

22. Stabilizator vertikal'nyh kolebanij mosta kolyosnogo transportnogo sredstva (Stabilizer of Vertical Oscillations of the Axle of a Wheeled Vehicle), E.E. Kuznecov, Shchitov S.V. [i dr.], Patent na poleznuyu model' No 154775, Zayavka No 2015117097 ot 05.05.2015. Opublikovano 10.09.2015. Byul. No 25.

23. Trosovyj dogruzhatel' kolyosnogo ehnergeticheskogo sredstva (Cable Weight Transfer Unit of Wheeled Transport Facility), E. E. Kuznecov, Shchitov S.V. [i dr.], Patent na poleznuyu model' No 164093, Zayavka No 2015153394/11 ot 11.12.2015. Opublikovano 20.08.2016. Byul. No 23.

24. Increasing the Efficiency of Transport and Technological Complexes Used in Crop Harvesting, S. V. Shchitov, Z. F. Krivuca, Yu. B. Kurkov, A. V. Burmaga, E. E. Kuznetsov, O. P. Mitrokhina, E. V. Popova// *Journal of Engineering and Applied Sciences*, Year 2018, Volume:13, Issue:16.DOL:10.3923/jeasci.2018.6512.65.URL:http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/jeasci/2018/6850-6854.pdf. Data obrashcheniya: 5.11.2018 goda

УДК 631.3
ГРНТИ 68.85

DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14114

Курдюмов В.И., д-р техн.наук, профессор;
Павлушин А.А., д-р техн.наук, профессор;
Сутягин С.А., канд.техн.наук, доцент;
Прошкин Е.Н., канд.техн.наук, доцент;
Прошкин В.Е., ассистент;
Артемьев В.В., студент,
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет
имени П.А. Столыпина»,
г. Ульяновск, Ульяновская область, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА СМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПОЧВЕННОГО ГРУНТА В УСТАНОВКЕ НЕПРЕРЫВНОГО ТИПА

© Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А.,
Прошкин Е.Н., Прошкин В.Е., Артемьев В.В., 2018

В настоящее время для улучшения роста и развития домашних растений широко применяют почвенный грунт. Для приготовления качественного почвенного грунта необходимо, чтобы его компоненты были качественно смешаны в заданных пропорциях. Существующие установки обладают недостатками: сложность конструкции, повышенная энергоёмкость, низкое качествоготавливаемого грунта. Нами предложена установка для приготовления грунта непрерывного типа, включающая шнековый транспортер с зубчатыми витками. Полученные теоретические уравнения были использованы для определения параметров наименее энергоёмкого привода, который при этом обеспечит требуемое качествоготавливаемого грунта. В качестве критерия оптимизации был выбран коэффициент степени смешивания K , так как он всесторонне оценивает исследуемый процесс, а также позволяет связать независимые факторы технологического процесса в математическую модель. Исследование установки проводили на почвенно-торфяном грунте с добавлением пенопластового наполнителя. После проведенных экспериментальных исследований было составлено уравнение регрессии и построена графическая зависимости влияния независимых факторов на критерий оптимизации. После проведенных экспериментальных исследований и анализа их результатов определены оптимальные значения независимых факторов процесса приготовления грунта для растений. Так, частота вращения шнека - 219 мин⁻¹, радиус витков шнека - 12 мм. При этом пропускная способность установки составляет 39 кг/ч, а коэффициент степени смешивания максимален и равен 0,96. Внедрение в производство разработанного смесителя грунта позволит обеспечить годовой экономический эффект в размере 48036,24 рубля в сравнении с использованием для этих целей торфосмесителя МС 1120.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СМЕШИВАНИЕ КОРМА, СМЕСИТЕЛЬ КОРМОВ НЕПРЕРЫВНОГО ТИПА, СПИРАЛЬНЫЙ ВИНТ.

