

12. Smirnov, A.G. Issledovanie protivokorroziionnyh svoystv toplenogo govyazh'ego zhira/ A.G. Smirnov, V.S. Pavlov, A.A. Ivanov // Sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya agrarnoy nauki na sovremennom etape: materialy Vserossiyskoj. nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. – CHEboksary, 2020. – S. 197-205.
13. Smirnov, A.G. Protivokorroziionnye svoystva α - i γ - smol shishek hmelya / A.G. Smirnov, V.E. Ryazanov // Perspektivy razvitiya tekhnicheskogo servisa v agropromyshlennom komplekse: materialy Vserossiyskoj. nauchno-prakticheskoy konferencii (posvyashchennoj 50-letiyu sozdaniya kafedry «Remont mashin i tekhnologii konstrukciionnyh materialov»). – CHEboksary: FGBOU VO CHuvashskaya GSKHA, – 2014. – S. 126-128.
14. Spravochnik himika. T.6. Syr'e i produkty promyshlennosti organicheskikh veshchestv. – Leningrad: Himiya, 1967. – 1007 s.
15. Talanin, F.A. Proizvodstvo berezovogo degtya / F.A. Talanin. – Moskva: «Lesnaya promyshlennost'», 1981. – 72 s.

Information about authors

1. **Smirnov Anatoly Germanovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, K. Marx str., 29; e-mail: stts@ltnta.ru, tel. 8-927-847-79-49;
2. **Pavlov Vladimir Stepanovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, K. Marx str., 29; e-mail: pvstolikovo@mail.ru, tel. 8-927-862-30-04;
3. **Gordeev Andrey Anatolievich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, K. Marx str., 29; e-mail: gidrav.gordeev@yandex.ru, tel. 8-927-996-95-97;

УДК 631.362

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ ДЛЯ ПРЕДПОСАДОЧНОЙ ПЕРЕБОРКИ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ

П.А. Смирнов, М.П. Смирнов, В.П. Егоров

*Чувашский государственный аграрный университет
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. *Растущее внимание картофелеводству в мелкотоварном производстве обосновано появлением на рынке машин для его выращивания. Для этого предложены укороченные севообороты, раздельная посадка картофеля на семена нормой посадки 72-75 тыс. шт. на га и на продовольственные цели с нормой посадки 50-54 тыс. шт. на га. Появились на крестьянско-фермерских (КФХ) и личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) инфраструктурные элементы производства как картофелехранилища, причем с автоматизированными системами управления. В статье предложена роликовая сортировальная машина для весенней переборки семенного материала картофеля, учитывающая повышенную влажность поверхности клубней и возможные проросшие глазки. Она так же имеет небольшие габаритные размеры по сравнению с роликовыми аналогами и сетчатыми сортировальными машинами, поскольку основной сепарирующий орган выполнен в виде замкнутой несущей ленты с консольными цилиндрическими роликами. Преимущество предложенной сортировальной машины обеспечивают активные ролики, которые перекачиваются по криволинейным поверхностям, образуя межроликовые зазоры согласно агротехническим требованиям для семенного материала картофеля 55 и 45 мм. Вращение роликов обеспечивается трением о криволинейную поверхность.*

В работе представлены аналитические формулы для расчета конструктивных размеров машины. Из практического опыта выращивания семенного картофеля в Ассоциации крестьянских хозяйств «Нива» Чебоксарского района Чувашской республики видно, что производительность такой сортировальной машины достаточна в пределах $Q=5...6$ т/ч. Для фермерского хозяйства с площадью посадки картофеля в севообороте 5 га рекомендовано заложить смешанный семенной материал из расчета 4,8...5,0 т/га. Учитывая естественную убыль и содержание до 20% крупной фракции, при весенней переборке продовольственная фракция составит в пределах 6,0...6,25 т.

Таким образом, принимая во внимание весенние сезонные цены на продовольственный картофель, можно получить выручку в размере 150...160 тыс. руб., что является серьезной помощью КФХ для проведения весенних полевых работ.

Ключевые слова: *картофелеводство, механизация переборки картофеля, роликовая сортировальная машина, консольный роликовый элеватор, вогнутая ветвь элеватора, выпуклая ветвь элеватора*

Введение. Распределение производства картофеля в Российской Федерации таково, что около 90% продукции производится на крестьянско-фермерских и личных подсобных хозяйствах (КФХ, ЛПХ). В постсоветское время еще преобладала продукция коллективных предприятий, но именно тогда произошел переход производства картофеля на мелкотоварное производство не по экономическим условиям рынка, а по необходимости в условиях выживания. Но производство не было оснащено системой машин для картофелеводства, преобладал ручной труд [2], [3], [5], [6], [7], по этой причине объем производства продолжал снижаться как в крупных предприятиях, так и мелкотоварной сфере.

