

DOI
УДК 631.332.7

МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОЗАТОРА-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ПОЧВЫ

И.Х. Гайфуллин, Д.Т. Халиуллин, М.Н. Калимуллин, Б.Г. Зиганшин, Р.Р. Хамитов

Реферат. В статье рассматривается дозатор-распределитель с почвотранспортирующими элементами, производится обоснование и определение его технологических и конструктивных параметров. В результате проведенных теоретических исследований получены аналитические зависимости для определения диаметра диска дозатора-распределителя почвы, высоты почвотранспортирующего элемента и объема почвы, потребного для укрытия клубней картофеля. Систематизированы и обобщены результаты работ в области теории и расчета картофелепосадочных машин, получены аналитические зависимости для определения основных конструктивных и технологических параметров дозатора-распределителя почвы картофелесажалки. На основе литературных источников для получения цифровых значений, нами выбраны ширина между-рядья (70 см), расстояние между клубнями (25 см), масса клубня – средняя (55...60 г), ширина на дне борозды, равная ширине гнезда – наименьшая (0,06...0,07 м), глубина посадки клубней (0,19 м), фракция картофеля – семенная (50...80 г), рабочая скорость – в пределах (2,9...9 км/ч). По расчетам получены следующие результаты: диаметр каждого диска ($D=35...40$ см), высота почвотранспортирующего элемента ($h_{ПЭ}=0,025$ м) и объем почвы ($\Omega=0,004$ м³), потребного для укрытия клубней картофеля.

Ключевые слова: картофелесажалка, картофель, почва, дозатор-распределитель, почвотранспортирующие элементы.

Введение. Одним из неотложных задач АПК является повышение эффективности всех его отраслей, обеспечение страны продовольствием [1, 2, 3]. Картофель занимает одно из первых мест среди пропашных культур, он имеет важное значение как продукт питания и технологическое сырье. По ценности как продовольственная, кормовая и техническая культура картофель занимает ведущее место после зерновых. Ценность его обусловлена высоким содержанием в клубнях питательных веществ (крахмала 17,5%, белка 1...2%, сахара 0,5%, минеральных солей 1%) и витаминов (С, В₁, В₂, В₆, Р_р, К), а также высокой урожайностью клубней (в среднем 200...300 ц/га) [4, 5, 6]. Кроме того, картофель хороший предшественник для большинства сельскохозяйственных культур. Специальные исследования и многолетний опыт показывают, что картофель дает лучшие результаты на рыхлых и хорошо разработанных почвах, которые в достаточной степени проницаемы для воздуха, содержат необходимое количество влаги. Тяжелые глинистые почвы менее пригодны для выращивания картофеля, так как они обладают значительной твердостью, недостаточной воздухопроницаемостью и высокой влажностью, что оказывает неблагоприятное влияние на развитие клубней и накопление крахмала. По данным НИИ картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха [7, 8] оптимальной на дерново-подзолистых почвах следует считать плотность 1,1...1,2 г/см³; при увеличении плотности, до 1,4...1,5 г/см³ запаздывают всходы, а урожайность снижается примерно на 40%. На тяжелосуглинистых почвах увеличение плотности с 1,1 до 1,5 г/см³, снижает урожайность на 50%, причем клубни имеют большей частью не стандартную форму. На черноземах оптимальной считают плотность 0,9...1,1 г/см³. На легких песчаных

почвах уплотнение до 1,5...1,6 г/см³ почти не сказывается на урожайности [9, 10, 11]. В 70-х годах под картофелем было занято в странах – членах Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ) 10,7 млн. га.

Как известно, в большинстве случаев посадка проводится без яровизации, что приводит к удлинению периода появления всходов, повышает поражаемость клубней болезнями и вредителями, сокращает период вегетации культуры. Также использование устаревших малоэффективных рабочих органов в том числе сошников, не в полной степени обеспечивают выполнение агротехнических условий посадки клубней картофеля.

