

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ НОВОГО КОПИРНО- РОТОРНОГО ОТДЕЛИТЕЛЯ БОТВЫ

STUDY OF INTERACTION SEMI-CONTACT ELEMENTS OF WORKING SINKING ROTARY SEPARATOR TOPPER

¹Владимир М. Булгаков, ²Андрей Н. Борис

¹Национальный университет биоресурсов и
природопользования Украины

²Национальный научный центр “Институт механизации и
электрификации сельского хозяйства”

¹Киев-03041, Украина; ²пгт. Глеваха - 08631, Украина
E-mail: ¹mechanics@nauu.kiev.ua; ²aborys@ukr.net

На основании построенных ранее математических моделей вращательного движения очистительного элемента нового отделителя ботвы и кинематического взаимодействия рабочих элементов между собой построена математическая модель динамического взаимодействия системы рабочих элементов отделителя с головкой корнеплода сахарной свеклы. Получены зависимости усилий в точке контакта системы рабочих элементов с головкой корнеплода в зависимости от количества элементов в системе и режимов работы нового отделителя ботвы. Построены графические зависимости изменения суммарной нормальной реакции системы от количества ее элементов. Значения составляющих нормальной реакции были использованы в дальнейшем для силового анализа указанного взаимодействия.

Математическая модель, ботва, корнеплод, головка корнеплода, рабочий элемент, система рабочих элементов, точка контакта, силовое взаимодействие.

Введение

Высококачественная уборка ботвы сахарной свеклы является актуальной задачей отрасли свекловодства. Очистка головок корнеплодов от остатков ботвы на корню является важной операцией технологического процесса уборки сахарной свеклы. Незначительное количество остатков ботвы на головках корнеплодов перед их уборкой существенно ухудшает качественные показатели, что в целом может снизить качество продукции на 10-15%. Поэтому отделение ботвы от головок корнеплодов является актуальным научно-техническим заданием.

Вопросам теоретических и экспериментальных исследований среза ботвы с головок корнеплодов посвящены многие труды П. М. Василенко,

В. М. Булгакова, Л. В. Погорелого, П. В. Савича, М. В. Татьянко и др. [1, 2, 3, 4, 7, 8, 9].

Цель исследования

Аналитическое определение нормальных усилий, которые возникают в точке контакта рабочего элемента отделителя ботвы с головкой корнеплода сахарной свеклы.

Объект и методика исследования

Объектом данного исследования является процесс отделения ботвы от корнеплодов сахарной свеклы на корню новым копирно-роторным отделителем ботвы.

Для проведения исследований использованы основные положения теоретической механики и сопротивления материалов, а также предыдущие исследования физико-механических свойств корнеплодов сахарной свеклы.

Для определения усилий, которые возникают при взаимодействии системы рабочих элементов с головкой корнеплода, в первую очередь, нами построена эквивалентная схема (рис. 1), на которой система рабочих элементов при вращательном движении, а также поступательном перемещении контактирует с головкой корнеплода сахарной свеклы.

