

## Математическое моделирование приводных механизмов картофелеуборочной машины

*Матмуродов Ф.М.*

**Аннотация.** В статье предложена оригинальная принципиальная схема картофелеуборочной машины, с многократным отделением примесей вороха из состава клубней картофеля. Проведено математическое моделирование приводных механизмов, разработанной картофелеуборочной машины. Математическая модель приводных механизмов картофелеуборочной машины позволяет найти параметры движения на соответствующих исполнительных механизмах. Эта модель поможет разработчикам картофелеуборочных машин определить необходимые параметры при разработке новой машины.

**Ключевые слова:** картофелеуборочная машина, отделительный механизм, приводной механизм, клубни картофеля, почвенная комка, камень.

**Для цитирования:** Матмуродов Ф.М. Математическое моделирование приводных механизмов картофелеуборочной машины // Инновационная техника и технология. 2019. № 4 (21). С. 42–45.

## Mathematical simulation of potato harvesting machine drive mechanisms

*Matmurodov F.M.*

**Abstract.** The article proposes an original schematic diagram of a potato harvester, with a multiple separation of the heap impurities from the composition of potato tubers. Mathematical modeling of the drive mechanisms developed by the potato harvester is carried out. The mathematical model of the driving mechanisms of the potato harvester allows you to find the motion parameters on the corresponding actuators. This model will help developers of potato harvesters determine the necessary parameters when developing a new machine.

**Keywords:** potato harvester, separation mechanism, drive mechanism, potato tubers, soil lump, stone.

**For citation:** Matmurodov F.M. Mathematical simulation of potato harvesting machine drive mechanisms. Innovative Machinery and Technology. 2019. No.4 (21). pp. 42–45. (In Russ.).

### Введение

Улучшение механизации картофелеводства ставит задачи снижения и предупреждения повреждений клубней. С увеличением повреждений снижается качество клубней и растут их суммарные потери. Существенно снижает качество клубней каменистость поля и образование комьев земли, за счёт наносимых ими повреждений при уборке и послеуборочной доработке [1, 2]. Так, наличие 1 кг камней в массе клубней приводит к повреждению 50 кг последних. Кроме того, каменистость поля повышает износ техники и затраты при уборке и переработке. Посадка поврежденными клубнями может снизить урожайность картофеля на 30 % [3, 4].

Исследования, связанные с изысканием способа отделения камней и комков почвы из картофельного вороха, являются актуальными и

своевременными, а их выполнение имеет важное народнохозяйственное значение для агропромышленного комплекса. Для сохранения качества собранного урожая требуется разработка отделителя камней и комков от картофельного вороха, простого по конструкции, доступного в денежном выражении и встраиваемого в серийные машины и линии для уборки и послеуборочной доработки картофеля. В материале рассмотрено совершенствование конструкции картофелеуборочной машины. На машины предлагается установить многоразовые отделительные механизмы.

### Объекты и методы исследований

Объект исследования – принципиальная схема разработанной картофелеуборочной машины с отделительными механизмами. Исследование

проводилось методом анализа и математического моделирования действия работы приводных механизмов.

### Результаты и их обсуждение

На рис. 1 приведена принципиальная схема разработанной оригинальной картофелеуборочной машины, осуществляющая многоазовое отделение вороховых примесей из состава клубней картофеля при уборке.

Разработанная мини картофелеуборочная машина работает следующим образом. Правый и левый опорные катки 3, 4 и колеса 5 удерживают машину, параллельно относительно горизонтальной плоскости. Машина работает на заранее подготовленном поле, с убранный ботвой картофеля. Диски выкапывают почву и масса - комки, гранулы почвы, камни и клубни картофеля идут по подъемному элеватор-сепараторному конвейеру 1. Первоначальная сепарация проходит на 1-м конвейере. На элеватор-сепараторе от массы отделяются мелкие комки и гранулы почвы, и падают на землю.

Первый отделительный процесс. Масса проходит через конвейером 7 и пневматический баллон 6 и в нем не повреждая клубней картофеля в какой то мере отделяются комки почвы. Далее при подъеме по элеватор-сепараторному конвейеру 2, измельченные комки и гранулы почвы падают на землю. На конце этого конвейера резиновые пальцы ботвоудалителя 12 удаляют корневую и стеблевую ботву от общей массы. Снятая ботвы скидывается позади машины.