Нынешнее растущее внимание картофелеводству в мелкотоварном производстве обосновано появлением на рынке машин для его выращивания, причем машины агрегируются как от мотоблока, так и тракторов тягового класса 6-9 кН. К таким специальным машинам относятся посадочные машины, окучники, картофелекопатели и сортировальные машины для работы на площади до 2 га [17]. Есть вопросы к этим машинам по надежности, но они все достаточно просты по конструкции и ремонтпригодны даже для условий ЛПХ [9].

Уже разработаны оптимальные укороченные дифференцированные (трехпольные и четырехпольные) севообороты с долей картофеля 1:3 и 1:4 по площади [11], [12]. Также разработаны и построены в ЛПХ и КФХ такие обязательные инфраструктурные элементы производства, как картофелехранилища. Причем часть из них уже оснащены современными автоматизированными системами теплоснабжения и вентиляции для поддержания температуры хранения продукции [18].

Учитывая зарубежный опыт производства картофеля, прежде всего Голландии и Германии, перспективной считается закладка почти всей очищенной от примесей продукции на хранение [15], [16], [18], [19]. Для этого отдельно высаживается картофель на семена с нормой посадки 72-75 и на продовольственные цели с нормой посадки 50-54 тыс. шт. на га [12]. Еще до перестроечного времени (1987-1990-х гг.) этот метод применялся в условиях Чувашской Республики в колхозе «Прогресс» Чебоксарского района. Тогда анализ распределения размеров клубня по толщине сорта «Гатчинский» по Гауссу показал, что наибольшее количество клубней при указанных нормах посадки попадает в группу семян (45...55 мм) 75-79% и продовольственного (свыше 55 мм) – 20-23% клубней.

Для КФХ эта технология наиболее актуальна, поскольку в Приволжском регионе у него площади посадок приблизительно от 5 до 10 га, и даже на механизированную копку и сортировку трудовых ресурсов на период уборки не хватает. Но проблемным в указанном технологическом процессе производства картофеля остается зимняя выемка продовольственного продукта и весенняя повторная переборка продовольственного и семенного картофеля.

Цель исследования – анализ и совершенствование роликковой сортировальной машины (РСМ) для условий мелкотоварного производства.

Условия и методы исследования. Известным и значительным недостатком существующих роликковых сортировальных машин (в частности – КСП-15) считается функциональный отказ их работы на увлажненном материале, при котором перебрасывание клубней с роликкового вала на другой вал прекращается. Причиной того является уменьшение коэффициента трения скольжения увлажненного клубня о материал ролика (резина) [13], [14]. Предотвратить увлажнение удастся при усиленной вентиляции бурта картофеля в хранилище до выемки, но такой метод увеличивает приток к каждому клубню и способствует его преждевременному прорастанию [12].

Нельзя не отметить, что глазки клубней во время весенней переборки картофеля на РСМ типа КСП-15 больше охватываются и, соответственно, больше повреждаются [13], [16]. Аналогичная картина наблюдается и на сетчатых сортировальных машинах (ССМ), где глазки клубня срезаются шпагатами сетки. Поскольку полезная площадь помещений в мелкотоварном в отличие от крупного производства существенно мал, то габаритные размеры ССМ заранее ограничивают её применение в этой категории хозяйств. К тому же у таких машин достаточно сложный и отдельный привод каждого сетчатого элеватора, частая засоряемость отверстий сетки длинноволокнистыми примесями и их затрудненная ручная очистка, что полностью отвергают ССМ без устранения указанных недостатков [16].

На посадке семян картофеля преимущественно применяются машины с вычерпывающими рабочими органами (ложки, ковши), имеющие форму со строго фиксированным объемом [13]. Следовательно, качество и соблюдение нормы посадки напрямую зависит от качества выборки семенного материала, которая должна соответствовать объему ложки или ковша. Но если семенной материал не отсортирован, крупные клубни не смогут помещаться в ложку, и они останутся в бункере. Если их не извлечь вручную из него, после каждой заправки бункера они будут в арифметической прогрессии накапливаться, занимая место семенного материала и увеличивая пропуски посадки. Возможная фуражная фракция (менее 45 мм) в семенном материале при посадке способен дать урожай, но в частично уменьшенном объеме [5].

