

5. Vasilev, S.A. Metodika i ustroystvo dlya profilirovaniya poverkhnosti pochvy i opredele-niya napravleniya stoka atmosferykh osadkov v polevykh usloviyakh / S.A. Vasilev, I.I. Maksimov, V.V. Alekseev // Vestnik APK Stavropolya. – 2015. – No. 3 (19). – S. 22-26.

6. Pat. 2543813 Ustroystvo dlya profilirovaniya poverkhnosti pochvy i opredeleniya napravleniya stoka atmosferykh osadkov v polevykh usloviyakh / I.I. Maksimov, S.A. Vasilev, V.I. Maksimov, A.A. Petrov, A.A. Vasilev (Rossiya). – No. 2013154603; Zayavleno: 09.12.2013; Opubl. 10.03.2015.

7. Kartashov, D.Yu. Analiz traektorii dvizheniya zubev pri sozdanii eksperimental-nogo pochvoobrabatyvayushchego rabocheho organa / D.Yu. Kartashov, S.A. Vasilev, E.P. Alekseev, A.A. Vasilev, V.V. Alekseev // Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo ped-agogicheskogo universiteta im. I.Ya. Yakovleva. – 2013. – No. 4-2 (80). – S. 91-94.

8. Pat. 2428829 RF. Rabochiy organ dlya vneseniya v pochvu zhidkikh meliorantov / I.I. Maksimov, S.A. Vasilev, A.A. Vasilev, V.I. Maksimov (Rossiya). – No. 2010104265/21; Zayavleno: 08.02.2010; Opubl. 20.09.2011.



УДК 631.6

Н.П. Шкилев, А.А. Васильев  
N.P. Shkilev, A.A. Vasilyev

## ПРИМЕНЕНИЕ СПИРАЛЬНОГО ВИНТА В РАБОЧЕМ ОРГАНЕ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ МЕЛИОРАНТОВ

### THE USE OF A SPIRAL SCREW IN THE WORKING TOOL FOR APPLYING LIQUID AMELIORANTS

**Ключевые слова:** *мелиоранты, рабочий орган для внесения жидких мелиорантов, напор, трубопровод, спиральный винт.*

Исследуется рабочий орган для внесения жидких мелиорантов для возможности создания дополнительного напора жидкости в трубопроводе за счет применения вращающегося спирального винта. Спиральный винт получает вращение через переходную втулку от зубчатого колеса, которое контактирует с плужной подошвой и приводится во вращательное движение в процессе перемещения машинно-тракторного агрегата. Получающий вращательное движение винт непосредственно оказывает воздействие на жидкие мелиоранты своими витками. При перемещении витков спирального винта между внутренней и наружной трубами предотвращается забивание отверстий инородными включениями и создается дополнительный выравнивающий напор. Создание такого напора по всей длине устройства позволяет распределять одинаковое количество жидких

мелиорантов из всех выходных отверстий. Дополнительный напор от вращающегося спирального винта зависит от числа совершаемых им оборотов. На практике количество оборотов спирального винта конструктивно зависит от скорости перемещения рабочего органа в почве. В полевых исследованиях устройство для распыла жидких мелиорантов крепилось к культиваторной лапе плоскореза-глубоко-рыхлителя шириной захвата 110 см. Установившаяся рабочая скорость в процессе исследований составила 6-8 км/ч, что позволяет зубчатому колесу диаметром 11 см совершать 300-400 мин.<sup>-1</sup>, при этом напор жидких мелиорантов в устройстве для распыла находится в диапазоне 0,2-0,64 м. Таким образом, дополнительный выравнивающий напор жидких мелиорантов в устройстве можно получить, применяя вращающийся спиральный винт. Вращение винта непосредственно получает от зубчатого колеса и численно зависит от рабочей скорости машинно-тракторного агрегата.

