

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 631. 371

DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-4-9

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШНЕКОВОГО ПОГРУЗЧИКА-СМЕСИТЕЛЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО КОМПоста

*ПАВЛОВ ПАВЕЛ ИВАНОВИЧ*, докт. техн. наук, профессор

*ДЗЮБАН ИВАН ЛЕОНИДОВИЧ*, канд. техн. наук, инженер

*ВЕЗИРОВ АЛЕКСАНДР ОЛЕГОВИЧ*, канд. техн. наук, инженер

E-mail: vezirov2008@mail.ru

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова; 410012, Российская Федерация, г. Саратов, Театральная площадь, 1

Качество смешивания органоминерального компоста определяется параметрами рабочих органов используемых технических средств. Представлена конструкция погрузчика-смесителя органоминерального компоста с ленточным шнеком и бункером-дозатором для минеральных удобрений. Приведены результаты теоретических исследований процесса взаимодействия шнекового рабочего органа с компостом. Обоснованы основные конструктивные параметры и режимы работы исследуемых рабочих органов. Получены формулы, позволяющие определить оптимальную величину поступательной скорости погрузчика-смесителя органоминерального компоста, частоту вращения и диаметр по отделяющим зубьям шнекового рабочего органа, а также количество зубьев. Установлена зависимость производительности отделения части груза от основного массива шнековым рабочим органом от скорости его вращения и диаметра, а также зависимость производительности транспортировки от коэффициента, обусловленного сопротивлением стоек, на которых установлены зубья, движению груза. Результаты экспериментальных исследований позволяют констатировать, что наилучшее значение коэффициента смешивания, равное 0,96, достигается при поступательной скорости движения погрузчика 0,05 м/с и частоте вращения шнекового рабочего органа 175...215 мин<sup>-1</sup>, а максимальное значение производительности 39 кг/с при поступательной скорости 0,05 м/с и угловой скорости вращения шнека 175...15 мин<sup>-1</sup>.

**Ключевые слова:** погрузчик-смеситель; органоминеральный компост; качество смешивания; коэффициент смешивания; шнековый рабочий орган, защищенный грунт, почвенная смесь.

**Формат цитирования:** Павлов П.И., Дзюбан И.Л., Везилов А.О. Обоснование параметров шнекового погрузчика-смесителя органоминерального компоста // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 6(94). С. 4-9. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-4-9.

## DETERMINING THE PARAMETERS OF A AUGER LOADING MIXER OF ACTIVATED COMPOST

*PAVEL I. PAVLOV*, DSc (Eng), Professor

*IVAN L. DZYUBAN*, PhD (Eng), Engineer

*ALEKSANDR O. VEZIROV*, PhD (Eng), Engineer

E-mail: vezirov2008@mail.ru

Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov; 410012, Russian Federation, Saratov, Teatralnaya Sq., 1

The mixing quality of activated compost is determined by the operating parameters of working elements. The paper presents a design of an activated compost loading mixer equipped with a belt auger and a metering hopper for mineral fertilizers. The authors provide basic research results on interaction process of the auger with a compost mixture and determine the basic design and operating conditions of the considered actuating elements. They obtained formulas to determine the optimal travel speed of the activated compost loading mixer; the rotational speed and diameter of the separating teeth of the auger, as well as the number of teeth. The study proved the relationship between the auger capability of separating a portion of material from the main mass and its rotational speed and diameter, as well as the relationship between the transportation rate and the factor determined by the resistance of racks holding the teeth. The experimental study results have proved that the best mixing ratio value of 0.96 is achieved at a loader travel speed of 0.05 m/s and a rotational speed of the auger of 175...215 min<sup>-1</sup>, and the maximum performance value amounts to 39 kg/s at a travel speed of 0.05 m/s and an angular speed of the auger of 175...15 min<sup>-1</sup>.

**Key words:** loading mixer; activated compost; mixing quality; mixing ratio; auger, protected ground, soil mixture.

**For citation:** Pavlov P.I., Dzyuban I.L., Vezirov A.O. Determining the parameters of a auger loading mixer of activated compost. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 6(94): 4-9. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-4-9 (In Rus.).