УДК 631.3

DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14114

Kurdyumov V.I., Dr Tech. Sci., Professor;
Pavlushin A.A., Dr Tech. Sci., Professor;
Sutyagin S.A., Cand. Tech. Sci., Associate Professor;
Proshkin E.N., Cand. Tech. Sci., Associate Professor;
Proshkin V.E., Junior Lecturer;
Artemyev V.V., Student,

Ulyanovsk State Agricultural University Named after P. A. Stolypin,
Ulyanovsk, Ulyanovsk region, Russia

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF SOIL MIXING IN CONTINUOUS-MIXING MACHINE

Nowadays, soil is widely used to improve house plants growth and development. For the preparation of high-quality soil, it is necessary to mix the components in the specified proportions. Existing plants have drawbacks: design complexity, increased energy consumption, low mixing quality. We have proposed a continuous-mixing machine, which has the screw conveyor with toothed spirals. In the course of the research, theoretical equations were derived to determine the parameters of the least power-consuming drive, which in this case provides the required quality of the soil mixture. As for the optimization criterion, the coefficient of the degree of mixing K was selected, since it comprehensively assesses the process under study and also allows of collecting independent factors of the technological process to make a mathematical model. Material used for testing of the machine: peat soil and foam plastic added. The experimental studies resulted in presentation of the regression equation and graphical dependence of the influence of independent factors on the optimization criterion. After the experimental studies and analysis of their findings, the optimal values of independent factors of soil procession were determined as follows: screw rotating speed is 219 rpm, screw radius is 12 mm. Besides, capacity of the machine amounts to 39 kg / h, and the mixing ratio is maximum and equal to 0.96. The introduction of the designed soil mixer into production will ensure an annual economic effect in the amount of 48,036.24 rubles in comparison with the use of the MC 1120 peat soil mixer for these purposes.

KEY WORDS: FEED BLENDING, CONTINUOUS-TYPE FEED MIXER, SPIRAL SCREW.

Современное состояние вопроса. В настоящее время, для улучшения роста и развития домашних растений широко применяют почвенный грунт. Основное назначение почвенного грунта – поддерживать развитие растения, подводить к его корням воду, питательные элементы и обеспечить доступ воздуха к корневой системе. Поэтому в состав готовых почвенных грунтов включают разные компоненты. Основными компонентами почвенного грунта являются торф, дерновая земля, листовая земля, перегной, песок, пенопластовый наполнитель и древесный уголь. Для приготовления хорошего почвенного грунта необходимо, чтобы его компоненты были качественно смешаны в заданных пропорциях [1, 2].

Серийные установки, применяемые для приготовления и смешивания грунта, обладают недостатками: сложность конструкции, повышенная энергоёмкость, низкое качество приготавливаемого грунта и др. Например, на приготовление 1 тонны грунта

в торфосмесителе MC 1120 (рисунок 1) требуется затратить около 10 кВтч электроэнергии. Однако качество приготовления грунта в этом торфосмесителе низкое, так как его рабочий орган выполнен в виде спирали, а такой рабочий орган не способен разрушать комки торфа и содержащиеся в нем волокнистые включения.

Поэтому разработка принципиально новых установок, простых по конструкции, способных качественно приготовить почвенный грунт для сельскохозяйственных и домашних растений при низких затратах энергии является актуальной и важной научно-технической задачей [1, 3].

Методика исследований. Для повышения качества приготовления почвенного грунта, снижения затрат энергии нами предложена принципиально новая, простая по конструкции установка для приготовления грунта для растений, включающая шнековый транспортер с зубчатыми витками (рисунок 2) [2, 4, 5].