Существует еще один существенный аспект для мелкотоварного производства, отмеченный в ходе обсуждения проблемы фермерами Чебоксарского и Красноармейского районов. Они готовы выращивать отдельно семенной и продовольственный картофель и закладывать семенной материал сразу на хранение. Они по своему практическому опыту подчеркивают, что технология особенно актуальна для выращивания семян раннего картофеля [1]. Но они хотели бы извлечь приблизительно 20-25% преимущественно крупной фракции из семенного картофеля для продажи.

Таким образом, сформулированы и предложены:

- технология выращивания картофеля с раздельной посадкой семенного и продовольственного картофеля;
- необходимость весенней переборки семенного материала;
- эскизное очертание оптимальной конструкции переборочной машины: небольшие габаритные размеры, рабочие органы – активные цилиндрические ролики с различным межроликовым зазором.

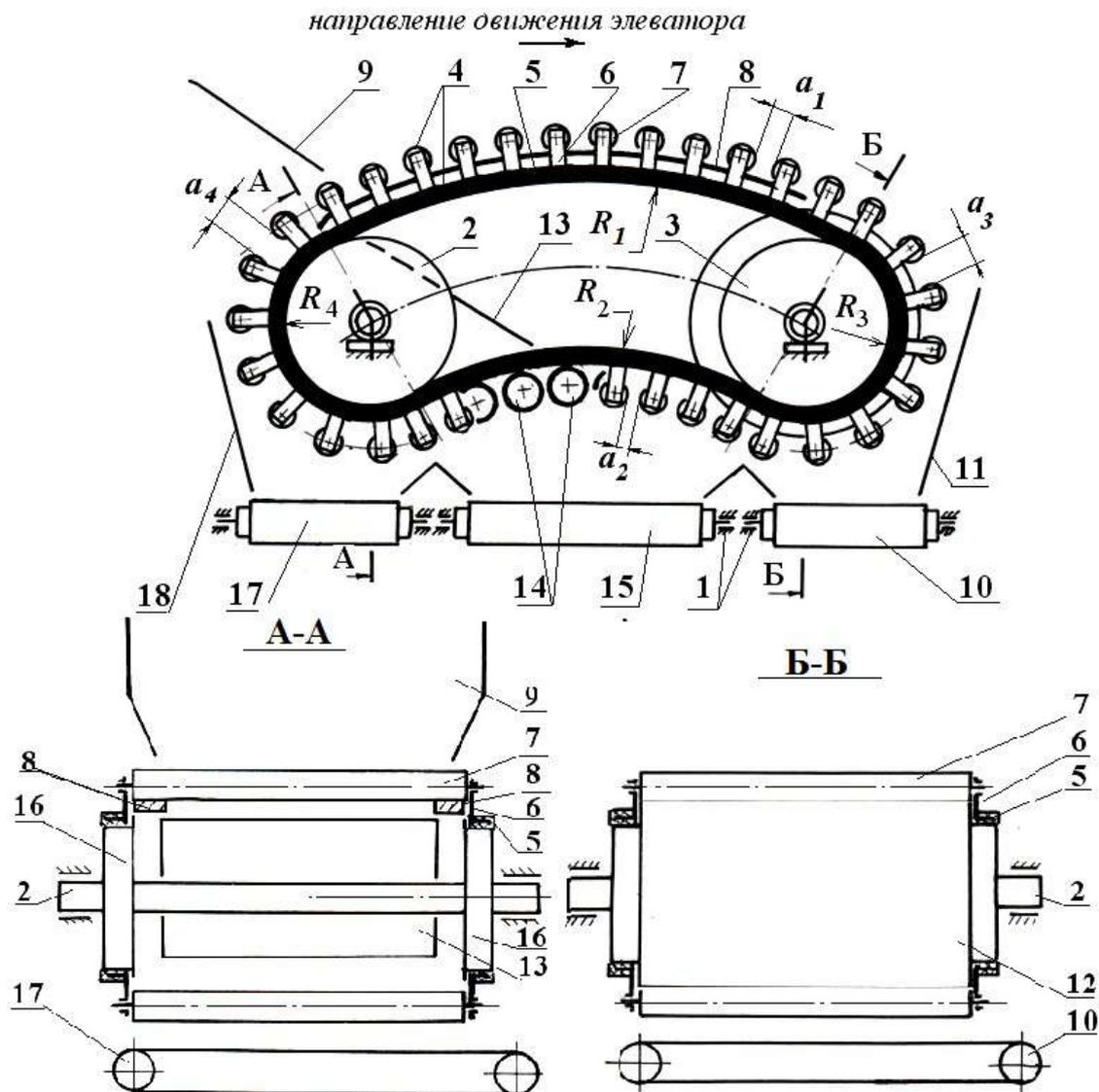


Рис. 1. Схема РСМ: 1- рама; 2 и 3- барабаны; 4- элеватор; 5- замкнутая лента (цепь); 6- кронштейны консоли; 7- ролики; 8- выпуклая поверхность (дорожка для привода роликов) верхней ветви замкнутой ленты; 9- приемная скатная доска; 10, 15 и 17- транспортеры для крупной, мелкой и средней фракций; 11 и 18 - ограждения крупной и средней фракций; 12 и 13 – сплошной и полый барабаны; 14- роликовая вогнутая поверхность для нижней ветви; 16- шкив