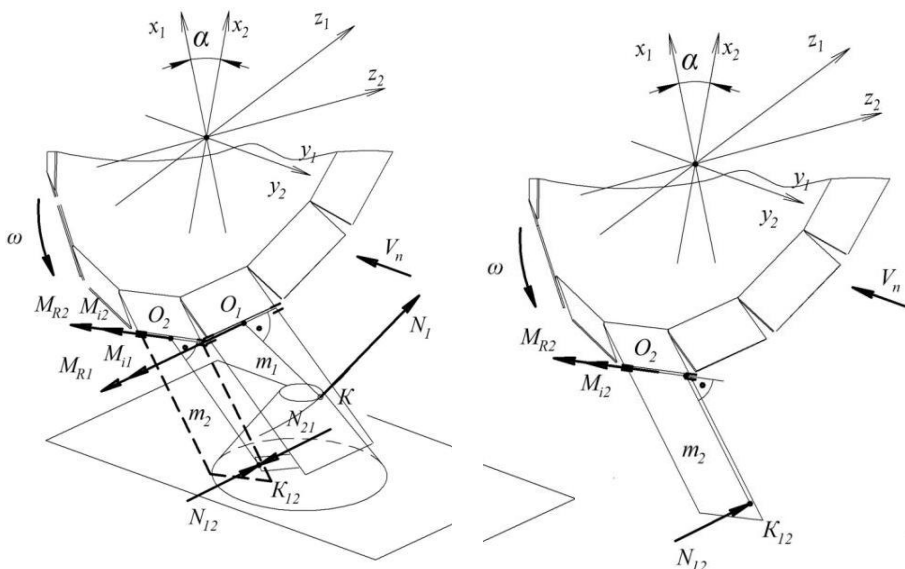


Рис. 1. Эквивалентная схема взаимодействия системы рабочих элементов нового отделителя ботвы с головкой корнеплода сахарной свеклы

Fig. 1. Equivalent circuit of interaction elements of the new system working separator head of root crop

Для определения влияния системы рабочих элементов отделителя на устойчивость корнеплода в почве рассматривался случай, когда с вершиной головки корнеплода взаимодействует система, состоящая из двух рабочих элементов.

Для определения влияния свободных элементов системы на предыдущий элемент, который взаимодействует с головкой корнеплода, необходимо было вначале определить нормальные реакции от взаимодействия поверхностей упоров смежных элементов. Для этого использовался принцип освобожденности от связей, и действие предыдущего элемента было заменено соответствующей реакцией.

После этого для всех элементов системы составлялись дифференциальные уравнения их вращательного движения. Далее были определены нормальные реакции взаимодействия рабочих элементов в каждой из точек контакта. Выражение для определения нормальной реакции взаимодействия смежных элементов имеет следующий вид [5]:

$$N_{ii} = \frac{J \ddot{\varphi}_i + M_{ii}}{\sqrt{x_{ki}^2 + y_{ki}^2}}, \quad (1)$$

где $\ddot{\varphi}_i$ – угловая скорость вращательного движения соответствующего i -того элемента; M_{ii} – момент центробежных сил инерции, который определяется вращательным движением ротора; x_{ki} и y_{ki} – координаты точек взаимодействия рабочих элементов между собой.

Поскольку полученное значение нормальной реакции, согласно выражению (1), справедливо только для относительных систем координат, соответствующих им рабочих элементов, то для использования их в системе координат предыдущего рабочего элемента применялись формулы преобразования координат [5]. В результате применения формул преобразования координат значение нормальной реакции от действия следующего рабочего элемента на предыдущий будет иметь такой вид [8]:

$$N_{21}^{x_1 y_1} = N_{21} \sqrt{\sin^2 \varphi_2 \cos^2 \alpha + \cos^2 \varphi_2}, \quad (2)$$

где N_{21} – нормальная реакция от действия следующего рабочего элемента на предыдущий, который движется по головке корнеплода, в системе координат предыдущего элемента; α – конструктивный угол между смежными рабочими элементами системы, которые размещены на периферии ступицы ротора.

Для нахождения нормальной реакции контактирующего рабочего элемента с головкой корнеплода от действия системы k рабочих элементов необходимо сложить k – уравнений динамического равновесия рабочих элементов, которые контактируют между собой. Например, зависимость суммарной

нормальной реакции корнеплода на систему, состоящую из двух элементов, имеет вид:

$$N = \frac{J\ddot{\varphi} + M_R - \frac{J\ddot{\varphi}_2 + M_{R_2} \sqrt{\sin^2 \varphi_2 \cos^2 \alpha + \cos^2 \varphi_2} m_{21}}{\sqrt{\left[(r_0 + l_{11} \cos \varphi_2) \cos \alpha - \frac{b}{2} \sin \alpha \right]^2 + \left[(r_0 + l_{11} \cos \varphi_2) \sin \alpha - \frac{b}{2} \cos \alpha \right]^2}}}{\sqrt{\left[\rho \sin(\alpha_0 + \omega t) \right]^2 + \left(-tg \varphi_0 \left(\sqrt{\delta^2 + (d-h)^2 - \left(\frac{b}{2} \right)^2} - r_0 \right) - Vt \right)^2}}, \quad (3)$$