Рис.1. Торфосмеситель МС 1120

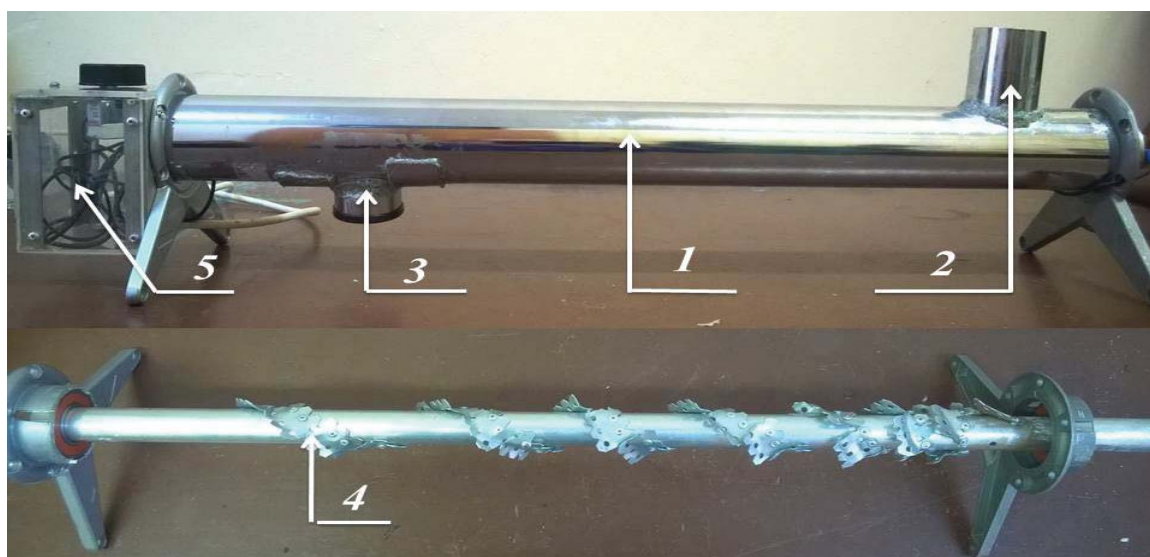


Рис.2. Разработанная установка для приготовления почвенного грунта (обозначения в тексте)

Разработанная установка для приготовления почвенного грунта для домашних растений содержит цилиндрический кожух 1, загрузочный бункер 2, выгрузное окно 3, установленный внутри кожуха с возможностью вращения шнековый транспортёр 4. Транспортёр 4 выполнен в виде шнека с зубчатыми витками. Транспортёр 4 установлен под загрузочным бункером 2 от его наружного края до наружного края выгрузного окна 3. Шнек выполнен с переменным шагом витков. Шаг витков части шнека, расположенной под загрузочным бункером 2, выполнен меньшим. Шаг витков части шнека, расположенной от загрузочного бункера 2 до наружного края выгрузного окна 3, выполнен большим. Витки шнека выполнены с разрывами, причем расстояние между кромками витков равны между собой. Внутри вра-

щающегося транспортёра 4 неподвижно установлен теплоэлектронагреватель (на рисунке не показан). Теплоэлектронагреватель соединен с регулятором температурного режима 5.

Установка работает следующим образом. Включают теплоэлектронагреватель. Регулятором температурного режима 5 задают требуемую температуру нагрева шнекового транспортёра 4. После достижения заданной температуры транспортёра 4 включают его привод (на рисунке не показан). Затем подают компоненты грунта в заданных пропорциях в загрузочный бункер 2. Компоненты поступают внутрь кожуха 1, где захватываются зубчатыми витками шнека, которые перемещают частицы грунта к выгрузному окну 4. За счет меньшего шага витков части шнека, расположенной под загрузочным бункером 3, в этой зоне крупные компоненты грунта измельчаются зубьями

витков шнека и одновременно частицы грунта перемешиваются между собой. Хорошему перемешиванию также способствует разрыв витков шнека. Далее витки шнека, шаг которых выполнен большим, продвигают компоненты грунта к выгрузному окну 4, окончательно перемешивая их. За время движения внутри кожуха 1 смесь почвенного грунта прогревается

до необходимой температуры, при которой из него удаляются излишки влаги, а также в нем погибают грибки, яйца глист и другие вредные организмы. Готовый грунт удаляется из установки через выгрузное окно 4.

Схема сил, действующих на частицу перемещаемого грунта, представлена на рисунке 3 [1, 3].

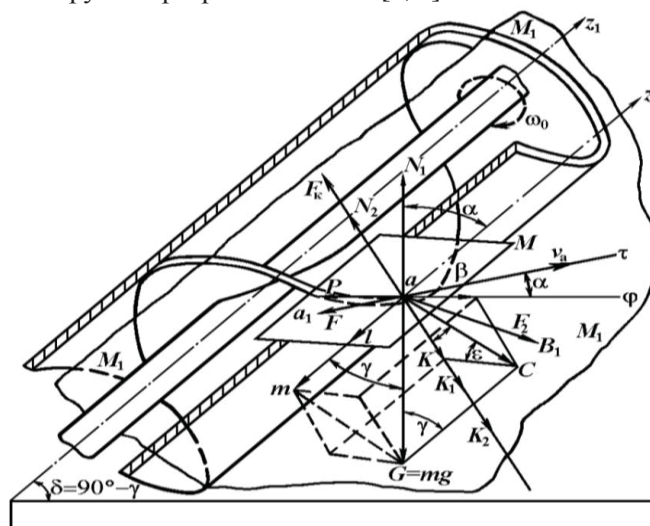


Рис.3. Схема сил, действующих на частицу грунта в установке

Уравнения равновесия действующих на частицу грунта сил в проекции на координатные оси имеет вид:

$$\begin{cases} N_1 \cos \alpha - f_1 N_1 \sin \alpha - m a (d^2 \varphi / dt^2) - G \cos \gamma - f_2 N_2 \sin \beta = 0 \\ G \cos \gamma \cdot \sin \varepsilon - f_2 N_2 \cos \beta - f_1 N_1 \sin \alpha - N_1 \sin \alpha - m r (d^2 \varphi / dt^2) = 0; \\ G \sin \gamma \cdot \cos \varepsilon + m r \omega_0^2 + m r (d \varphi / dt)^2 - N_2 - m r \omega_0^2 - 2 m r \omega_0 (d \varphi / dt) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

где N_1 – сила реакции относительно витка шнека, Н; f_1 – коэффициент трения грунта о материал шнека; α – угол подъема витка шнека, град.; r – радиус витка шнека, м; m – масса частицы грунта, кг; G – сила тяжести, действующая на частицу грунта, Н; γ – угол наклона шнека относительно вертикали, град.; N_2 – сила реакции со стороны кожуха, Н; f_2 – коэффициент трения грунта о материал кожуха; β – угол между векторами скоростей v_n и v , град.; v_n – переносная скорость, м/с; v – абсолютная скорость, м/с; a – разрыв между витками, м; φ – угол смещения частица грунта, град.; t – время, с; ω_0 – угловая скорость частицы грунта, c^{-1} ; ε – угол, на который отклоняется частица грунта относительно вертикальной плоскости, град.; ψ – угол поворота шнека, град.; $m r (d^2 \varphi / dt^2)$ – касательная сила инерции, Н; $m r \omega_0^2$ – центробежная сила инерции, Н; $m r (d \varphi / dt)^2$ – центробежная сила инерции в относительном движении, Н; F_k – сила Кориолиса, Н; $m a (d^2 \varphi / dt^2)$ – аксиальная сила инерции, Н.

Схема векторов скоростей представлена на рисунке 4.

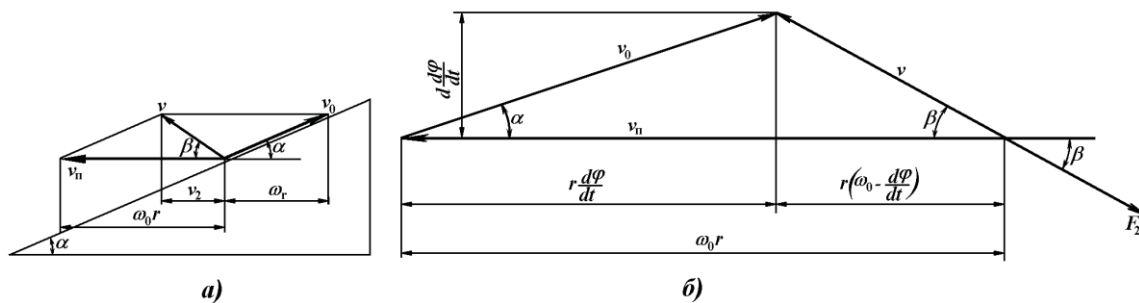


Рис.4. Схема векторов скоростей

Так, абсолютная скорость $v = v_n + v_0$, или $v = v_1 + v_2$, где $v_n = r \cdot \omega_0$ – переносная скорость; $v_0 = v_r$ – относительная скорость (скорость скольжения по винтовой поверхности); $v_1 = v \cdot \sin \beta$ – осевая составляющая абсолютной скорости или скорости скольжения по стенке кожуха; $v_2 = v \cdot \cos \beta$ – касательная составляющая скорости, характеризующая окружную скорость точки в абсолютном вращательном движении; ω_r – относительная угловая скорость частицы грунта.

Таким образом,

$$v = \frac{\omega_0 \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}, \quad (2)$$

$$v_1 = a \frac{d\varphi}{dt} = v \sin \beta = \frac{\omega_0 r \sin \alpha \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}, \quad (3)$$

$$v_2 = r \left(\omega_0 - \frac{d\varphi}{dt} \right) = v \cos \beta = \frac{\omega_0 r \sin \alpha \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)}, \quad (4)$$

$$\omega = \frac{v_2}{r} = \omega_0 - \frac{d\varphi}{dt} = \frac{v \cos \beta}{r} = \frac{\omega_0 \sin \alpha \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)}. \quad (5)$$

Полученные теоретические уравнения были использованы для определения параметров наименее энергоемкого привода, который при этом обеспечит требуемое качество приготавливаемого грунта.