Указанным требованиям соответствует РСМ по Патенту №2402189 "Роликовая сортировальная машина" [8], [10]. Конструкция РСМ обеспечивает переборку на три фракции непрерывной замкнутой несущей транспортерной лентой с консольно (H) закрепленными на нем роликами. Для этого верхняя ветвь замкнутой ленты, на которую поступает сортируемый материал и где отделяется крупная фракция, перемещается по выпуклой вверх (в наружную сторону относительно замкнутой ленты) поверхности с радиусом кривизны $R_{\text{в}}$.

Нижняя ветвь перемещается по вогнутой вверх (во внутреннюю сторону замкнутой ленты) поверхности с радиусом кривизны R_n (рисунок 1). При этом консольно монтированные ролики на верхней ветви замкнутой ленты расходятся и образуют межроликовое проходное пространство a_1 (рисунок 2). Соответственно, на нижней вогнутой ветви замкнутой ленты ролики сходятся и образуют уменьшенное проходное отверстие размером a_2 (рисунок 3).

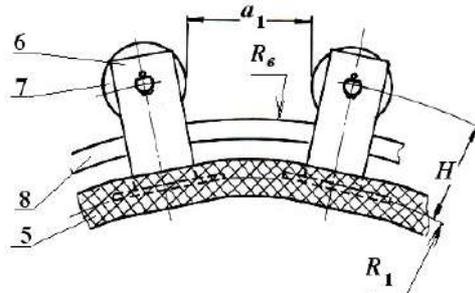


Рис. 2. Схема расхождения роликов на верхней ветви РСМ (обозначения на рисунке 1)

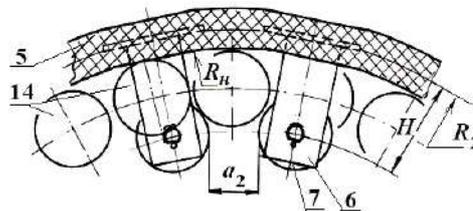


Рисунок 3. Схема схождения роликов на нижней ветви РСМ (обозначения на рисунке 1)

При этом расширение на верхней ветви Δt_1 и нижней ветви замкнутой ленты Δt_2 рассчитывается из пропорции:

$$\Delta t_1 \uparrow \frac{tH}{R_1} \text{ и } \Delta t_2 \uparrow \frac{tH}{R_2},$$

где $t = \text{const}$ – шаг расположения кронштейнов на замкнутой ленте;

R_1 – радиус верхней ветви;

$H = \text{const}$ – консоль.

Межроликовая ширина на верхней ветви a_1 , отделяющая крупную фракцию, определяется:

$$a_1 = t - d + \frac{tH}{R_1}, \quad (1)$$

где $d = \text{const}$ – диаметр роликов.

Поскольку входящие в формулу (1) параметры t , d и H имеют постоянное значение на любых ветвях замкнутой ленты, то, соответственно, межроликовая ширина на нижней ветви и зоне барабанов 3 и 2 выражается:

$$a_2 = t - d - \frac{tH}{R_2}, \quad (2)$$

$$a_3 = t - d + \frac{tH}{R_3}, \quad (3)$$

$$a_4 = t - d + \frac{tH}{R_4}. \quad (4)$$

Интервал толщины семенной фракции картофеля составит:

$$\Delta a = a_1 - a_2 = \frac{tH}{R_1} + \frac{tH}{R_2}. \quad (5)$$

Радиусы верхней направляющей R_B и нижней роликовой поверхности R_H ветвей замкнутой ленты можно получить:

$$R_B = R_1 + H - \frac{d}{2}, \quad (6)$$

$$R_H = R_2 - \frac{h}{2}, \quad (7)$$

где $h = \text{const}$ – толщина ременного несущего элемента или высота втулочно-роликовой цепи.