Второй отделительный процесс. Перед продольным ковшовым транспортером 9 устанавливаются щеточные барабаны 12. Упругие щетки в нем

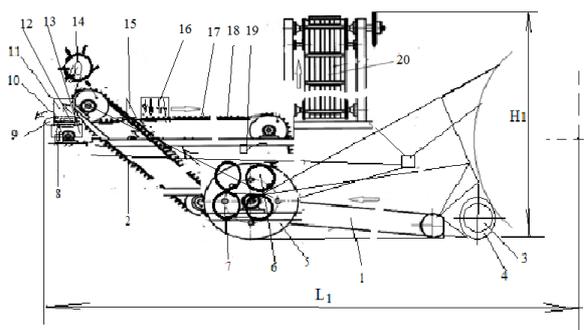


Рис. 1. Оригинальная принципиальная схема картофелеуборочной машины, с отделением примесей вороха: 1, 2 – подъемные элеватор-сепараторные конвейеры, 3 – диски выкапывающие, 4 – правый и левый опорные катки, 5 – колеса, 6 – пневматический баллон, 7 – конвейер, 8 – пневмонасос, 9 – ковшовый транспортер, 10 – элеватор-сепараторный конвейер, 11 – пневмоотделительная камера, 12 – щеточные барабаны, 13 – барабан с эластичным покрытием, 14 – лопатка, 15 – ботвоудалитель, 16 – дождевальная камера, 17 – вибрационно-механический элеватор-сепаратор, 18 – влагосдерживающая пленка, 19 – резиноармированная щетка, 20 – подъемный элеваторно-разделительный конвейер

выбивают мелкие камни и комки между барабанами. Далее картофельная масса над щеточными барабанами 12 движется и переходит на элеватор-сепараторный конвейер 10.

Третий отделительный процесс. Очередной отделительный процесс осуществляется в пневмоотделительной камере 11. В камеру масса входит с помощью элеватор-сепараторного конвейера 10. Пневмонасос 8 под давлением подает воздух во внутрь камеры и тяжелая часть массы падает вниз, а легкая часть массы занимает положение наверху. Обычно камни тяжелее, чем клубни картофеля и эти камни ковшовый транспортер 9 убирает в конец машины.

Четвертый отделительный процесс. Барабан с эластичным покрытием 13 устанавливается в конце элеватор-сепараторного конвейера 10. Этот барабан, используя имеющими разную массу картофель, комки и камни, кидает их на разную длину в площади элеватор-сепаратора 17. Лопатки 15 установленные над элеватор-сепаратором 17 убирают комки и камни в сторону.

Пятый отделительный процесс. Над вибрационно-механическим элеватор-сепаратором 17 установлена влагосдерживающая пленка 18 и закреплена дождевальная камера 17. Вода, скапливающаяся над массой клубней картофеля, и глина удаляется. Далее резиноармированная щетка 19 убирает глину. Наконец, подъемный элеваторно-разделительный конвейер 20 поднимает отделенной от комков почвы и камней, очищенной от грязи клубни картофеля в бункер тележки.

Математическое моделирование приводных механизмов картофелеуборочной машины

Уравнения, описывающие вращательно движущиеся механизмы (рис. 2). Для удобства понимания угловую скорость  $\omega$ , заменим на значение угла  $\varphi$ .

Уравнения, описывающие вращательно движущиеся механизмы (рис. 2). Для удобства понимания угловую скорость  $\omega$ , заменим на значение угла  $\varphi$ .

$$(J_d + J_{MS1}) \ddot{\varphi}_d + k_{d2} (\ddot{\varphi}_d - \ddot{\varphi}_{MS1}) + c_{d2} (\dot{\varphi}_d + \dot{\varphi}_{MS1}) = M_d - \frac{M_{MS1}}{i_2}$$

$$\varphi_d = \varphi_{MS1}$$

$$(J_{MS1} + J_{MS2}) \ddot{\varphi}_{MS2} + c_{MS1} (\dot{\varphi}_d + \dot{\varphi}_{MS2}) = -M_{MS2} \text{sign}(\dot{\varphi}_{MS2}) i_{MS2}$$

$$J_{\Gamma\Gamma} \ddot{\varphi}_{\Gamma\Gamma} + k_{34} (\dot{\varphi}_{MS2} - \dot{\varphi}_{\Gamma\Gamma}) + c_{\Gamma\Gamma} (\varphi_{MS2} + \varphi_{\Gamma\Gamma}) = -M_{\Gamma\Gamma} \text{sign}(\dot{\varphi}_{\Gamma\Gamma}) i_{\Gamma\Gamma}$$

$$J_s \ddot{\varphi}_s + k_s (1/8 \dot{\varphi}_{\Gamma\Gamma} - \dot{\varphi}_s) + c_s (1/8 \varphi_{\Gamma\Gamma} + \varphi_s) = -M_s \text{sign}(\dot{\varphi}_s) i_s$$