**Keywords:** *ameliorants, working tool for applying liquid ameliorants, head pressure, pipeline, spiral screw.*

This paper discusses the working tool for applying liquid ameliorants regarding the possibility of creating additional liquid pressure in the pipeline by using a rotating spiral screw. The screw receives rotation through the transition sleeve from the gear wheel which contacts the plow sole and is driven into rotational motion during the movement of the machine and tractor unit. The screw that receives the rotational movement directly affects the liquid ameliorants with its turns. When moving the coils of the spiral screw between the inner and outer pipes, it prevents clogging of the holes with foreign inclusions and creates an additional equalizing pressure. Creating such a pressure along the entire length of the device allows distributing the same amount of liquid ameliorants

from all the output holes. The additional pressure from the rotating helical screw depends on the number of revolutions it makes. In practice, the number of turns of the spiral screw structurally depends on the speed of movement of the working tool in the soil. In field studies, the device for spraying liquid ameliorants was attached to the tine of a subsurface plow with a width of 110 cm. The steady working speed during the research was 6-8 km h, which allows a gear wheel with a diameter of 11 cm making 300-400 min<sup>-1</sup>, while the head pressure of liquid ameliorants in the spray device is in the range of 0.2...0.64 m. Thus, an additional leveling head pressure of liquid ameliorants in the device may be obtained by applying a rotating spiral screw. The screw directly receives rotation from the gear wheel and numerically depends on the working speed of the machine and tractor unit.

**Шкилев Николай Павлович**, д.с.-х.н., н.с., Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. E-mail: alexei.21@mail.ru.

**Васильев Алексей Анатольевич**, к.т.н., доцент, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. E-mail: alexei.21@mail.ru.

**Shkilev Nikolay Pavlovich**, Dr. Agr. Sci., Staff Scientist, Nizhny Novgorod State Engineering-Economic University. E-mail: alexei.21@mail.ru.

**Vasilyev Aleksey Anatolyevich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Nizhny Novgorod State Engineering-Economic University. E-mail: alexei.21@mail.ru.

## Введение

В настоящее время существует большое множество сельскохозяйственных машин, которые имеют рабочие органы для внесения различных жидких, по своей консистенции, мелиорантов. Данные рабочие органы имеют ряд недостатков, которые существенно влияют на эффективность их работы. К таким недостаткам можно отнести, прежде всего, неравномерное внесение, вследствие того, что распределение мелиорантов не соответствует ширине захвата почвообрабатывающего органа; также немаловажным фактором является забивание выходных отверстий различными включениями, содержащимися в жидких мелиорантах, что приводит к сбою работоспособности рабочего органа сельскохозяйственной машины [1].

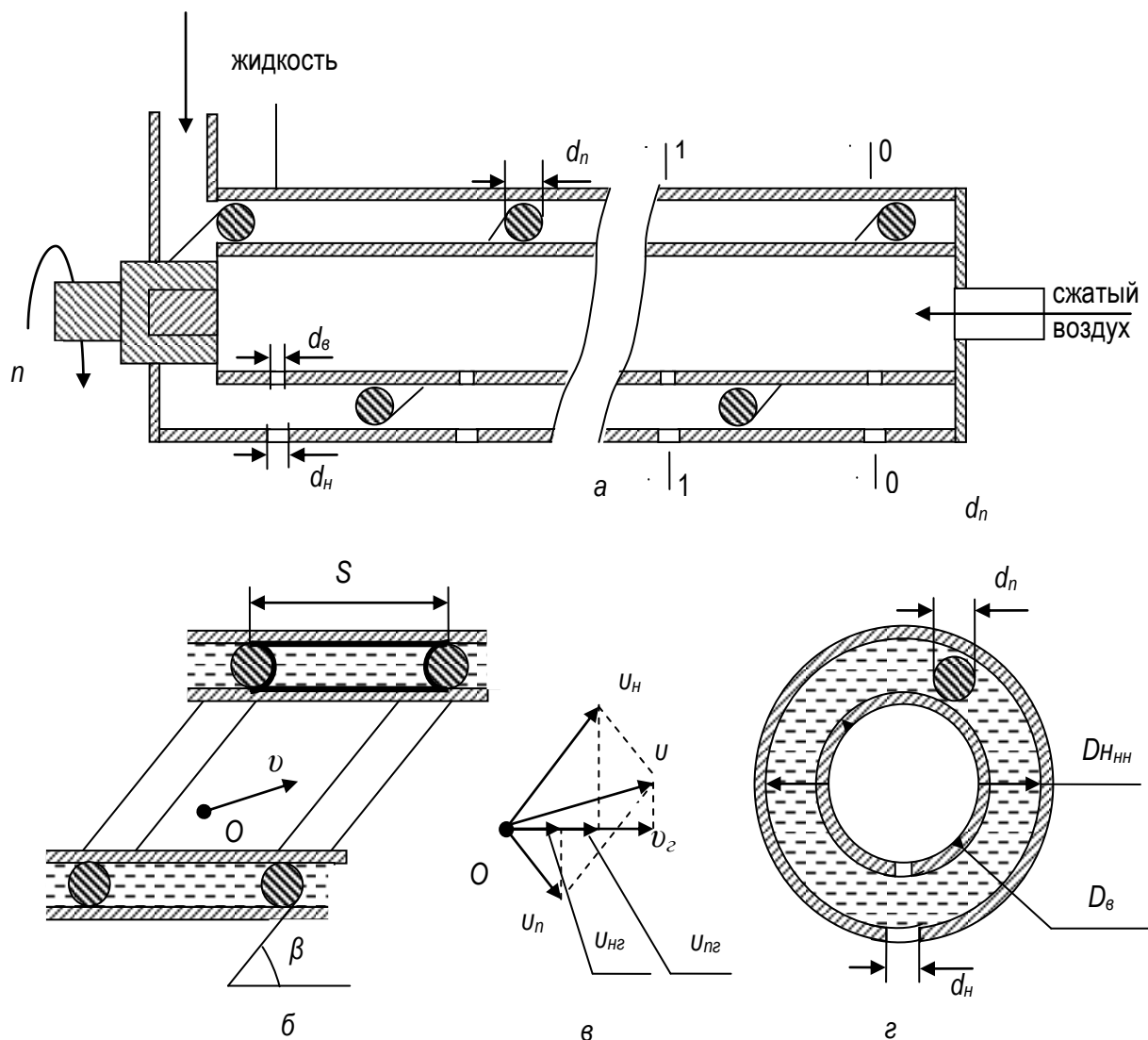
Разработанный рабочий орган для внесения жидких мелиорантов позволяет устранить приведенные выше недостатки за счет