Радиусы $R_3 \approx R_4$ являются конструктивными параметрами, определяющими размеры барабанов 2 и 3 (рисунок 1). Условие, при котором происходит освобождение из щелей элеватора заклинившихся элементов крупной фракции:

$$R_3 < R_1,$$

и средней фракции:

$$R_4 < R_2.$$

Ширину РСМ b определяют, исходя из значения удельной производительности машины $q=14,5 \dots 19,8 \frac{\text{т}}{\text{ч} \cdot \text{м}}$

[1], задаваясь необходимой производительностью $Q, \text{ м}^3/\text{ч}$:

$$q = \frac{Q}{b}. \quad (8)$$

Из практического опыта выращивания картофеля в Ассоциации крестьянских хозяйств «Нива» Чебоксарского района Чувашской Республики производительность сортировальной машины достаточна в пределах $Q=5 \dots 6$ т/ч. При этом минимальная расчетная ширина стола составит $b=0,3 \dots 0,35$ м.

При рассмотрении сортируемого картофеля на верхней ветви элеватора как непрерывного потока всего картофеля, поступающего на РСМ, теоретическая производительность сортировальной машины запишется так:

$$Q = abv\gamma,$$

где a – средняя толщина потока; v – скорость потока (движения роликовой замкнутой ленты), $\gamma=640 \dots 650$ кг/м³ – объемная масса картофеля [14].

Но на практике вся поверхность не может быть занята, поэтому практическая производительность отличается на коэффициент заполнения сортировальной поверхности приблизительно $\xi=0,75$:

$$Q = \xi abv\gamma, \quad (9)$$

Или возможно наложение в два слоя (максимальная производительность), которое на исследуемой машине выравнивается к выходу за счет активных роликов и выделения мелкой фракции. Следовательно, наибольший коэффициент ξ возможен в пределах 1,5.

Средняя толщина потока a может быть определена контрольным измерением толщины всех клубней нескольких кустов картофеля одного сорта и участка, раскладывая на ровной поверхности в естественном сложении.

Используя выражение (9) и проектируемую производительность, может быть получена необходимая скорость движения элеватора. Для представленных выше исходных данных минимальная скорость потока клубней или замкнутой ленты составляет $v=0,13$ м/с.

Результат исследования. Для мелкотоварного производства картофеля предложена технология выращивания семенного материала с закладкой на хранение без сортирования, заключающаяся в отдельной посадке последнего с повышенной нормой. При этом обоснована весенняя машинная переборка, и для технологии предложена РСМ [8]. Полученные в ходе исследования аналитические выражения позволяют определить основные конструктивные параметры РСМ, этому также способствуют практические данные, определенные непосредственно в производственных условиях картофелеводческих КФХ.

В фермерском хозяйстве с площадью посадки картофеля в севообороте 5 га закладывается на хранение 24...25 т из расчета 4,8...5,0 т/га смешанного семенного материала. Учитывая 10%, убыль во время хранения, при весенней переборке той самой 20%-ой крупной фракции, составит 6,0...6,25 т. Непосредственно на семенную посадку останется 18...18,75 т, или 3,5...3,6 т на га, что совпадает с многолетними данными по колхозу «Прогресс» Чебоксарского района Чувашской Республики.

Сезонные цены на картофель весной 2021 года на Чебоксарском рынке составили в среднем 24...25 руб/кг. Следовательно, при реализации крупной фракции можно получить выручку в размере 156,25 тыс. руб., что является серьезной помощью КФХ для проведения весенних полевых работ.

Выводы. Для раздельной посадки семенного картофеля решена задача предпосадочной переборки семенного материала, причем с выделением крупной и мелкой фракций, препятствующих качественной посадке элеваторными и ложечными сажалками. В отличие от существующих машин РСМ с последовательными роликовыми переборными столами и ССМ с аналогичными сетчатыми столами, предложена более компактная машина, выполняющая разделение за счет раздвигающихся и сдвигающихся консольно монтированных цилиндрических активных роликов на замкнутой несущей ленте.

Литература

1. Будин, К. З. Производство раннего картофеля в Нечерноземье / К. З. Будин, А. И. Кузнецов, И. М. Фомин, Н. В. Шабуров. – Ленинград: Колос, Ленингр. отд-ние, 1984. – 239 с.
2. Гудзенко, И. П. Машины для возделывания и уборки картофеля. – Москва: Колос, 1966. – 239 с.
3. Илларионов, А. Н. Комплексная механизация возделывания картофеля (опыт хозяйств Брянской обл.) / А. Н. Илларионов, Л. М. Ямбаров. – Москва: Россельхозиздат, 1976. – 88 с.
4. Индустриальная технология производства картофеля (составитель – К.А. Пшечников). – Москва: Россельхозиздат, 1985. – 240 с.
5. Карманов, С. Н. Урожай и качество картофеля / С. Н. Карманов, В. П. Кириухин, А. В. Коршунов. – Москва: Россельхозиздат, 1988. – 167 с/
6. Мельников, В. А. Машины для возделывания картофеля. – Москва: Госиздат с.-х. литературы, 1953. – 208 с.

7. Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1981-1990 годы. В 4 ч. Ч. 1. Растениеводство. – Москва: ЦНИИТЭИ, 1982. – 850 с.
8. Патент №2402189 "Роликовая сортировальная машина". Российская Федерация, МПК А01В 21/04. / П. А. Смирнов, М. П. Смирнов.– №2009104182/21; заявл. 09.02.2009; опубл. 27.10.2010 г. Бюл. №30.
9. Смирнов, П. А. О механизации мелкотоварного производства / П. А. Смирнов, М.П. Смирнов // Картофель и овощи. – 2006. – № 4. – С. 20.
10. Смирнов, П. А. Обоснование роликовой сортировальной машины / П.А. Смирнов // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков: сборник материалов IX Международной научно-практической конференции / Под общ. ред. С.С. Чернова. – Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2015. – С. 107-112.
11. Смирнов, П. А. [Результаты использования дифференцированного четырехпольного севооборота в мелкотоварном производстве](#) / П.А. Смирнов, Е. В. Прокопьева, М. П. Смирнов // [Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии](#). – 2019. – № 4 (11). – С. 65-70.
12. Справочник агронома Нечерноземной зоны / В. С. Алексашова [и др.]. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 575 с.
13. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин/ Под ред. к.т.н. М.И. Клецкина. Т. 3. – Москва: «Машиностроение», 1968.
14. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин/ Под ред. к.т.н. М.И. Клецкина. Т. 4. – Москва : «Машиностроение», 1968.
15. Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом (по материалам Международной выставки «СИМА-2007»): научно-аналитический обзор. – Москва : Росинформагротех, 2007. – 308 с.
16. Туболев, С. С. Машинные технологии, техника для производства картофеля / С. С. Туболев, С. И. Шеломенцев, К. А. Пшеченков, В. Н. Зейрук. – Москва : Агротех, 2010. – 316 с.
17. Универсальная сортировальная машина УСМ- 6. - Текст электронный / Современные картофелеуборочные машины [сайт]. –URL: <https://www.agrotechresurs.ru/usm6.html> (дата обращения 17.09.21).
18. Федоренко, В. Ф. Ресурсосбережение в агропромышленном комплексе: инновации и опыт / В. Ф. Федоренко, В. С. Тихонравов. – Москва : ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 328 с.
19. Черноиванов, В. И. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства / В. И. Черноиванов, А. А. Ежевский, В. Ф. Федоренко. – Москва : Росинформагротех, 2012. –284 с.

Сведения об авторах

1. **Смирнов Петр Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: smirnov_p_a@mail.ru, тел. 8-960-310-19-09;
2. **Смирнов Михаил Петрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: sttmo@mail.ru;
3. **Егоров Виталий Петрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29.

JUSTIFICATION OF THE OPTIMAL PARAMETERS OF THE MACHINE FOR THE PRE-PLANTING SORTING OUT OF SEED POTATO

P. A. Smirnov, M. P. Smirnov, V. P. Egorov
Chuvash State Agrarian University
 428003, Cheboksary, Russian Federation

Brief abstract. *The increasing attention to potato growing in small-scale production is justified by the appearance on the market of machines for its cultivation. For this, shortened crop rotations are proposed, separate planting of potatoes for seeds with a planting rate of 72-75 thousand pieces. per hectare and for food purposes with a planting rate of 50-54 thousand pcs. per ha. Infrastructure elements of production such as potato storage have appeared on peasant farms (PFs) and personal subsidiary plots (PSPs), and with automated control systems. The article proposes a roller sorting machine for the spring bulkhead of potato seed material, taking into account the increased humidity of the surface of the tubers and possible sprouted eyes. It also has small overall dimensions in comparison with roller counterparts and mesh sorting machines, since the main separating body is made in the form of a closed carrier belt with cantilever cylindrical rollers. The advantage of the proposed sorting machine is provided by*

active rollers that roll over curved surfaces, forming inter-roller gaps in accordance with agrotechnical requirements for potato seed material 55 and 45 mm. The rotation of the rollers is provided by friction against a curved surface.