Учитывая вышеуказанные предпосылки, разработан сошник для посадки картофеля, который комбинирует такие рабочие элементы как рыхлитель, бороздообразователь, клубнепровод и дозатор-распределитель почвы. При этом они качественно выполняют соответствующие технологические операции. Например, рыхлители проводят предпосадочное рыхление, крошение, измельчение крупных комков почвы и уничтожают сорняки. В свою очередь, бороздообразователи раскрывают борозду на заданную глубину посадки клубней или проводят лункование, образуют гребни.

Последующие клубнепроводы осуществляют укладку клубней на дно борозды, а также плавное направление картофеля ко дну борозды. Дозаторы-распределители почвы обеспечивают присыпанию (заделку) клубней почвой, распределяя её толщиной не более 1...2 см.

Практика сельскохозяйственного производства требует повышения рабочих скоростей картофелепосадочных машин в 1,4...1,5 раза [12, 13, 14]. Если при существующих рабочих скоростях расчет основных рабочих органов картофелесажалок

ограничивался определением их геометрических параметров из условий статики, то при скоростях движения картофелепосадочного агрегата больше 7...8 км/ч эти рабочие органы необходимо рассчитывать с учетом их динамики [15, 16]. Например, исследования показали [17], что заклинивание клубней в вычерпывающем аппарате не только приводит к резкому увеличению нагрузок и неравномерности вращения вычерпывающего аппарата, но и вызывает появление затухающих колебаний. Колебания, вызванные цепным приводом вычерпывающего аппарата, при определенных скоростях по частоте могут совпадать с собственной частотой колебаний вычерпывающего аппарата, что приводит к резонансу. Поэтому для механизмов, работающих на повышенных скоростях, необходим точный динамический расчет [18].

Настоящая работа направлена на решение важной народнохозяйственной проблемы – совершенствование технологии возделывания картофеля совмещением технологических операций и разработка рабочих органов, направленных на достижение высокого экономического результата. Целью работы является повышение эффективности возделывания картофеля путем проектирования и обоснования конструктивных параметров картофелесажалки с комбинированными рабочими органами.

Условия, материалы и методы. Рабочий процесс дозатора-распределителя почвы двухдискового (тарельчатого) типа разбивается на четыре последовательные фазы: 1 – вынос (забор) почвы со стенки борозды на рабочую поверхность дозатора; 2 – транспортирование почвы дисками от стенки борозды до места сброса (в зоне междурядья); 3 – сбрасывание почвы с дисков; 4 – распределение почвы по поверхности междурядья.

Процесс выноса почвы дозатором основан на принципе работы одногранного плоского клина, вращающегося от сцепления с почвой стенки борозды и на законе истечения сыпучего материала. При этом, под воздействием (врезанием) каждого плоского диска дозатора, почва деформируется путем отрыва и стремится скользить вверх по рабочей поверхности диска. В это время лотки, находящиеся на рабочей поверхности диска, захватывают (подгребают) порцию почвы и удерживают её при транспортировании (вращении диска), качественное выполнение которых зависит от угла установки и параметров диска, а также от формы и геометрических размеров его лотков.

Для обоснования и определения угла установки каждого диска ко дну борозды рассмотрим силы, действующие на частицу m почвы, находящуюся на рабочей поверхности диска. При этом плоскость диска действует на почву нормальной силой N (рисунок 1). Эта сила разлагается на составляющую N_v , направленную назад, прямо пропорционально движению машины, и составляющую N_T , направленную по касательной к плоскости диска с почво-транспортирующим элементом, повернутым на угол γ . Проекция силы R , отклоненной на угол ϕ трения на плоскость диска, дает силу трения F , направленную противоположно N_T :

$$N_T = Ntg\gamma \quad (1)$$

Противодействующая ей сила трения:

$$F = Ntg\phi \quad (2)$$

Тогда сила, вынуждающая частицу почвы m перемещаться по плоскости диска:

$$(N_T - F) = N(tg\gamma - tg\phi) \quad (3)$$

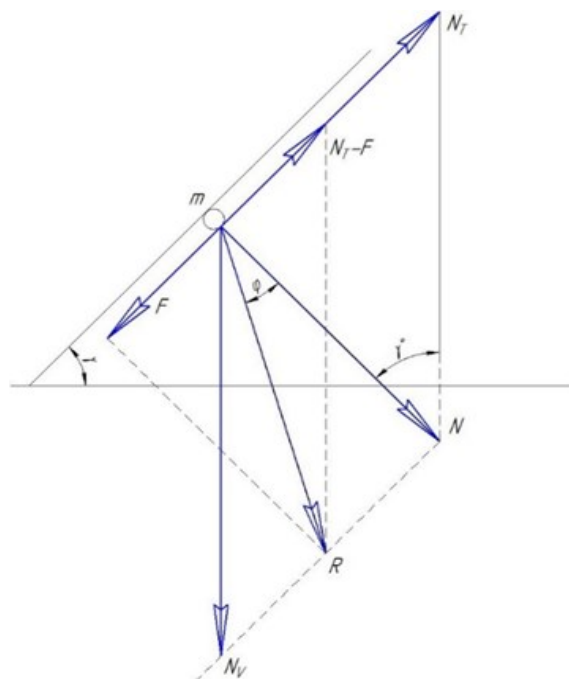


Рис. 1 – Определение угла установки элементов дозатора-распределителя почвы

С другой стороны, на частицу почвы m действует сила N_v , которая отбрасывает ее назад по ходу машины. Результирующей этих двух сил будет сила R , по направлению которой и происходит реальное движение частицы m .

Условие нормальной работы диска с почвотранспортирующими элементами – отсутствие скольжения почвы по почвотранспортирующему элементу при ее захвате из стенки борозды, и, наоборот, скольжение почвы по почвотранспортирующему элементу при сбрасывании ее в зону междурядья.

Первое условие будет соблюдаться в том случае, когда

$$N_T \leq F_{\max} ,$$

т. е. если

$$Ntg\gamma \leq Ntg\phi$$

или

$$\gamma \leq \phi \quad (4)$$

Второе условие будет выполняться в том случае, если

$$N_T \geq F_{\max} ,$$

т. е. если

$$Ntg\gamma \geq Ntg\phi$$

или

$$\gamma \geq \phi \quad (5)$$

Эти два условия противоположны и совместимы только в одном случае, если

$$\gamma = \phi \quad (6)$$

Следовательно, угол установки почвотранспортирующих элементов должен быть равен углу внешнего трения почвы по диску дозатора-распределителя почвы. Тогда результирующая R будет направлена вдоль вектора N_v , иначе говоря, действующей силой будет единственная сила N_v , так как

$$N_T = F ,$$

и почва будет выбрасываться дозатором назад по ходу, прямо противоположно направлению его движения.

Учитывая, что некоторое уплотнение почвы влияет на ее проскальзывание, поэтому можно считать допустимым небольшое превышение угла γ над углом ϕ трения.

Для ориентировочного определения угловой скорости диска дозатора-распределителя почвы принимаем, что начальная скорость частиц почвы, выбрасываемых почвотранспортирующим элементом, равна скорости конечной точки данного элемента (рисунок 2):

$$V = \omega r$$

В момент сбрасывания почвы скорость v направлена под углом α к вертикали. При этом составляющие скорости v :

