок 2). Найдем уравнение прямой  $y = kx + c$ , содержащей боковую часть лопасти.

В силу принятых обозначений и выбора осей координат эта прямая проходит через точки  $(e, l/2)$  и  $(e+u, L_k/2)$ , а значит, ее уравнение:

$$\frac{y - l/2}{L_k/2 - l/2} = \frac{x - e}{(e+u) - e},$$

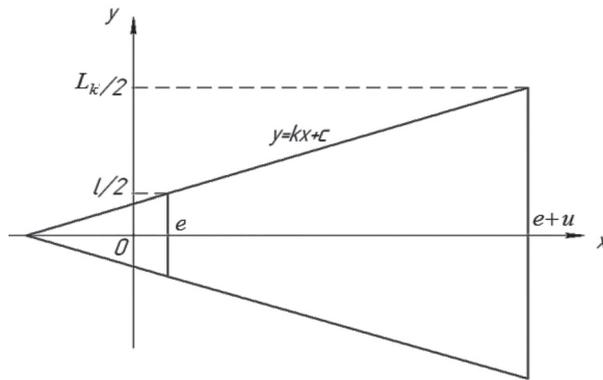


Рисунок 2. – К расчету потребляемой мощности на гомогенизацию

то есть

$$y - l/2 = \frac{(L_k - l)(x - e)}{2u}, \quad \text{то есть} \quad y = \frac{L_k - l}{2u}(x - e) + \frac{l}{2}. \quad (2)$$

Для определения затрат мощности на преодоление сил сопротивления вращения в жидкости лопасти мешалки возьмем на ней элементарную площадку  $dS = 2L_k(x)dx$  (рисунок 3).

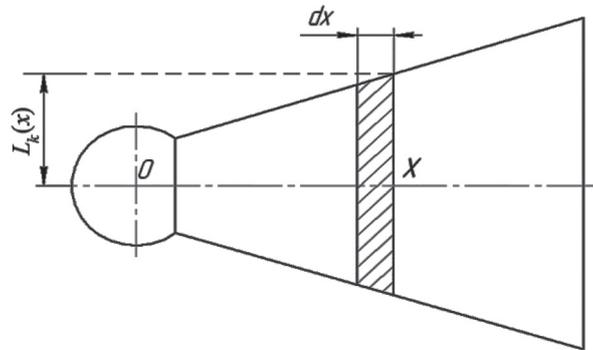


Рисунок 3. – Элементарная площадка на лопасти мешалки

В силу (2)

$$L_k(x) = \frac{L_k - l}{2u}(x - e) + \frac{l}{2},$$

то есть

$$dS = \left( \frac{L_k - l}{u}(x - e) + l \right) dx. \quad (3)$$

Так как лопасть поставлена под углом  $\alpha$  к плоскости, перпендикулярной оси мешалки, то проекция  $dS_1$  элементарной площадки будет равна:

$$dS_1 = \sin \alpha dS,$$

то есть вследствие (3) равна:

$$dS_1 = \left( \frac{L_k - l}{u}(x - e) + l \right) \sin \alpha dx. \quad (4)$$

Тогда элементарная сила сопротивления  $dF$  для этой площадки в силу (4) равна:

$$dF = k_{уд.} dS_1 = k_{уд.} \left( \frac{L_k - l}{u}(x - e) + l \right) \sin \alpha dx,$$

где  $k_{уд.}$  – удельное сопротивление движению в рассматриваемой жидкости,  $H/m^2$ .

Элементарный момент  $dM$  сопротивления вращению этой элементарной площадки равен:

$$dM = k_{\text{уд.}} \cdot x dF = k_{\text{уд.}} \left( \frac{L_k - l}{u} (x - e) + l \right) x \sin \alpha dx. \quad (5)$$

Суммарный момент  $M$  сопротивления равен интегралу от  $e$  до  $u$  от дифференциала (5), т. е. равен:

$$\begin{aligned} M &= \int_e^u dM = k_{\text{уд.}} \int_e^u x dF = k_{\text{уд.}} \sin \alpha \int_e^u \left( \frac{L_k - l}{u} (x - e) + l \right) x dx = \\ &= k_{\text{уд.}} \sin \alpha \int_e^u \left( \frac{L_k - l}{u} x^2 + \frac{l(e + u) - eL_k}{u} x \right) dx = \\ &= k_{\text{уд.}} \sin \alpha \left( \frac{L_k - l}{u} \cdot \frac{x^3}{3} \Big|_e^u + \frac{l(e + u) - eL_k}{u} \cdot \frac{x^2}{2} \Big|_e^u \right) = \\ &= k_{\text{уд.}} \sin \alpha \left( \frac{L_k - l}{3u} (u^3 - e^3) + \frac{l(e + u) - eL_k}{2u} (u^2 - e^2) \right). \end{aligned} \quad (6)$$

Работа  $A$  сил сопротивления при вращательном движении при одном обороте ( $\beta = 2\pi$ ) лопасти равна произведению момента сил относительно оси вращения на угол поворота, то есть равна:

$$A = 2\pi M = 2\pi k_{\text{уд.}} \sin \alpha \left( \frac{L_k - l}{3u} (u^3 - e^3) + \frac{l(e + u) - eL_k}{2u} (u^2 - e^2) \right). \quad (7)$$

Затраты мощности  $N_1$  на перемещение одной лопасти в жидкости составят:

$$N_1 = \frac{A\omega}{2\pi} = k_{\text{уд.}} \omega \sin \alpha \left( \frac{L_k - l}{3u} (u^3 - e^3) + \frac{l(e + u) - eL_k}{2u} (u^2 - e^2) \right), \quad (8)$$

где  $\omega$  – частота вращения мешалки,  $\text{мин}^{-1}$ .

Для мешалки с  $z$  лопастями затраты  $N$  мощности равны:

$$N = N_{1z} = k_{\text{уд.}} \omega z \sin \alpha \left( \frac{L_k - l}{3u} (u^3 - e^3) + \frac{l(e + u) - eL_k}{2u} (u^2 - e^2) \right). \quad (9)$$

Из уравнения видно, что мощность, затрачиваемая на перемещение лопастной мешалки в жидком навозе, зависит от геометрических параметров рабочего органа, физико-механических свойств навоза, частоты вращения рабочего органа.

### Заключение

При выполнении технологического процесса гомогенизации жидкого расслоившегося навоза на перемещение лопастной мешалки в навозной массе затрачивается определенная мощность, величина которой главным образом зависит от геометрических параметров мешалки.

### Литература

1. Марченко, Н. М. Механизация внесения органических удобрений / Н. М. Марченко, Г. И. Личман, А. Е. Шибалин. – М.: Агропромиздат, 1980. – 207 с.
2. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1961. – 832 с.