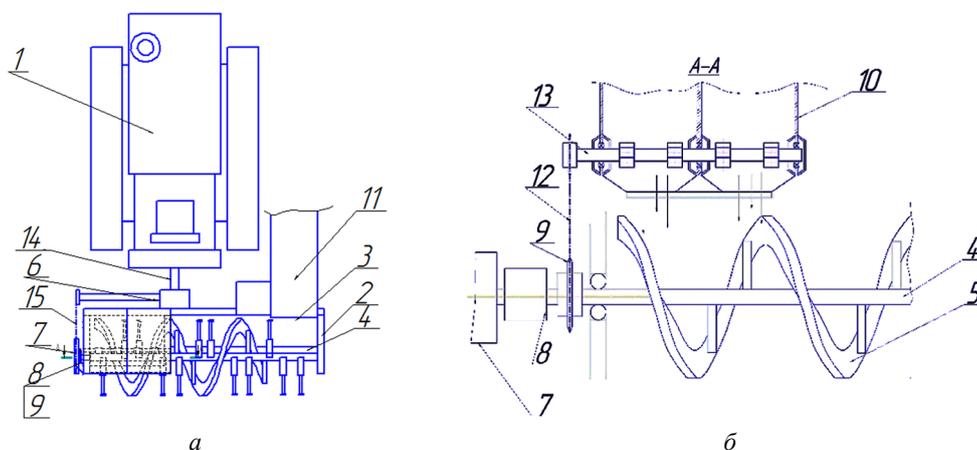
**Введение.** Существующие машины и оборудование для приготовления компоста не обеспечивают достаточного значения коэффициента степени смешивания исходных компонентов при оптимальной производительности, и к тому же существующие методы приготовления органоминеральных компостов требуют дополнительного комплекса машин и оборудования [1-5].

**Цель исследования** – теоретическое обоснование производительности и оптимальных конструктивных и режимных параметров шнекового рабочего органа (ленточного транспортёра с отделяющими зубьями) для приготовления органоминерального компоста.

**Материал и методы.** Основой для разработки конструктивно-технологической схемы смесителя-погрузчика органоминерального компоста [6-8] (рис. 1) послужили данные, полученные при анализе ряда источников [9-11].

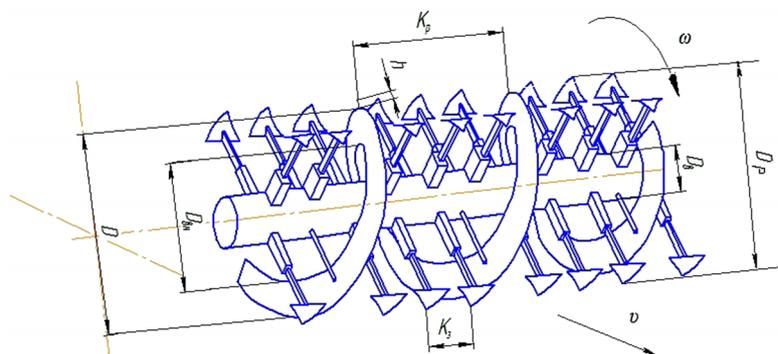
Основными параметрами шнекового рабочего органа погрузчика-смесителя органоминерального компоста, наряду с конструктивными, являются технологические – частота вращения  $n$ , мин<sup>-1</sup>, угловая скорость ленточного шнека  $\omega_m$ , рад/с, поступательная скорость погрузчика  $v_{п.с}$ , м/с (рис. 2).

К конструктивным параметрам относятся также формы и размеры режущих зубьев.