$$\text{горизонтальная - } V_x = \omega r \sin \alpha$$

$$\text{вертикальная - } V_y = \omega r \cos \alpha$$

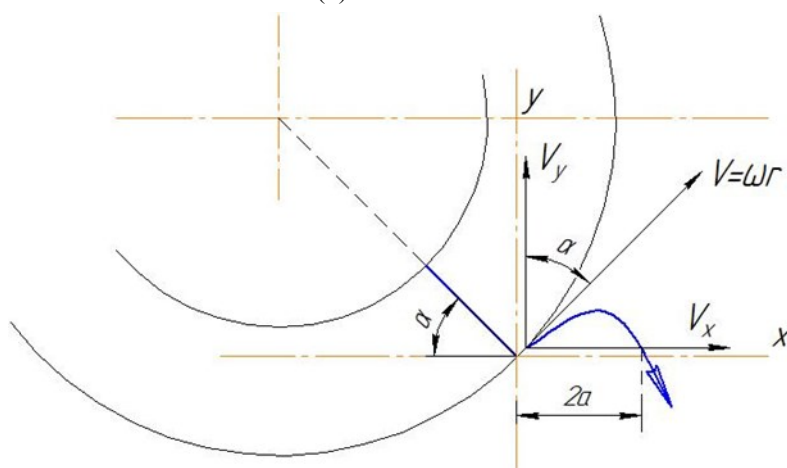


Рис. 2 – Определение угловой скорости дозатора-распределителя почвы

Для обоснования и определения конструктивных параметров дозатора-распределителя почвы обратимся к агротехническим требованиям посадки и физико-механическим свойствам клубней картофеля: 1) картофель высаживают широкорядным (рядовым) способом с междурядьями 60, 70 и 90 см, с расстоянием между клубнями в рядке 25, 30 и 35 см.

Основное междурядье в большинстве районов нашей страны 70 см; 2) масса клубня – наименьшее 20...25 г, среднее 55...60 г, наибольшее 120...150 г; 3) ширина гнезда – наименьшее 0,07 м, среднее 0,25 м, наибольшее 0,40 м; 4) глубина залегания клубней – 0,12, 0,19 и 0,24 м; 5) три фракции картофеля – крупный - продовольственный более 80 г,

средний – семенной 50...80 г, мелкий – кормовой 30...50 г; б) рабочая скорость движения в пределах от 2,9 до 9 км/ч [19, 20, 21].

Результаты и обсуждение. Учитывая вышеуказанное и результаты исследований ряда авторов, нами выбраны: ширина междурядья – 70 см, расстояние между

клубнями – 25 см, масса клубня – средняя 55...60 г, ширина на дне борозды, равная ширине гнезда – наименьшая 0,06...0,07 м, глубина посадки клубней – 0,19 м, фракция картофеля – семенная 50...80 г, рабочая скорость – в пределах от 2,9 до 9 км/ч (рисунок 3).

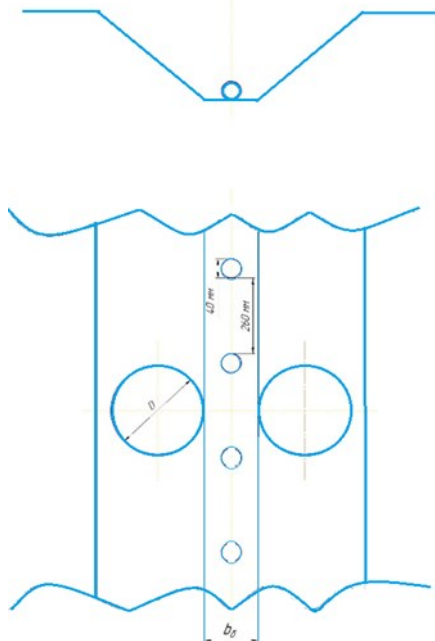


Рис. 3 – Определение конструктивных параметров дозатора-распределителя почвы

Принимая во внимание ширину междурядья, параметры борозды и угол установки диска дозатора ко дну борозды, диаметр диска можно определить по формуле:

$$D = \frac{b_M - b_b}{2 \cos \alpha} \quad (7)$$

где b_M - ширина междурядья ($b_M=70$ см); b_b - ширина на дне борозды ($b_b=2...7$ см); α - угол наклона диска к дну борозды ($\alpha=30^\circ$).

Подставив численные значения в выражение (7), рассчитан диаметр диска дозатора-распределителя почвы, достаточный для обеспечения присыпания (заделки) клубней почвой, распределяя её толщиной не более 1...2 см:

$$D = \frac{70 - 6}{2 \cdot 0,8660} = 36,951 \approx 37 \text{ см}$$

Отсюда следует, что диаметр диска может быть выбран в пределах 35...40 см.

Количество (объем) почвы, потребное для укрытия клубней картофеля за один оборот дисков дозатора-распределителя почвы:

$$\Omega = L \cdot b_b \cdot h_b - \Delta \quad (8)$$

где

$$L = \frac{\pi D}{\cos \alpha} - \text{путь (расстояние), проходимый}$$

диск за один оборот, м;

$$h_b = h_k + h_n - \text{высота (толщина) почвы от}$$

дна борозды до поверхности присыпания, м (h_k - средняя высота клубня; h_n - высота (толщина) почвы для укрытия клубней); Δ - суммарный объем клубней, находящихся на расстоянии L , м³.