применения вращающегося спирального винта [2].

**Цель** исследования – определить возможность создания дополнительного напора жидкости в рабочем органе для внесения жидких мелиорантов за счет применения вращающегося спирального винта.

## Методика исследований

Между внутренней и наружной трубами размещен свободно вращающийся спиральный винт (рис. 1) [3, 5]. В данное пространство подаются жидкие мелиоранты. Во внутреннюю трубу поступает воздух под давлением и, выходя из отверстия внутренней трубы, выталкивает жидкость в выходное отверстие и приводит к созданию мелкодисперсной среды. Для того чтобы мелиоранты равномерно распределялись по ширине рабочего органа, необходимо применить конструктивное решение – установить спиральный винт.



**Рис. 1. Устройство для внесения жидких мелиорантов:**  
**а – устройство, представленное в продольном разрезе;**  
**б – расположение жидких мелиорантов между наружной и внутренней трубой;**  
**в – движение жидких мелиорантов; г – расположение отверстий наружной и внутренней труб устройства и винта в поперечном разрезе**

Спиральный винт получает вращение через переходную втулку от зубчатого колеса, которое контактирует с плужной подошвой и приводится во вращательное движение. Витки вращающегося спирального винта начинают двигаться между наружными и внутренними трубами и оказывают дополнительное воздействие на жидкие мелиоранты в данном пространстве. Данное конструктивное решение позволяет создать необходимый выравнивающий напор по всей длине

устройства, что дает возможность распределять одинаковое количество жидких мелиорантов из всех выходных отверстий.

### Результаты исследований

Исследуем кинематическое движение жидких мелиорантов в пространстве между наружной и внутренней трубами (рис. 1).

Перемещение жидких мелиорантов, так называемой жидкой фракции, будет складываться исходя из движения жидкости за счет

применяемого типа насоса и действия витков вращающегося спирального винта [4]:

$$\vec{v} = \vec{v}_n + \vec{v}_n, \quad (1)$$

где  $\vec{v}$  – перемещение жидкой фракции, м/с;

$\vec{v}_n$  – перемещение жидкой фракции под определенным напором (зависит от применяемого типа насоса), м/с;

$\vec{v}_n$  – перемещение жидкой фракции под действием витков вращающегося спирального винта, м/с.

Перемещения жидкой фракции  $u$  вдоль трубы можно записать как

$$\vec{v}_2 = \vec{v}_{nz} + \vec{v}_{nz}, \quad (2)$$

где  $\vec{v}_2$  – вектор перемещения жидкой фракции в горизонтальной плоскости, м/с;

$\vec{v}_{nz}$  – вектор перемещения жидкой фракции под определенным напором в горизонтальной плоскости, м/с;

$\vec{v}_{nz}$  – вектор перемещения жидкой фракции под действием витков вращающегося спирального винта в горизонтальной плоскости, м/с.