**Рис. 1. Схема предлагаемого погрузчика-смесителя органоминерального компоста (а) и его рабочих органов (б):**  
 1 – базовая машина; 2 – рама; 3 – отгрузочное окно; 4 – вал; 5 – ленточный шнек; 6 – редуктор; 7 – цепь; 8 – муфта; 9 – шестерня; 10 – бункер-дозатор; 11 – отгрузочный транспортер; 12 – цепь; 13 – дозирующий вал; 14 – вал отбора мощности; 15 – цепь

**Fig. 1. Scheme of the proposed loader-mixer of organomineral compost (a) and its working elements (b):**  
 1 – a base machine; 2 – a frame; 3 – a unloading opening; 4 – a shaft; 5 – a belt auger; 6 – a reduction gear; 7 – a chain; 8 – a coupling; 9 – a gear; 10 – a metering hopper; 11 – an unloading conveyor; 12 – a chain; 13 – a metering shaft; 14 – a power take-off shaft; 15 – a chain



**Рис. 2. Основные параметры шнекового рабочего органа погрузчика-смесителя:**  
 $D$  – диаметр шнека по наружной кромке винтовой поверхности, м;  $D_p$  – диаметр по режущим зубьям;  $h$  – высота зубьев по отношению к наружной кромке винтовой поверхностям, м;  $D_{вн}$  – диаметр шнека по внутренней кромке винтовой поверхности, м;  $D_в$  – диаметр вала, м;  $K_p$  – шаг винтовой линии шнека;  $K_з$  – шаг зубьев

**Fig. 2. Main parameters of the auger of a loader-mixer:**  
 $D$  – diameter of the auger along the outer edge of the auger surface, m;  $D_p$  – the diameter of cutting teeth;  $h$  – the height of the teeth relative to the outer edge of helical surfaces, m;  $D_{вн}$  – the auger diameter along the inner edge of the auger surface, m;  $D_в$  – the shaft diameter, m;  $K_p$  – the auger helix pitch;  $K_з$  – the tooth pitch

Эффективность работы погрузчика органоминерального компоста определяется качеством смешивания и производительностью. Коэффициент смешивания зависит от конструктивных и технологических параметров шнекового рабочего органа [12].

Большое значение для приготовления органоминерального компоста имеют технологические свойства. Одним из основных – качество смешивания компонентов, характеризуемое коэффициентом смешивания  $K$ .

Коэффициент смешивания  $K$  показывает равномерность смешивания компонентов, т.е. равномерность содержания компонентов в различных точках готовой смеси. Существуют различные методики определения качества смешивания. Наиболее эффективный способ – экспериментальный. В процессе приготовления смеси назначают «ключевой компонент» (маркер) и производится выборка заданного количества проб. Далее, маркер выделяется из пробы и взвешивается. Затем определяется процентное содержание маркера в каждой отдельной пробе, производится оценка полученного практического значения его содержания в смеси и сравнение с теоретически возможным. Смесь считается однородной, когда содержание компонентов в любой части её объёма совпадает заданному составу смеси. Если какой-либо компонент распределён в смеси равномерно, то и другие компоненты так же распределены равномерно.

Теоретически возможная равномерность распределения определяется как:

$$K_r = M_k / M,$$

где  $M_k$  – масса «ключевого компонента», вносимого в смесь;  $M$  – полная масса смеси.

После определения разницы между практическим и теоретическим значениями в каждой точке замера вычисляется коэффициент вариации  $K_v$ .

Коэффициент смешивания  $K$  показывает количественное содержание «ключевого компонента» в различных точках готовой смеси по отношению к возможному содержанию при теоретическом распределении  $K_r$ , т.е.

$$K = 1 - K_v.$$

Захват груза шнековый рабочий орган осуществляет в процессе вращательного движения. Его внедрение в массив исходных компонентов органоминерального компоста происходит за счёт поступательного движения, одновременно с погрузчиком. Таким образом, шнековый рабочий орган является движущейся механической системой. Движение каждой точки осуществляется в плоской (двухмерной) системе координат (рис. 3) и описывается следующей системой параметрических уравнений:

$$\begin{cases} X = \frac{D_r}{2} \cos(\varphi_0 + \omega t) + v_{n.c} t; \\ Y = \frac{D_r}{2} \sin(\varphi_0 + \omega t), \end{cases} \quad (1)$$

где  $D_r$  – диаметр окружности, описываемой рассматриваемой точкой, м;  $\varphi_0$  – начальный угол поворота точки;  $\omega$  – угловая скорость вращения рабочего органа, рад/с;  $v_{n.c}$  – поступательная скорость рабочего органа (погрузчика), м/с;  $t$  – время, с.