The paper presents analytical formulas for calculating the structural dimensions of the machine. From the practical experience of growing seed potatoes in the Association of Peasant Farms "Niva" of the Chuvash Republic, it can be seen that the productivity of such a sorting machine is sufficient within $Q = 5 \dots 6 \text{ t/h}$. For a farm with a potato planting area in a crop rotation of 5 hectares, it is recommended to lay a mixed seed material at the rate of 4.8 ... 5.0 t / ha. Taking into account the natural loss and content of up to 20% of the coarse fraction, during the spring bulkhead the food fraction will be in the range of 6.0 ... 6.25 tons.

Thus, taking into account the spring seasonal prices for ware potatoes, it is possible to receive the proceeds in the amount of 150 ... 160 thousand rubles, which is a serious help to peasant farms for carrying out spring field work.

Key words: potato growing, potato bulkhead mechanization, roller sorting machine, cantilever roller elevator, concave elevator branch, convex elevator branch.

References

1. Budin, K. Z. Proizvodstvo rannego kartofelya v Nechernozem'e / K. Z. Budin, A. I. Kuznecov, I. M. Fomin, N. V. SHaburov. – Leningrad: Kolos, Leningr. otd-nie, 1984. – 239 s.
2. Gudzenko, I. P. Mashiny dlya vozdelevaniya i uborki kartofelya. – Moskva: Kolos, 1966. – 239 s.
3. Illarionov, A. N. Kompleksnaya mekhanizatsiya vozdelevaniya kartofelya (opyt hozyajstv Bryanskoj obl.) / A. N. Illarionov, L. M. YAmbarov. – Moskva: Rossel'hozizdat, 1976. – 88 s.
4. Industrial'naya tekhnologiya proizvodstva kartofelya (sostavitel' – K.A. Pshechnikov). – Moskva: Rossel'hozizdat, 1985. – 240 s.
5. Karmanov, S. N. Urozhaj i kachestvo kartofelya / S. N. Karmanov, V. P. Kiryuhin, A. V. Korshunov. – Moskva: Rossel'hozizdat, 1988. – 167 s.
6. Mel'nikov, V. A. Mashiny dlya vozdelevaniya kartofelya. – Moskva: Gosizdat s.-h. literatury, 1953. – 208 s.
7. Sistema mashin dlya kompleksnoj mekhanizatsii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva na 1981-1990 gody. V 4 ch. CH. I. Rastenievodstvo. – Moskva: CNIITEI, 1982. – 850 s.
8. Patent №2402189 "Rolikovaya sortiroval'naya mashina". Rossijskaya Federatsiya, MPK A01V 21/04. / P. A. Smirnov, M. P. Smirnov. – №2009104182/21; zayavl. 09.02.2009; opubl. 27.10.2010 g. Byul. №30.
9. Smirnov, P. A. O mekhanizatsii melkotovarnogo proizvodstva / P. A. Smirnov, M.P. Smirnov // Kartofel' i ovoshchi. – 2006. – № 4. – S. 20.
10. Smirnov, P. A. Obosnovanie rolikovoj sortiroval'noj mashiny / P.A. Smirnov // Sel'skohozyajstvennyye nauki i agropromyshlennyy kompleks na rubezhe vekov: sbornik materialov IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii / Pod obshch. red. S.S. Chernova. – Novosibirsk: Izdatel'stvo CRNS, 2015. – S. 107-112.
11. Smirnov, P. A. Rezul'taty ispol'zovaniya differentsirovannogo chetyrekhpol'nogo sevooborota v melkotovarnom proizvodstve / P.A. Smirnov, E. V. Prokop'eva, M. P. Smirnov // Vestnik CHuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2019. – № 4 (11). – S. 65-70.
12. Spravochnik agronoma Nechernozemnoj zony / V. S. Aleksashova [i dr.]. – Moskva: Agropromizdat, 1990. – 575 s.
13. Spravochnik konstruktora sel'skohozyajstvennyh mashin/ Pod red. k.t.n. M.I. Kleckina. T. 3. - Moskva: «Mashinostroenie», 1968.
14. Spravochnik konstruktora sel'skohozyajstvennyh mashin/ Pod red. k.t.n. M.I. Kleckina. T. 4. - Moskva : «Mashinostroenie», 1968.
15. Tendentsii razvitiya sel'skohozyajstvennoj tekhniki za rubezhom (po materialam Mezhdunarodnoj vystavki «SIMA-2007»): nauchno-analiticheskij obzor. – Moskva : Rosinformagrotekh, 2007. – 308 s.
16. Tubolev, S. S. Mashinnye tekhnologii, tekhnika dlya proizvodstva kartofelya / S. S. Tubolev, S. I. SHelomencev, K. A. Pshechenkov, V. N. Zejruk. – Moskva : Agrosplas, 2010. – 316 s. - Tekst neposredstvennyj.
17. Universal'naya sortiroval'naya mashina USM- 6. - Tekst elektronnyj / Sovremennyye kartofeleuborochnyye mashiny [cajt]. –URL: <https://www.agrotechresurs.ru/usm6.html> (data obrashcheniya 17.09.21).
18. Fedorenko, V. F. Resursoberezhenie v agropromyshlennom komplekse: innovatsii i opyt / V. F. Fedorenko, V. S. Tihonravov. – Moskva : FGNU «Rosinformagrotekh», 2006. – 328 s.
19. CHernoivanov, V. I. Mirovyye tendentsii mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya intellektual'nogo sel'skogo hozyajstva / V. I. CHernoivanov, A. A. Ezhevskij, V. F. Fedorenko. – Moskva : Rosinformagrotekh, 2012. – 284 s.