Перемещение жидкой фракции под действием витков вращающегося спирального винта в горизонтальной плоскости составит

$$v_{nz} = v_n \cos \beta = \frac{Q_n}{\omega_{np}} \cos \beta, \quad (3)$$

где  $\beta$  – наклон витков винта к оси устройства, град;

$Q_n$  – количество жидкой фракции в пространстве между трубами, м<sup>3</sup>/с;

$\omega_{np}$  – площадь образованного пространства между трубами и между витками спирального винта (на рисунке 1 б контур выделен жирной линией), м<sup>2</sup>.

Выделенную площадь, которая образуется в пространстве между трубами и между витками спирального винта, можно выявить, зная рациональные параметры устройства (рис. 1):

$$\omega_{np} = d_n S - \frac{\pi d_n^2}{4}, \quad (4)$$

где  $d_n$  – диаметр металлического стержня, из которого изготавливается спиральный винт, м.

Горизонтальная составляющая скорости движения жидкости под действием спиралей винта может быть определена следующим образом

$$v_{nz} = \frac{S}{t} = S n, \quad (5)$$

где  $t$  – интервал прохода витка спирального винта расстояния  $S$ , с.

Учитывая уравнения (3)-(5), выражение (2) примет вид

$$v = S n + \frac{Q}{d_n S - \frac{\pi d_n^2}{4}} \cos \beta. \quad (6)$$

Количество жидкой фракции в момент прохождения отверстия наружной трубы в разрезе 0-0 будет составлять

$$Q_0 = v_0 \omega_{oms} = v_0 \frac{\pi d_n^2}{4}, \quad (7)$$

где  $v_0$  – перемещение жидкой фракции в разрезе 0-0, м/с.

В разрезе 1-1 составит

$$Q_1 = v_1 \omega_1, \quad (8)$$

где  $v_1$  – перемещение жидкой фракции в разрезе 1-1, м/с.

$\omega_1$  – площадь образованного пространства между трубами и между витками спирального винта в разрезе 1-1, м<sup>2</sup>.

Учитывая основной закон гидродинамики (неразрывность потока жидкости), при установившемся движении жидкости произведение средней скорости движения на площадь живого сечения является величиной постоянной

$$Q_0 = Q_1 = Q_i = \dots = Q = const,$$

получим следующие выражения:

$$v_0 \frac{\pi d_n^2}{4} = v_1 \omega_1; \quad (9)$$

$$\omega_1 = \frac{\pi(D_n^2 - D_e^2 - d_n^2)}{4}, \quad (10)$$

где  $D_n$  и  $D_e$  – диаметр наружной и внутренней труб соответственно, м.

После прохода отверстия наружной трубы жидкая фракция начинает распадаться на капли и образуется так называемая жидкостная струя, которая будет иметь следующую скорость перемещения

$$v_0 = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (11)$$

где  $\varphi$  – коэффициент скорости при истечении жидкости через отверстие обычно равен 0,97-0,98;

$H$  – высота столба жидкости (напор) над выбранным уровнем отсчёта, м.

Преобразуя выражения (9)-(11), можно записать

$$v_1 = \frac{d_n^2 \varphi \sqrt{2gH}}{D_n^2 - D_e^2 - d_n^2}. \quad (12)$$

Объединив выражения (6) и (12), получим уравнение, которое позволит определить число оборотов спирального винта для того, чтобы создать дополнительный выравнивающий напор по всей длине устройства (в пространстве между внутренней и наружной трубами):

$$n = \frac{\frac{d_n^2 \sqrt{2gH}}{D_n^2 - D_e^2 - d_n^2} - \frac{Q_i}{d_n S} \cos \beta}{S}, \quad (13)$$

где  $Q_i$  – количество жидкой фракции в пространстве между трубами в каком-либо  $i$ -ом сечении, м<sup>3</sup>/с.

В процессе работы число оборотов спирального винта будет зависеть от скорости перемещения почвообрабатывающего агрегата, поскольку зубчатое колесо, которое непосредственно контактирует с плужной подошвой, и передает вращение.