Отсюда

$$h_b = 0,04 + 0,02 = 0,06 \text{ м}$$

$$L = \frac{3,14 \cdot 0,32}{0,866} \approx 1,16 \text{ м}$$

Для определения числа клубней, находящихся на расстоянии L , средние размеры семенного картофеля принимаем 0,04 м x 0,04 м x 0,04 м, а расстояние между клубнями в рядке 26 см. Отсюда получим $q_k = 4 \text{ шт.}$

Тогда, подставив численные значения в выражение (8), можно рассчитать объем почвы, потребный для укрытия клубней картофеля:

$$\Omega = \frac{3,14 \cdot 0,32}{0,8660} \cdot 0,06 \cdot 0,06 - 4 \cdot 0,000064 = 0,0039209 \text{ м}^3 \approx 0,004 \text{ м}^3$$

Зная объем почвы, величины Ω и площадь двух дисков, можно определить высоту почво-транспортного элемента:

$$h_{ПЭ} = \frac{\Omega}{S}, \quad (9)$$

где S – суммарная площадь двух дисков, находящихся в процессе работы, m^2 .

Тогда, подставив численные значения в формулу (9), получим:

$$h_{ПЭ} = \frac{0,004}{0,16} = 0,025 \text{ м}.$$

Таким образом, разработан алгоритм методики расчета основных конструктивных и технологических параметров дозатора-распределителя почвы картофелесажалок, оснащенных почво-транспортными элементами.

Расчет проводится на основании функциональных зависимостей основных физико-механических характеристик семенного материала и почвы от агротехнических требований к посадке картофеля.

Предложенный алгоритм расчета позволяет надежно и быстро рассчитать следующие основные конструктивные и технологические параметры: диаметр каждого диска в пределах $D=35...40$ см, высот а почво-транспортного элемента $h_{ПЭ}=0,025$ м и объем почвы $\Omega=0,004$ m^3 , потребный для укрытия клубней картофеля, расстояние между клубнями в рядке 26 см в количестве 4 шт.

Полученные теоретические зависимости могут быть использованы как при исследовании, так и при проектировании дозаторов-почв картофелесажалки, оснащенных почво-транспортными элементами.