Information about authors

1. **Smirnov Petr Alekseevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: smirnov_p_a@mail.ru, tel. 8-960-310-19-09;

2. **Smirnov Mikhail Petrovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: sttmo@mail.ru;

3. **Egorov Vitaly Petrovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29.

УДК 621

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СВЧ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВЫТОПКИ ПАСЕЧНОГО ВОСКА

**А. В. Шевелев¹⁾, М. В. Просвирякова²⁾, В. Ф. Сторчевой²⁾,
О. В. Михайлова¹⁾, Г. В. Новикова¹⁾**

¹⁾ *Нижегородский государственный инженерно-экономический университет*

606340, г. Княгинино, Российская Федерация

²⁾ *Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева*

127550, г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Статья посвящена обоснованию конструкционного исполнения резонаторов и технологических параметров СВЧ-установки.*

Научной целью является разработка установки непрерывно-поточного действия с резонаторами, обладающими высокой собственной добротностью и обеспечивающими вытопку пчелиного воска после отделения меда под воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) соответствующей дозы.

Разработанная СВЧ-установка непрерывно-поточного действия с полусферическими резонаторами для вытопки пасечного воска с отделением меда содержит две ферромагнитные полусферы, состыкованные с общим вертикально расположенным ферромагнитным кольцевым диском 3, образуя полусферические резонаторы. На поверхности полусфер по наибольшему периметру расположены магнетроны воздушного охлаждения со сдвигом на 120 градусов, излучатели которых направлены внутрь резонаторов. Внутри полусфер через отверстие кольцевого диска проложен фторопластовый нагнетательный шнек, у которого первый и центральный витки ферромагнитные, а над первым ферромагнитным витком расположена ферромагнитная приемная емкость, при этом шаг витков не более, чем две глубины проникновения волны. Электрофизические параметры компонентов сырья согласуются с продолжительностью воздействия ЭМП СВЧ, температурой нагрева, техническими характеристиками нагнетательного шнека и производительностью установки, равной 30–41 кг/ч.

Ключевые слова: *вытопка воска, диэлектрический нагнетательный шнек, мед, полусферические резонаторы, технические характеристики, электромагнитное поле сверхвысокой частоты.*

Введение. Известно, что в условиях пасеки восковое сырье перерабатывают в паровых воскотопках разных конструкций. Например, для термообработки пасечного воскового сырья применяют воскопрессы, высокотемпературные воскотопки ВВТ-1П «Мелисса», центрифуги-воскотопки ПВЦС-1М и т. п. Принцип действия их основан на вытопке воска за счет пара и отделения мервы фильтрованием или прессованием. Но собранное восковое сырье содержит достаточно много меда, а в воскотопке отделить мед от воска не удастся. Поэтому предлагается отделить мед от воска в процессе термообработки воскового сырья в электромагнитном поле сверхвысокой частоты. Учитывая, что кристаллизованный мед начинает плавиться при температуре 40–45 °С, а пчелиный воск плавится при температуре 62–64 °С, предлагается провести термообработку сырья в двух резонаторах.

Известна СВЧ установка непрерывного действия с двумя резонаторами для отделения меда от вытапливаемого воскового сырья [4]. Установка содержит сферический резонатор и плотно прилегающий к поверхности горизонтально расположенный тороидальный резонатор. Внутри сферического резонатора вращается диэлектрический перфорированный диск. На обоих резонаторах расположены магнетроны с пространственным сдвигом на 120 градусов.

Недостаток. Из-за того, что плотность меда выше, чем плотность пасечного воска, часть меда за счет центробежной силы сбрасывается в тороидальный резонатор, т. е. не успевает стекать через перфорированный диск. Поэтому разрабатывается СВЧ-установка непрерывно-поточного действия с полусферическими резонаторами для вытопки пасечного воска с отделением меда.