В качестве критерия оптимизации был выбран коэффициент степени смешивания K , так как он всесторонне оценивает исследуемый

процесс, а также позволяет связать независимые факторы технологического процесса в математическую модель. Коэффициент степени смешивания показывает равномерность и пропорциональность распределения компонентов в грунте.

На основе изучения ранее выполненных исследований по приготовлению грунта, поисковых опытов, а также, исходя из конструктивных особенностей исследуемой установки, нами приняты следующие пределы варьирования независимых факторов: частота вращения шнека, $n = 100 \dots 294 \text{ мин}^{-1}$, радиус витка шнека, $r = 10 \dots 14 \text{ мм}$ [1, 2, 3].

Результаты и обсуждение. Исследование установки проводили на почвенно-торфяном грунте с добавлением пенопластового наполнителя. После проведенных экспериментальных исследований было составлено уравнение регрессии и построена графическая зависимости влияния независимых факторов на критерий оптимизации.

Уравнение регрессии, характеризующее влияние частоты вращения шнека n , мин^{-1} , и радиуса витка шнека r , мм, на пропускную способность имеет вид:

$$Q = 28,4 + 0,58n + 0,4r - 0,2nr^2 + 0,15n^2r - 0,21n^2 - 0,64r^2. \quad (6)$$

Графическая интерпретация данного уравнения представлена на рисунке 5.

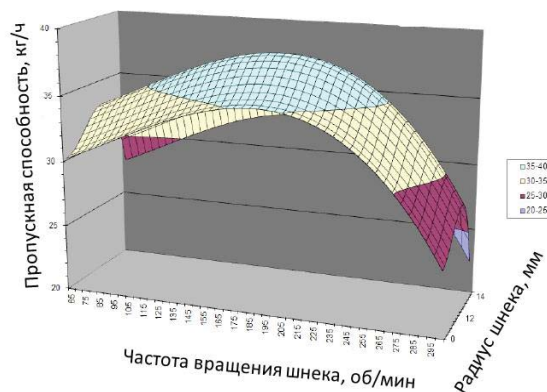


Рис. 5. Зависимость пропускной способности установки от частоты вращения шнека n , мин^{-1} и радиуса витка шнека r , мм

В результате анализа уравнения (6) и соответствующей ему поверхности отклика выявлено, что с увеличением частоты вращения пропускная способность установки сначала увеличивается, достигает максимума, затем начинает снижаться. Максимальная пропускная способность $Q = 37 \dots 39 \text{ кг/ч}$ достигается при $n = 170 \dots 230 \text{ мин}^{-1}$ при радиусе витков шнека 12 мм.

В результате экспериментальных исследований были получены зависимости коэффициента степени смешивания K от частоты вращения шнека n , мин^{-1} , и радиуса витков шнека r , мм.

$$K = 0,39 + 0,3n + 0,7r - 0,15nr^2 + 0,2n^2r - 0,21n^2 - 0,64r^2. \quad (7)$$

Поверхность отклика, характеризующая данное уравнение, представлена на рисунке 6.

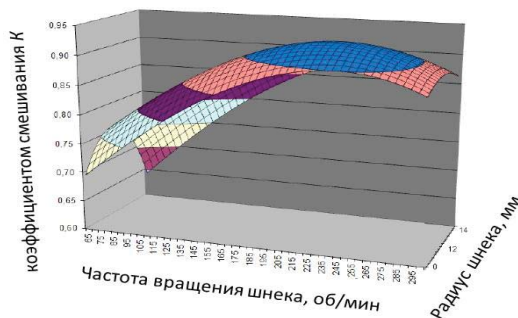


Рис.6. Зависимость степени смешивания K установки от частоты вращения шнека n , мин⁻¹ и радиуса витков шнека r , мм

Анализ поверхности, изображенной на рисунке 6, показал, что максимальное значение коэффициента степени смешивания, равное 0,96, можно достичь при частоте вращения шнека - 219 мин⁻¹, которая обеспечивает пропускную способность установки 39 кг/ч. При этих параметрах следует поддерживать температуру шнека в пределах 64...66 °С

Выводы. После проведенных экспериментальных исследований и анализа их результатов определены оптимальные значения независимых факторов процесса приготовления

грунта для растений: частота вращения шнека - 219 мин⁻¹ радиус витков шнека - 12 мм. При этом пропускная способность установки составляет 39 кг/ч, а коэффициент степени смешивания максимален и равен 0,96.