Траектория движения точки имеет вид циклоидальной кривой ввиду того, что скорость вращения рабочего органа выше поступательной скорости.

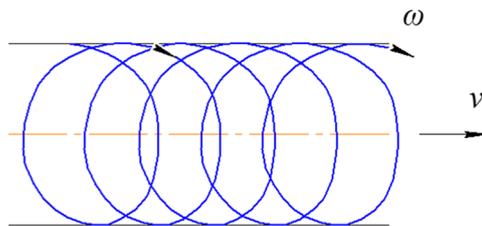


Рис. 3. Траектория движения точки рабочего органа  
Fig. 3. Motion trajectory of a working tool point

Объём сегмента, отделяемого каждым зубом в результате суммирования движений, указанных выше, можно определить, как криволинейный цилиндр (рис. 4), ограниченный двумя витками траектории движения (см. рис. 3).

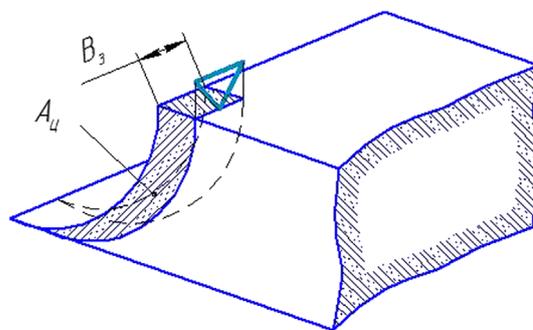


Рис. 4. Криволинейный цилиндр, отделяемый каждым зубом

Fig. 4. Curved cylinder separated by each tooth

Объём криволинейного цилиндра  $V_u$  можно определить, как произведение ширины зуба  $B_3$  на площадь проекции  $A_u$  отделяемого цилиндра на плоскость, перпендикулярную оси вращения рабочего органа:

$$V_u = B_3 A_u. \quad (2)$$

На основании имеющейся системы параметрических уравнений (1) площадь проекции  $A_u$  определяем по выражению:

$$A = \pm \int_0^T Y(t) X'(t) dt, \quad (3)$$

где  $X'(t)$  – первая производная от координаты  $X$  по времени. Знак «+» выбирается в случае, если кривая положительно ориентирована, т.е. при обходе кривой область остаётся слева, знак «-» в другом случае.

Для системы (1) и в соответствии с рисунком 4 решение интеграла (3) будет иметь следующий вид:

$$A_u = D_r^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_r^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{n.c} D_r}{2\omega} \cos(\omega t). \quad (4)$$

Время  $t$  находится в диапазоне  $0 < t < \frac{1}{2n}$ , где  $n$  – частота вращения, с<sup>-1</sup>.

Такое ограничение связано с тем, что работающей является не более чем половина витка циклоиды.

Таким образом, объём криволинейного цилиндра, отделяемого зубом, будет определяться:

$$V_{\text{ц}} = [D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{\text{н.с.}} D_p}{2\omega} \cos(\omega t)] B_3. \quad (5)$$

Используя выражение (5) можем определить значения конструктивных параметров, входящих в его состав.

**Результаты и обсуждение.** Шнековый рабочий орган отгружает суммарную массу компонентов, которая подаёт в него за счёт поступательного движения погрузчика-смесителя и из бункера. Производительность смешивания (кг/с) – это масса компоста, состоящая из перемешанных компонентов и отгружаемых рабочим органом в единицу времени.