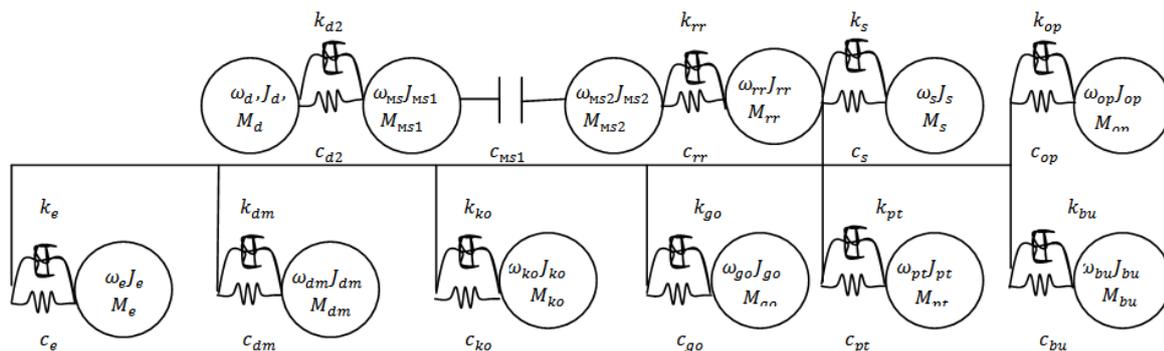


Рис. 2. Эквивалентная расчетная схема приводных механизмов разработанной картофелеуборочной машины

$$\begin{aligned}
 & J_{op} \ddot{\varphi}_{op} + k_{op} (1/8 \dot{\varphi}_{rr} - \dot{\varphi}_{op}) + \\
 & + c_s (1/8 \dot{\varphi}_{rr} + \dot{\varphi}_{op}) = -M_{op} \text{sign}(\dot{\varphi}_{op}) i_{op} \\
 & J_e \ddot{\varphi}_e + k_e (1/8 \dot{\varphi}_{rr} - \dot{\varphi}_e) + \\
 & + c_e (1/8 \dot{\varphi}_{rr} + \dot{\varphi}_e) = -M_e \text{sign}(\dot{\varphi}_e) i_e
 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
 & J_{dm} \ddot{\varphi}_{dm} + k_{dm} (1/8 \dot{\varphi}_{rr} - \dot{\varphi}_{dm}) + \\
 & + c_{dm} (1/8 \dot{\varphi}_{rr} + \dot{\varphi}_{dm}) = -M_{dm} \text{sign}(\dot{\varphi}_{dm}) i_{dm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & J_{ko} \ddot{\varphi}_{ko} + k_{ko} (1/8 \dot{\varphi}_{rr} - \dot{\varphi}_{ko}) + \\
 & + c_{ko} (1/8 \dot{\varphi}_{rr} + \dot{\varphi}_{ko}) = -M_{ko} \text{sign}(\dot{\varphi}_{ko}) i_{ko}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & J_{go} \ddot{\varphi}_{go} + k_{go} (1/8 \dot{\varphi}_{rr} - \dot{\varphi}_{go}) + \\
 & + c_{go} (1/8 \dot{\varphi}_{rr} + \dot{\varphi}_{go}) = -M_{go} \text{sign}(\dot{\varphi}_{go}) i_{go}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & J_{pt} \ddot{\varphi}_{pt} + k_s (1/8 \dot{\varphi}_{rr} - \dot{\varphi}_{pt}) + \\
 & + c_{pt} (1/8 \dot{\varphi}_{rr} + \dot{\varphi}_{pt}) = -M_{pt} \text{sign}(\dot{\varphi}_{pt}) i_{pt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & J_{bu} \ddot{\varphi}_{bu} + k_{bu} (1/8 \dot{\varphi}_{rr} - \dot{\varphi}_{bu}) + \\
 & + c_{bu} (1/8 \dot{\varphi}_{rr} + \dot{\varphi}_{bu}) = -M_{bu} \text{sign}(\dot{\varphi}_{bu}) i_{bu}
 \end{aligned}$$

где  $J_d, J_{MS1}, \omega_d, \omega_{MS1}, M_d, M_{MS1}$  – момент инерции, угловые скорости и крутящие моменты двигателя и левой части муфта сцепления;  $J_{MS2}, \omega_{MS2}, M_{MS2}$  – момент инерции, угловая скорость и крутящий момент правой части муфта сцепления;  $J_{rr}, \omega_{rr}, M_{rr}$  – момент инерции, угловая скорость и крутящий момент раздаточного редуктора;  $J_s, \omega_s, M_s$  – момент инерции, угловая скорость и крутящий момент сепарирующего механизма;  $J_{op}, \omega_{op}, M_{op}$  – момент инерции, угловая скорость и