Внедрение в производство разработанного смесителя грунта позволит снизить себестоимость приготовления смеси и обеспечить годовой экономический эффект в размере 48036,24 рубля в сравнении с использованием для этих целей торфосмесителя МС 1120. Срок окупаемости разработанного устройства не превысит 2,4 года.

Список литературы

1. Курдюмов, В.И. Тепловая обработка зерна в установках контактного типа / В.И. Курдюмов [и др.] - Ульяновск, УГСХА имени П.А. Столыпина, 2013. - 290 с.
2. Курдюмов, В.И. К определению скорости движения грунта в установке для его приготовления / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин, И.В. Сушко // Инновационная техника и технология. - 2017. - № 2 (11). - С. 24-28.
3. Патент 138909 Российской Федерации, МПК А01G 9/00. Устройство для приготовления грунта для домашних растений / В.И. Курдюмов, С.А. Сутягин, В.А. Белов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Ульяновская ГСХА». - № 2013143407; заявл. 25.09.2013; опубл. 27.03.2014 г., Бюл. № 9.
4. Патент 138910 Российской Федерации, МПК А01G 9/06. Устройство для приготовления грунта для домашних растений / В.И. Курдюмов, С.А. Сутягин, В.А. Белов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Ульяновская ГСХА». - № 2013143408; заявл. 25.09.2013; опубл. 27.03.2014 г., Бюл. № 9.
5. Патент 2548885 Российской Федерации, МПК А01G 9/00. Устройство для приготовления грунта для домашних растений / В.И. Курдюмов, С.А. Сутягин, В.А. Сулягин, В.А. Белов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Ульяновская ГСХА». - № 2013143109; заявл. 23.09.2013; опубл. 20.04.2015 г., Бюл. № 11.

Reference

1. Kurdyumov, V.I. Teplovaya obrabotka zerna v ustanovkakh kontakt-nogo tipa (Thermal Processing of Grain in the Contact-Type Units), V.I. Kurdyumov [i dr.], Ul'yanovsk, UGSKHA imeni P.A. Stolypina, 2013, 290 p.
2. Kurdyumov, V.I. K opredeleniyu skorosti dvizheniya grunta v ustanovke dlya ego prigotovleniya (Re: Assessment of Soil Speed in Soil Mixing Machine), V.I. Kurdyumov, A.A. Pavlushin, S.A. Sutyagin, I.V. Sushko, *Innovacionnaya tekhnika i tekhnologiya*, 2017, No 2 (11), PP. 24-28.
3. Patent 138909 Rossijskoj Federacii, MPK A01G 9/00. Ustrojstvo dlya prigotovleniya grunta dlya domashnih rastenij (Device for Preparation of Soil for House Plants) / V.I. Kurdyumov, S.A. Sutyagin, V.A. Belov, zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO «Ul'yanovskaya GSKHA», No 2013143407; zayavl. 25.09.2013, opubl. 27.03.2014 g., Byul. No 9.
4. Patent 138910 Rossijskoj Federacii, MPK A01G 9/06. Ustrojstvo dlya prigotovleniya grunta dlya domashnih rastenij (Device for Preparation of Soil for House Plants), V.I. Kurdyumov, S.A. Sutyagin, V.A. Belov, zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO «Ul'yanovskaya GSKHA», No 2013143408, zayavl. 25.09.2013, opubl. 27.03.2014 g., Byul. No 9.
5. Patent 2548885 Rossijskoj Federacii, MPK A01G 9/00. Ustrojstvo dlya prigotovleniya grunta dlya domashnih rastenij (Device for Preparation of Soil for House Plants), V.I. Kurdyumov, S.A. Sutyagin, V.A. Sutyagin, V.A. Belov, zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO «Ul'yanovskaya GSKHA», No 2013143109, zayavl. 23.09.2013, opubl. 20.04.2015 g., Byul. No 11.