Производительность подачи за счёт поступательного движения погрузчика-смесителя:

$$Q_{\text{п}} = \rho_{\text{к}} A_{\text{к}} v_{\text{н.с.}}, \quad (6)$$

где  $\rho_{\text{к}}$  – средняя плотность компоста, кг/м<sup>3</sup>;  $A_{\text{к}}$  – площадь поперечного сечения бурта компоста, м<sup>2</sup>;  $v_{\text{н.с.}}$  – поступательная скорость погрузчика-смесителя, м/с.

Для отгрузки рабочий орган, совершая вращательное движение, перемещает поступившую массу компоста к транспортеру. Зубья рабочего органа производят отделение частей компоста от бурта и подают их к винтовой поверхности шнекового рабочего органа.

Производительность отделения массы компоста одним зубом определяют следующим образом:

$$Q_{\text{л}} = V_{\text{ц}} \rho_{\text{к}} / t, \quad (7)$$

где  $t$  – время, за которое осуществляется отделение массы компоста одним зубом, с.

Подставляя значение объема  $V_{\text{ц}}$ , получим:

$$Q_{\text{л}} = \rho_{\text{к}} [D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{\text{н.с.}} D_p}{2\omega} \cos(\omega t)] B_3 / t. \quad (8)$$

При высоте бурта компоста, равной диаметру шнека, время отделения составит:

$$t = 1 / (2n) = \pi / \omega, \quad (9)$$

где  $n$  – частота вращения шнека, с<sup>-1</sup>.

При меньшей высоте бурта компоста время отделения будет определяться величиной центрального угла  $\psi$ , рад, сторонами которого будут являться радиусы, проведённые через верхнюю и нижнюю точки бурта. Общую производительность отделения массы компоста определяют с учётом количества зубьев  $z_i$ , одновременно участвующих в процессе:

$$Q = z_i \rho_{\text{к}} [D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{\text{н.с.}} D_p}{2\omega} \cos(\omega t)] B_3 (\omega / \pi). \quad (10)$$

Общая производительность отделения должна быть равна производительности подачи компоста:

$$\rho_{\text{к}} A_{\text{к}} v_{\text{н.с.}} = z_i \rho_{\text{к}} [D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{\text{н.с.}} D_p}{2\omega} \cos(\omega t)] B_3 (\omega / \pi). \quad (11)$$

Анализ выражения (11) показывает, что обе части содержат плотность компоста  $\rho_{\text{к}}$ . Сокращая плотности,

можно сделать вывод, что для обоснования режимов работы необходимо обеспечить равенство объёмов компоста, поступающего за счет скорости погрузчика-смесителя, и объёма, отделяемого зубьями рабочего органа:

$$A_{\text{к}} v_{\text{н.с.}} = z_i [D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{\text{н.с.}} D_p}{2\omega} \cos(\omega t)] (B_3 / t). \quad (12)$$

Выражения (11) и (12) связывают между собой диаметр рабочего органа по отделяющим зубьям, поступательную скорость погрузчика и угловую скорость шнекового рабочего органа, а также позволяют обосновать данные параметры. Решение данного уравнения относительно поступательной скорости погрузчика-смесителя имеет вид:

$$v_{\text{н.с.}} = \frac{z_i B_3 t \left( D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) \right)}{A_{\text{к}} - \frac{D_p}{2\omega} \cos(\omega t) z_i B_3 t}. \quad (13)$$

Аналогично, преобразуя выражение (10), выражая время через угловую скорость, можно получить выражение для обоснования угловой скорости:

$$\frac{Q_{\text{л}}}{z_i B_3 \rho_{\text{к}}} = D_p^2 \frac{\omega^2 t}{4} - \frac{D_p^2 \omega}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v D_p}{2} \cos(\omega t). \quad (14)$$

Анализ выражения (14) показывает, что производительность и угловая скорость связаны квадратным уравнением. Однако наличие тригонометрических функций, также зависящих от угловой скорости, позволяет решать данное уравнение численными методами.