В процессе обработки почвы культиваторной лапой плоскореза-глубокорыхлителя шириной 1,1 м со скоростью перемещения машинно-тракторного агрегата (МТА) 5-9 км/ч [6, 7] устанавливались зубчатые колеса различных диаметров (табл.). Исследования были направлены для выявления зависимости изменения вращения зубчатого колеса от скорости перемещения машинно-тракторного агрегата.

Полученные данные, представленные в таблице, позволяют графически отобразить зависимость вращения зубчатого колеса от скорости перемещения машинно-тракторного агрегата (рис. 2).

Таблица

**Изменение вращения зубчатого колеса от перемещения МТА**

Скорость перемещения машинно-тракторного агрегата $u_m$ , км/ч	Вращение зубчатого колеса $n$ , мин. <sup>-1</sup>		
	диаметры звездочки		
	$d_1= 90$ мм	$d_2= 110$ мм	$d_3= 130$ мм
5	530,78	242,81	367,46
5,5	501,29	267,09	347,05
6	471,80	291,37	326,63
6,5	442,32	315,65	306,22
7	412,83	339,93	285,80
7,5	383,34	364,21	265,39
8	353,85	388,50	244,97
8,5	324,36	412,78	224,56
9	294,88	437,06	204,14



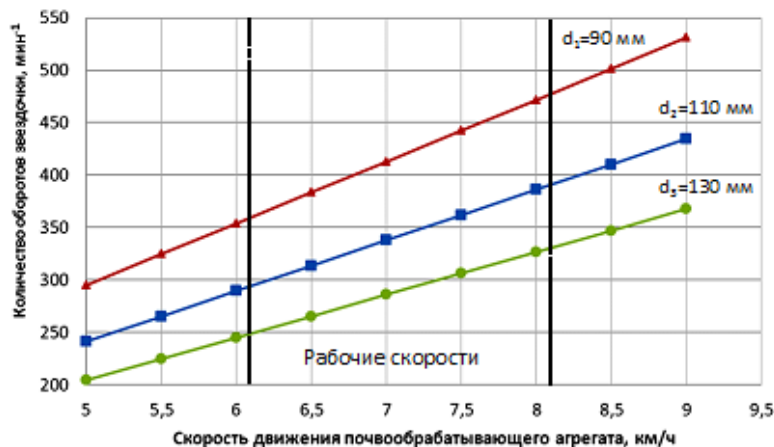


Рис. 2. Линейная зависимость вращения зубчатого колеса от перемещения машинно-тракторного агрегата

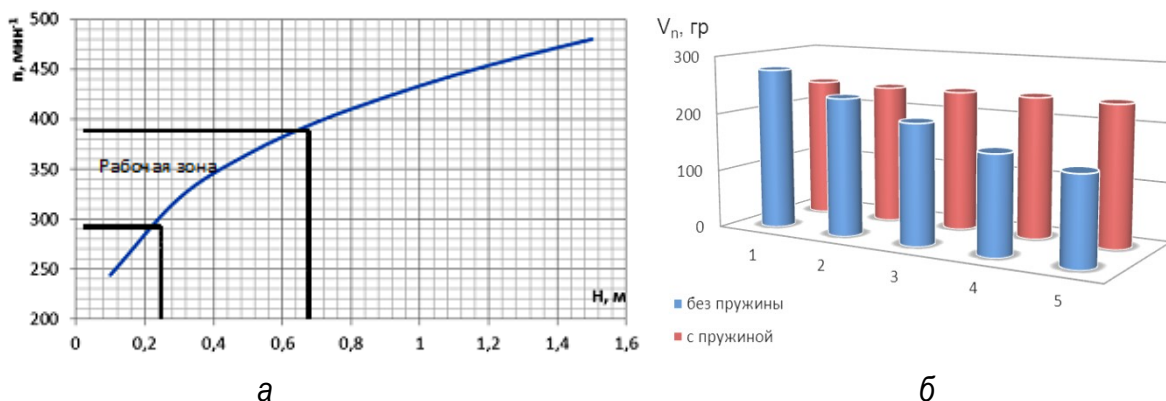


Рис. 3. Получение дополнительного выравнивающего напора жидких мелиорантов в устройстве (а) и график по результатам сравнения работы данного устройства со спиральным винтом (с пружиной) и без спирального винта (без пружины) (б)

На представленном графике можно наглядно выявить зависимость вращения зубчатого колеса в процессе работы МТА. Установившаяся рабочая скорость составляет 6-8 км/ч, что позволяет зубчатому колесу диаметром 11 см совершать 30000 мин.<sup>-1</sup>.