Литература

1. Badretdinov, I. D. Examination of the Airflow Uneven Distribution over the Combine Harvester Cleaning System / I. D. Badretdinov, S. G. Mudarisov, D. T. Khaliullin // *Mathematical Modelling of Engineering Problems*. – 2022. – Vol. 9. – No 2. – P. 371-378. – DOI 10.18280/mmep.090210.
2. Современные почвообрабатывающие машины: регулировка, настройка и эксплуатация / А. Р. Валиев, Б. Г. Зиганшин, Ф. Ф. Мухамадьяров и др. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 264 с. – EDN YMOCJY.
3. Современные энергосберегающие технологии в сельском хозяйстве / Б. Г. Зиганшин, Ю. Х. Шогенов, И. Х. Гайфуллин и др. – Казань: Казанский ГАУ, 2018. – 276 с.
4. Results of Practical Use of Fertilizers from Chicken Manure in Winter Wheat Cultivation / F. S. Sibagatullin, Z. M. Khaliullina, R. R. Minnikhanov [et al.] // *International Scientific Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources*. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00048. – DOI 10.1051/bioconf/20213700048.
5. Халиуллин, Д. Т. Теоретические исследования распределения зернового вороха на очистке зерноуборочного комбайна при боковом крене / Д. Т. Халиуллин, Д. Ф. Галеев // *Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ* – Казань: Казанский ГАУ, 2022. – С. 277-284.
6. Использование удобрений из куриного помета для выращивания органической продукции / А. С. Ганиев, Ф. С. Сибгатуллин, Б. Г. Зиганшин и др. // *Вестник Казанского ГАУ*. – 2022. – Т. 17. – № 1(65). – С. 9-14. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-9-14.
7. Константинов Р. И., Халиуллин Д.Т. Техническое решение для повышения урожайности сельскохозяйственных // *Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы*. – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – С. 120-126.
8. Лысенко А. Ю. Травмирование клубней в зависимости от предуборочного удаления ботвы картофеля // *Вестник Казанского ГАУ*, – 2022. – Т. 17. – № 1(65). – С. 20-26. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-20-26.
9. Клёнин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины // - М.: Колос, 1980. – 671с.
10. Синекоков Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин // - М.: Машиностроение, 1965.
11. Ярославлев Г.Ф. Разработка и обоснование параметров комбинированного рабочего органа прессовой сеялки: Дис. к.т.н. – Казань, 1982. – 225с.
12. Обоснование и определение параметров бороздообразователя картофелесажалки / М. Н. Калимуллин, Д. Т. Халиуллин, И. Х. Гайфуллин, Р. Р. Хамитов // *Вестник Казанского ГАУ*. – 2022. – Т. 17. – № 3(67). – С. 84-89. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-84-89.
13. Булгариев Г.Г. Разработка и обоснование параметров рабочих органов машины для поверхностной обработки почвы: автореф. дис. к.т.н.: Г.Г. Булгариев. - Казань, 1997. – 24 с.
14. Гайфуллин, И. Х. Утилизация навоза на животноводческих предприятиях / И. Х. Гайфуллин, Б. Г. Зиганшин, Б. Л. Иванов // *Агроинженерная наука XXI века: Научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвящённой 100 - летию Казанского ГАУ*. – Казань: Казанский ГАУ, 2022. – С. 204-210.
15. Калимуллин М. Н., Абдрахманов Р. К., Галиев И. Г. Совершенствование технологии возделывания картофеля // *Техника и оборудование для села*, 2017. № 4. – С. 6-9.
16. Чагин, В. В. Влияние регуляторов роста на продуктивность и защиту картофеля от болезней в период хранения в Хакасии / В. В. Чагин, В. В. Чагин // *Достижения науки и техники АПК*. – 2022. – Т. 36, № 1. – С. 28-33. – DOI 10.53859/02352451_2022_36_1_28.
17. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: Учебник для вузов с.-х. машиностроения / Е.С. Босой, О.В. Верняев, И.И. Смирнов и др. // 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 568с.
18. Влияние сроков удаления ботвы на урожай и качество клубней картофеля в условиях лесостепи среднего Поволжья / В. П. Владимиров, А. Р. Шарапова, А. А. Мостякова и др. // *Вестник Казанского ГАУ*,

– 2022. – Т. 17. – № 1(65). – С. 5-8.

19. Результаты лабораторных исследований сепарирующей системы с использованием теплоты обработанных газов машины для уборки картофеля / А. С. Дорохов, А. Г. Аксенов, А. В. Сибирев и др. // Вестник Казанского ГАУ, – 2022. – Т. 17. – № 1(65). – С. 45-49. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-45-49.

20. Разработка и обоснование конструктивных и режимных параметров картофелесажалки / М. Н. Калимуллин, Р. Р. Багаутдинов, Р. Р. Хамитов и др. // Вестник Казанского ГАУ. – 2022. – Т. 17. – № 1(65). – С. 62-66.

21. Kinematic analysis of conical rotary subsoil loosener for tillage / I. Mukhametshin, A. Valiev, F. Muhamadyarov, et al. // Engineering for Rural Development. 2021. 19/2020. P. 1946-1952.

Сведения об авторах:

Гайфуллин Ильнур Хамзович – кандидат технических наук, e-mail: ilnur-gai@yandex.ru

Халиуллин Дамир Тагирович – кандидат технических наук, e-mail: damirtag@mail.ru

Калимуллин Марат Назипович – доктор технических наук, профессор, e-mail: marat-kmn@yandex.ru

Зиганшин Булат Гусманович – доктор технических наук, профессор, e-mail: zigan66@mail.ru

Хамитов Радик Рамилевич – инженер, e-mail: khamitov.apple@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