крутящий момент пневматического отделителя;  $J_e, \omega_e, M_e$  – момент инерции, угловая скорость и крутящий момент элеваторного механизма;  $J_{dm}, \omega_{dm}, M_{dm}$  – момент инерции, угловая скорость и крутящий момент демферного отделителя;  $J_{ko}, \omega_{ko}, M_{ko}$  – момент инерции, угловая скорость и крутящий момент комбинированные очистительные механизмы;  $J_{go}, \omega_{go}, M_{go}$  – момент инерции, угловая скорость и крутящий момент гидравческого отделителя;  $J_{pt}, \omega_{pt}, M_{pt}$  – момент инерции, угловая скорость и крутящий момент подъемного транспортера;  $J_{bu}, \omega_{bu}, M_{bu}$  – момент инерции, угловая скорость и крутящий момент ботвоудалител;  $k_i$  и  $c_i$  – коэффициент демпфирования и жесткости соответствующих приводных и отделительных механизмов.  $1/8$  – значения, что на раздаточном редукторе движения делиться на восемь механизмов.

### Выводы

Предлагаемая оригинальная принципиальная схема в достаточной мере отделяет примеси от вороха клубней картофеля. Многократное отделение и совершенствование сепараторно-элеваторных механизмов позволяет лучше отделить почвенные комки и камня от клубней картофеля.

Разработанная математическая модель (1) для приводных механизмов картофелеуборочной машины позволяет найти параметры движения на соответствующих исполнительных механизмах. Данная модель поможет разработчикам картофелеуборочных машин определить необходимые геометрические и динамические параметры при разработке новых машин.

**Список литературы**

- [1] Верещагин Н.И, Левшин А.Г, Скороходов А.Н. Организация и технология механизированных работ в растениеводстве. 2003. 416 с.
- [2] Рейнгарт Э. С., Сорокин А. А., Пономарев а. Г. (ВИМ). Унифицированные картофелеуборочные машины нового поколения. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2006. № 10.
- [3] Матмуродов Ф.М. Исследование много отделительными рабочими органами новый разработанной отечественной КУМ. Сборник научных трудов республиканской научно-практической конференции под названием “Основные факторы развития плодоводства и виноградарства в Узбекистане”. НИИ Садоводства, виноградарства и виноделия, 26 сентября 2019 г. С. 300–304.
- [4] Матмуродов Ф.М. Создание отечественной картофелеуборочной машины и его сравнительного анализа параметра с зарубежной машины. Сборник научных тезисов XXIV-Международной научно-практической конференций на тему: “Инновация-2019. ТГТУ, 26-27 октября 2019 г. С.171–172.

**References**

- [1] Vereshchagin N.I., Levshin A.G, Skorodov A.N. Organization and technology of mechanized works in crop production 2003, 416 p.
- [2] Reingart E. S., Sorokin A. A., Ponomarev a. G. (WIM). New generation unified potato harvesting machines. Tractors and Agricultural Machines Magazine, 2006, No. 10.
- [3] Matmurodov F. M. Research many finishing working bodies new developed domestic LPC. Collection of scientific works of the republican scientific and practical conference called «Main factors of fruit growing and viticulture development in Uzbekistan.» Research Institute of Horticulture, Viticulture and Winemaking, September 26, 2019 pp. 300–304.
- [4] Matmurodov F.M. Creation of a domestic potato harvesting machine and its comparative analysis of the parameter from a foreign machine. Collection of scientific theses of the XXIV-International Scientific and Practical Conferences on the theme «Innovation 2019. TGTU, October 26-27, 2019 pp. 171–172.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Матмуродов Фарход Маткурбонovich</b>                  кандидат технических наук                  руководитель исследовательского проекта                  Туринский политехнический университет в г.Ташкенте                  г. Ташкент, ул. Куприкли 46  <b>Тел.:</b> +998 (97) 404-27-44  <b>E-mail:</b> matmurodov@yahoo.com</p>	<p><b>Matmurodov Farkhod Matkurbonovich</b>                  PhD in Technical Sciences                  research project manager                  Turin Polytechnic University in Tashkent  <b>Phone:</b> +998 (97) 404-27-44  <b>E-mail:</b> matmurodov@yahoo.com</p>
--	--