Производительность процесса транспортирования отделённой массы компоста винтовой поверхностью шнекового рабочего органа, возможно рассмотреть, как работу винтового конвейера. Данная задача решена в ряде работ [13, 14]. В этом случае винтовая поверхность шнекового рабочего органа должна обеспечивать транспортирование всей поступившей на неё массы компоста. Анализ выше указанных работ показывает, что при частоте вращения рабочего органа, соответствующей рабочим режимам отделения, винтовая поверхность шнекового рабочего органа полностью отгружает поступившую массу.

В выражении для производительности процесса транспортирования необходимо учесть снижение пропускной способности шнека от стоек зубьев:

$$Q = k_c \rho \frac{\pi (D^2 - D_{\text{вн.г}}^2)}{4} \cdot k_n \frac{p n}{60} = k_c \rho \frac{D^3}{8} k_p k_{\text{пп}} \omega, \quad (15)$$

где  $k_c$  – коэффициент, учитывающий сопротивление движению груза от стоек, на которых установлены зубья;  $D_{\text{вн.г}}$  – внутренний диаметр поперечного сечения потока груза, м;  $k_n$  – коэффициент скорости, характеризующий отставание груза от теоретической скорости движения винтовой поверхности (это происходит из-за действия центробежной силы, которая отбрасывает частицы груза от винта, прижимая к стенкам кожуха. Силами трения о стенки кожуха груз притормаживается и отстаёт в своём движении от винтовой поверхности, т.е. вращается с меньшей угловой скоростью, чем угловая скорость винта, значение коэффициента определяют экспериментально);  $k_{\text{пп}}$  – коэффициент производительности, равный произведению коэффициентов заполнения межвиткового пространства  $k_v$  и скорости  $k_n$

(физическая сущность коэффициента заполнения заключается в определении соотношения между теоретическим объёмом межвиткового пространства шнекового рабочего органа и практическим его заполнением при работе шнека. Теоретическое определение  $k_c$  очень сложно, поэтому по аналогии со шнеками для зерна (по В.В. Красникову) его определяют экспериментально).

Сущность нового коэффициента  $k_c$  заключается в том, что стойки, на которых установлены зубья, перекрывают свободное сечение шнека и создают сопротивление перемещению компоста винтовой поверхностью. Величина этого коэффициента может быть представлена как отношение площади поперечного сечения потока компоста в шнеке  $A_{ш}$ , м<sup>2</sup>, к площади, занимаемой в поперечном сечении стойками  $A_c$ , м<sup>2</sup>:

$$k_c = \frac{A_{ш}}{A_c} = \frac{0,25\pi(D^2 - D_{вн.г}^2)}{z_c(D - D_{вн.г})b_c}, \quad (16)$$

где  $z_c$  и  $b_c$  – количество и ширина стоек в данном сечении.

Проведённые теоретические исследования позволили установить зависимости для определения основных конструктивных и технологических параметров рабочего органа погрузчика-смесителя органоминерального компоста: диаметр по внешним зубьям, поступательную скорость погрузчика, угловую скорость вращения шнекового рабочего органа, количество зубьев. Получены зависимости для определения производительности транспортирования и подачи.

На основании теоретических данных был изготовлен опытный образец погрузчика-смесителя органоминерального компоста, который проходил испытания в полевых условиях и подтвердил теоретические расчеты по обоснованию оптимальных конструктивных и режимных параметров рабочих органов [15, 16].

### Выводы

Экспериментально установлено, что максимальная производительность, равная 39 кг/с, обеспечивается при поступательной скорости погрузчика-смесителя 0,05 м/с, высоте зубьев над наружной кромкой шнека 40...50 мм и частоте вращения шнека 175...215 мин<sup>-1</sup>, что соответствует кинематическому параметру  $\lambda = 360...440$ . Максимальное значение коэффициента смешивания, равное 0,96, определяется диапазоном частоты вращения 225...250 мин<sup>-1</sup> и поступательной скоростью 0,05 м/с.