METHOD OF CALCULATION AND DESIGN OF SOIL DISPENSER

I.Kh. Gayfullin, D.T. Khaliullin, M.N.Kalimullin, B.G. Ziganshin, R.R. Khamitov

Abstract. The article considers a dispenser-distributor with soil-transporting elements, substantiates and determines its technological and design parameters. As a result of the theoretical studies carried out, analytical dependences were obtained to determine the diameter of the disk of the soil dispenser-distributor, the height of the soil-transporting element and the volume of soil required to cover potato tubers. The results of work in the field of theory and calculation of potato planters are systematized and generalized, analytical dependences are obtained to determine the main design and technological parameters of the soil dispenser-distributor of the potato planter. Based on literary sources, to obtain digital values, we chose the row spacing (70 cm), the distance between tubers (25 cm), the weight of the tuber is average (55 ... 60 g), the width at the bottom of the furrow, equal to the width of the nest, is the smallest (0.06...0.07 m), tuber planting depth (0.19 m), potato fraction – seed (50...80 g), operating speed – within (2.9...9 km/h). According to the calculations, the following results were obtained: the diameter of each disc ($D=35...40$ cm), the height of the soil-transporting element ($h_{pe} = 0.025$ m) and the volume of soil ($\Omega= 0.004$ m³) required to cover potato tubers.

Key words: potato planter, potatoes, soil, dispenser-distributor, soil-transporting elements.

References

1. Badretdinov ID, Mudarisov SG, Khaliullin DT. Examination of the airflow uneven distribution over the combine harvester cleaning system. Mathematical modelling of engineering problems. 2022; Vol.9. 2. 371-378 p. – DOI 10.18280/mmep.090210.

2. Valiev AR, Ziganshin BG, Mukhamad'yarov FF. Sovremennye pochvoobrabatyvayushchie mashiny: regulirovka, nastroyka i ekspluatatsiya. [Modern tillage machines: adjustment and operation]. Saint-Petersburg: Lan'. 2019; 264 p.

3. Ziganshin BG, Shogenov YuKh, Gayfullin IKh. Sovremennye energosberegayushchie tekhnologii v sel'skom khozyaistve. [Modern energy-saving technologies in agriculture]. Kazan': Kazanskii GAU. 2018; 276 p.

4. Sibagatullin FS, Khaliullina ZM, Minnikhanov RR. Results of practical use of fertilizers from chicken manure in winter wheat cultivation. International scientific-practical conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources. Kazan: EDP Sciences. 2021; 00048 p. – DOI 10.1051/bioconf/20213700048.

5. Khaliullin DT, Galeev DF. Teoreticheskie issledovaniya raspredeleniya zernovogo vorokha na ochistke zernoborochnogo kombaina pri bokovom krene. Sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu Kazanskogo GAU. [Theoretical studies of grain heap distribution during cleaning of a combine harvester with a side roll. Collection of scientific papers based on proceedings of International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of Kazan SAU]. Kazan': Kazanskiy GAU. 2022; 277-284 p.

6. Ganiev AS, Sibagatullin FS, Ziganshin BG. [The use of fertilizers from chicken manure for growing organic products]. Vestnik Kazanskogo GAU. 2022; Vol.17. 1(65). 9-14 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-9-14.

7. Konstantinov RI, Khaliullin DT. Tekhnicheskoe reshenie dlya povysheniya urozhainosti sel'skokhozyaistvennykh. Sel'skoe khozyaistvo i proizvod'stvennaya bezopasnost': tekhnologii, innovatsii, rynki, kadry: Nauchnye trudy II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 70-letiyu Instituta mekhanizatsii i tekhnicheskogo servisa i 90-letiyu Kazanskoi zootekhnicheskoi shkoly. [Technical solution for increasing agricultural productivity. Agriculture and food security: technologies, innovations, markets, personnel: Scientific articles of II International scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of Institute of Mechanization and Technical Service and the 90th anniversary of Kazan zootechnical school]. Kazan': Kazanskii GAU. 2020; 120-126 p.

8. Lysenko AYU. [Injury to tubers depending on the pre-harvest removal of potato tops]. Vestnik Kazanskogo GAU. 2022; Vol.17. 1(65). 20-26 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-20-26.

9. Klenin NI, Sakun VA. Sel'skokhozyaistvennye i meliorativnye mashiny. [Agricultural and reclamation machines]. Moscow: Kolos. 1980; 671 p.