Полученные опытным путем значения можно подставить в уравнение (1.13) и определить дополнительный напор в устройстве (рис. 3).

На графике (рис. 3а) отмечена «рабочая зона», определяющая диапазон полученного дополнительного выравнивающего напора жидких мелиорантов непосредственно в устройстве в процессе движения машинно-

тракторного агрегата с рабочей скоростью 6-8 км/ч.

Данный дополнительный напор, в диапазоне 0,2-0,64 м, является достаточным для равномерного распределения жидкости вдоль всей длины рабочего органа для внесения жидких мелиорантов (рис. 3б), в соответствии с его конструктивными параметрами [4].

### Заключение

Таким образом, используя в устройстве для внесения жидких мелиорантов вращающийся спиральный винт, появляется возможность получения дополнительного выравнивающего напора жидкости. Данное

конструктивное решение позволяет равномерно распределить питательную жидкость по выходным отверстиям наружной трубы. При этом вращение винт получает от зубчатого колеса, которое контактирует с плужной подошвой и численно зависит от рабочей скорости машинно-тракторного агрегата.

### Библиографический список

1. Машины для внесения жидких и пылевидных удобрений. – URL: <http://железный-конь.рф/mashiny-dlya-vneseniya-zhidkix-i-pylevidnykh-udobr>, свободный. – Загл. с экрана. – Текст: электронный.

2. Васильев, А. А. Устройство для внесения в почву жидких мелиорантов при плоскорезной обработке / А. А. Васильев, С. А. Васильев. – Текст: непосредственный // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Т. 111, № 1. – С. 181-184.

3. Патент 2428829 РФ. Рабочий орган для внесения в почву жидких мелиорантов / Максимов И. И., Васильев С. А., Васильев А. А., Максимов В. И. (Россия). – №2010104265/21; заявл. 08.02.2010; опубл. 20.09.2011, Бюл. № 26. – Текст: непосредственный.

4. Васильев, А. А. Обоснование основных параметров рабочего органа для внесения жидких мелиорантов при безотвальной обработке почвы: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.20.01 / Васильев Алексей Анатольевич. – Чебоксары, 2002. – 22 с. – Текст: непосредственный.

5. Vasilyev, A., Vasiliev, S., Shkilev, N. (2020). Mechanized spraying of liquid meliorants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 421. 032026. Doi: 10.1088/1755-1315/421/3/032026.

6. Листопад, Г. Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г. Е. Листопад. –

Москва: Агропромиздат, 1986. – Текст: непосредственный.

7. Максимов, И. И. Практикум по сельскохозяйственным машинам / И. И. Максимов. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 416 с. – Текст: непосредственный.

### References

1. Mashiny dlya vneseniya zhidkikh i pylevidnykh udobreniy [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://zheleznyy-kon.rf/mashiny-dlya-vneseniya-zhidkix-i-pylevidnykh-udobr>, svobodnyy. – Zagl. s ekrana.

2. Vasilev, A.A. Ustroystvo dlya vneseniya v pochvu zhidkikh meliorantov pri ploskoreznoy obrabotke / A.A. Vasilev, S.A. Vasilev // Trudy GOSNITI. – 2013. – T. 111. – No. 1. – S. 181-184.

3. Pat. 2428829 RF. Rabochiy organ dlya vneseniya v pochvu zhidkikh meliorantov / I.I. Maksimov, S.A. Vasilev, A.A. Vasilev, V.I. Maksimov (Rossiya). – No. 2010104265/21; Zayavleno: 08.02.2010; Opubl. 20.09.2011, Byul. No. 26.

4. Vasilev, A.A. Obosnovanie osnovnykh parametrov rabocheho organa dlya vneseniya zhidkikh meliorantov pri bezotvalnoy obrabotke pochvy: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / Vasilev Aleksey Anatolevich. – Cheboksary, 2002. – 22 s.

5. Vasilyev, A., Vasiliev, S., Shkilev, N. (2020). Mechanized spraying of liquid meliorants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 421. 032026. Doi: 10.1088/1755-1315/421/3/032026.

6. Listopad, G.E. Selskokhozyaystvennye i meliorativnye mashiny. – Moskva: Agropromizdat, 1986.

7. Maksimov, I.I. Praktikum po selskokhozyaystvennym mashinam. – Sankt-Peterburg: Lan, 2015. – 416 s.