### Библиографический список

1. Pavlov P.I., Demin E.E., Khakimzyanov R.R., Levchenko G.V., Vezirov A.O. Mechanization of soil preparation for greenhouses. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2018; 9(3): 1023-1030.
2. Линник Н.К. Совершенствование технологии приготовления органических удобрений // Техника в сельском хозяйстве. 1995. № 6. С. 22-23.
3. Ajeet Kumar Rai, Sarfarajahamadidrisi and Shahbaz Ahmad, An Experimental Study of Forced Convection Green House Drying. *International Journal of Advanced Research in Engineering & Technology (IJARET)*. 2013; 4(5): 10-16

4. Ansari Md. Asif Md Riyasat Prof. J.G. Rana, Ms Vijayshree A More Dr. S.A. Naveed, Green House Monitoring Based on Zigbe. *International journal of Computer Engineering & Technology (IJCET)*. 2012; 3(3): 147-154.

5. Ерохин М.Н., Казанцев С.П., Демин Е.Е. Подъёмно-транспортные машины. М.: Колос-С, 2010. 335 с.

6. Павлов П.И., Медведев С.Л., Везилов А.О. Погрузчик-смеситель почвы для теплиц // Сельский механизатор. 2013. № 9. С. 40.

7. Рабочий орган погрузчика-смесителя: патент РФ № 117906, МПК В65G 67/24, В65G 65/22 / П.И. Павлов, Г.В. Левченко, А.О. Везилов, И.Л. Дзюбан; № 2012114293/11; заявл. 05.03.2012; опубл. 10.07.2012, бюл. № 19. 1 с.

8. Погрузчик-смеситель органоминерального компоста: патент РФ № 119337, МПК В65G 65/22, А01С 3/04 / А.О. Везилов, И.Л. Дзюбан, П.И. Павлов; № 2012114293/11; заявл. 11.04.2012; опубл. 20.08.2012, бюл. № 23. 2 с.

9. Дубинин В.Ф., Павлов П.И., Хитрова Н.В. Шнекофрезерный питатель погрузчика органических удобрений // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2000. № 10. С. 14-15.

10. Павлов П.И., Хакимзянов Р.Р. Погрузчик органических удобрений // Сельский механизатор. 2001. № 2. С. 48.

11. Артющин А.А., Пуговкина Н.П., Малыгина Л.М. Предпосылки оценки системы «навоз – органическое удобрение – поле» // Техника в сельском хозяйстве. 1990. № 2. С. 59-65.

12. Везилов А.О. Повышение эффективности технологического процесса приготовления почвенных смесей путём обоснования конструктивно-режимных параметров погрузчика-смесителя: дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2013. 126 с.

13. Листопад Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Агропромиздат, 1986. 688 с.

14. Хитрова Н.В. Повышение эффективности погрузки органических удобрений погрузчиком непрерывного действия и обоснование параметров шнекофрезерного питателя: дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 1997. 156 с.

15. Дзюбан И.Л., Павлов П.И. Результаты исследований производительности погрузчика-смесителя органоминерального компоста // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 7. С. 35-37.

16. Павлов П.И., Дзюбан И.Л. Результаты исследования степени смешивания погрузчика-смесителя для приготовления органоминерального компоста // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 8. С. 50-51.

### References

1. Pavlov P.I., Demin E.E., Khakimzyanov R.R., Levchenko G.V., Vezirov A.O. Mechanization of soil preparation for greenhouses. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2018; 9(3): 1023-1030. (In English)
2. Linnik N.K. Sovershenstvovanie tekhnologii prigotovleniya organicheskikh udobreniy [Improving the production methods of organic fertilizers]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*, 1995; 6: 22-23 (In Russian).
3. Ajeet Kumar Rai, Sarfarajahamadidrisi and Shahbaz Ahmad, An Experimental Study of Forced Convection Green House Drying. *International Journal of Advanced Research*

in *Engineering & Technology (IJARET)*. 2013; 4(5): 10-16. (In English)

4. Ansari Md. Asif Md Riyasat Prof. J.G. Rana, Ms Vijayshree A **More Dr. S.A.** Naveed, Green House Monitoring Based on Zigbe. *International journal of Computer Engineering & Technology (IJCET)*. 2012; 3(3): 147-154. (In English)

5. Erokhin M.N., Kazantsev S.P., Demin Ye.Ye. Pod'emno-transportnye mashiny [Cargo handling machines]. Moscow, Kolos-S, 2010: 335. (In Russian).