10. Sineokov GN. Proektirovanie pochvoobrabatyvayushchikh mashin. [Designing tillage machines]. Moscow: Mashinostroenie. 1965.

11. Yaroslavlev GF. Razrabotka i obosnovanie parametrov kombinirovannogo rabocheho organa pressovoi seyalki: Dis. k.t.n. [Development and substantiation of the parameters of the combined working unit of a press seeder: Dissertation for a degree of Ph.D. of Technical sciences]. Kazan'. 1982; 225 p.

12. Kalimullin MN, Khaliullin DT, Gayfullin IKh, Khamitov RR. [Substantiation and determination of the parameters of the furrow former of a potato planter]. Vestnik Kazanskogo GAU. 2022; Vol.17. 3(67). 84-89 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-84-89.

13. Bulgariev GG. Razrabotka i obosnovanie parametrov rabochikh organov mashiny dlya poverkhnostnoi obrabotki pochvy: avtoref. dis. k.t.n.: [Development and substantiation of the parameters of the working units the surface tillage machines: author's thesis for a degree of Ph.D. Technical sciens]. Kazan'. 1997; 24 p.

14. Gayfullin IKh, Ziganshin BG, Ivanov BL. Utilizatsiya navoza na zhivotnovodcheskikh predpriyatiyakh. Agroinzhenernaya nauka XXI veka: Nauchnye trudy Vserossiiskoi (natsional'noi) nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyash-

chennoi 100 - letiyu Kazanskogo GAU. [Manure utilization at livestock enterprises. Agroengineering science of XXI century: scientific works of All-Russian (national) scientific and practical conference dedicated to 100th anniversary of Kazan State Agrarian University]. Kazan: Kazanskiy GAU. 2022; 204-210 p.

15. Kalimullin MN, Abdrakhmanov RK, Galiev IG. [Improving the potatoes growing technology]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2017; 4. 6-9 p.

16. Chagin VV, Chagin VV. [The influence of growth regulators on the productivity and protection of potatoes from diseases during storage in Khakassia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2022; Vol. 36. 1. 28-33 p. – DOI 10.53859/02352451_2022_36_1_28.

17. Bosoy ES, Vernyaev OV, Smirnov II. *Teoriya, konstruktsiya i raschet sel'skokhozyaistvennykh mashin: uchebnik dlya vuzov s.-kh. mashinostroeniya, 2-e izd. pererab. i dop.* [Theory, design and calculation of agricultural machines: textbook for high schools of agricultural engineering: 2nd edition, revised and added]. Moscow: Mashinostroenie. 1977; 568 p.

18. Vladimirov VP, Sharapova AR, Mostyakova AA. [Effect of haulm removal time on productivity and quality of potato tubers in the conditions of the forest-steppe of Middle Volga region]. *Vestnik Kazanskogo GAU*. 2022; Vol.17. 1 (65). 5-8 p.

19. Dorokhov AS, Aksenov AG, Sibirev AV. [Results of laboratory studies of the separating system using the heat of the exhaust gases of a potato harvester]. *Vestnik Kazanskogo GAU*. 2022; Vol.17. 1(65). 45-49 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-45-49.

20. Kalimullin MN, Bagautdinov RR, Khamitov RR. [Development and justification of the design and operating parameters of a potato planter]. *Vestnik Kazanskogo GAU*. 2022; Vol.17. 1(65). 62-66 p.

21. Mukhametshin I, Valiev A, Mukhamadyarov F. Kinematic analysis of conical rotary subsoil loosener for tillage. *Engineering for rural development*. 2021; 19/2020. 1946-1952 p.

Authors:

Gayfullin Ilnur Khamzovich – Ph.D. of Technical sciences, e-mail: ilnur-gai@yandex.ru

Khaliullin Damir Tagirovich - Ph.D. of Technical sciences, e-mail: damirtag@mail.ru

Kalimullin Marat Nazipovich - Doctor of Technical sciences, professor, e-mail: marat-kmn@yandex.ru

Ziganshin Bulat Gusmanovich - Doctor of Technical sciences, professor, e-mail: zigan66@mail.ru

Khamitov Radik Ramilevich – an engineer, e-mail: khamitov.apple@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.