6. Pavlov P.I., Medvedev S.L., Vezirov A.O. Pogruzchik-smesitel' pochvy dlya teplits [Soil loading mixer for greenhouses]. *Sel'skiy mekhanizator*, 2013; 9: 40 (In Russian).

7. Pavlov P.I., Levchenko G.V., Vezirov A.O., Dzyuban I.L. Rabochiy organ pogruzchika – smesitelya [Actuator of a loading mixer]: Patent RF No. 117906, 2012 (In Russian).

8. Vezirov A.O., Dzyuban I.L., Pavlov P.I. Pogruzchik-smesitel' organomineral'nogo komposta [Loading mixer of activated compost]: Patent RF No. 119337, 2012 (In Russian).

9. Dubinin V.F., Pavlov P.I., Khitrova N.V. Shnekofrezerniy pitatel' pogruzchika organicheskikh udobreniy [Auger-type cutting feeder of a loading machine for organic fertilizers]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*, 2000; 10: 14-15 (In Russian).

10. Pavlov P.I., Khakimzyanov R.R. Pogruzchik organicheskikh udobreniy [Loading machine for organic fertilizers]. *Sel'skiy mekhanizator*, 2001; 2: 48 (In Russian).

11. Artyushin A.A., Pugovkina N.P., Malykhina L.M. Predposylki otsenki sistemy "navoz – organicheskoe udobrenie – pole" [Grounds for assessing the "manure – organic

fertilizer – field" system]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*, 1990; 2: 59-65 (In Russian).

12. Vezirov A.O. Povysheniye effektivnosti tekhnologicheskogo protsessa prigotovleniya pochvennykh smesey putem obosnovaniya konstruktivno-rezhimnykh parametrov pogruzchika-smesitelya [Improving the efficiency of the technological process of soil mixture preparation through the determination of design and operating parameters of a loading mixer]. PhD (Eng) thesis, Saratov, 2013, 126. (In Russian).

13. Listopad G.E. Sel'skokhozyaystvennyye i meliorativnyye mashiny [Agricultural and land-improvement machinery]. Moscow, Agropromizdat, 1986: 688. (In Russian).

14. Khitrova N.V. Povysheniye effektivnosti pogruzki organicheskikh udobreniy pogruzchikom nepreryvnogo deystviya i obosnovaniye parametrov shnekofrezernogo pitatelya [Improving the loading efficiency of organic fertilizers with the use of continuously-operated loader and determination of parameters of an auger-type cutting feeder]. PhD (Eng) thesis, Saratov, 1997, 156 p. (In Russian)

15. Dzyuban I.L., Pavlov P.I. Rezul'taty issledovaniy proizvoditel'nosti pogruzchika-smesitelya organomineral'nogo komposta [Results of studies on the performance efficiency of a loading mixer of activated compost]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova*, 2014; 7: 35-37 (In Russian).

16. Pavlov P.I., Dzyuban I.L. Rezul'taty issledovaniya stepeni smeshivaniya pogruzchika-smesitelya dlya prigotovleniya organomineral'nogo komposta [Results of studying the mixing quality of a loading mixer used for the preparation of activated compost]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova*, 2014; 8: 50-51 (In Russian).

#### Критерии авторства

Павлов П.И., Дзюбан И.Л., Везилов А.О. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Павлов П.И., Дзюбан И.Л., Везилов А.О. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 3.10.2019

Опубликована 20.12.2019

#### Contribution

Pavlov P.I., Dzyuban I.L., Vezirov A.O. carried out the experimental work, summarized the material based on the experimental results, and wrote the manuscript. Pavlov P.I., Dzyuban I.L., Vezirov A.O. have copyrights for the paper and are responsible for plagiarism.

#### Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on October 3, 2019

Published 20.12.2019