где δ – отклонение оси ротора от условной осевой линии рядка; b – конструктивная ширина рабочего элемента; M_R и M_{R_2} – моменты центробежных сил инерции первого и второго рабочих элементов относительно их осей подвеса; m_{21} – плечо нормальной реакции действия второго рабочего элемента на предыдущий относительно его оси подвеса; α_z – угол поворота вала ротора; φ_2 – угол отклонения следующего рабочего элемента от плоскости вращения; ρ – расстояние от оси ротора до вершины головки корнеплода; d – расстояние от оси ротора до уровня поверхности почвы; r_0 – радиус оси подвеса рабочего элемента; l_{11} – длина копирующей части рабочего элемента.

Результаты исследования

Очевидно, что при увеличении числа рабочих элементов в системе аналитическое выражение для определения нормальной реакции N значительно усложнится, поэтому нами была составлена и запрограммирована расчетная схема на ПЭВМ, с помощью которой было проведено исследование динамического взаимодействия отделителя ботвы с головкой корнеплода.

После окончания фазы взаимодействия первого рабочего элемента с головкой корнеплода происходит его выход из контакта и свободное движение под действием центробежных сил инерции, которые предопределены вращательным движением ротора. В то же время все следующие за ним элементы также начинают свободное движение под действием центробежных сил инерции. Анализ графика (рис. 2), на котором представлена зависимость нормальной реакции N системы элементов на головку корнеплода от времени, позволил сделать вывод о том, что с увеличением количества элементов в системе, которая взаимодействует с головкой корнеплода, ступенчато возрастают контактные усилия.

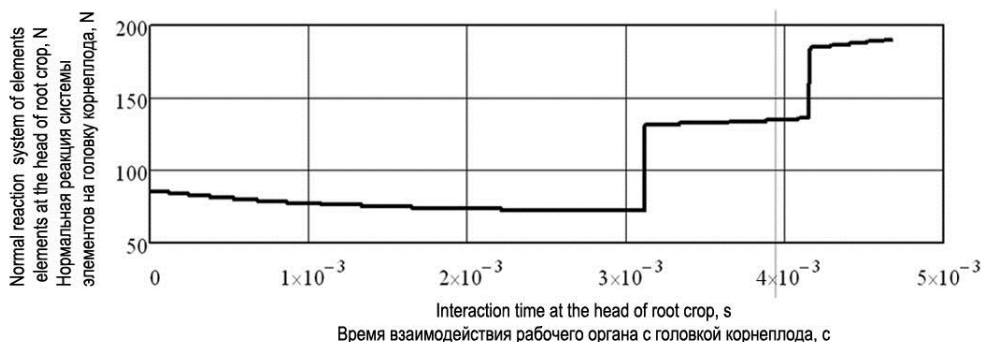


Рис. 2. Зависимость нормальной реакции системы элементов на головку корнеплода от времени

Fig. 2. Dependence of the normal reaction system of elements with the head of root crop on time

Так, в случае трех элементов в системе (рис. 2) максимальные значения нормальной реакции достигают 200 Н. Также установлено, что для максимального количества элементов в системе (при копировании максимально высокой головки корнеплода), которое составляет около 10 шт, суммарные значения нормальной реакции достигают 260 Н.

Полученные значения нормальной реакции от действия системы рабочих элементов были в дальнейшем использованы при моделировании силового взаимодействия отделителя ботвы с головкой корнеплода сахарной свеклы.

Выводы

1. В результате исследования контактного взаимодействия системы двух рабочих элементов нового отделителя ботвы с головкой корнеплода получена зависимость (3), которая описывает усилие в точке контакта с головкой корнеплода.

2. Построена математическая модель взаимодействия системы произвольного количества рабочих элементов отделителя с головкой корнеплода. Произведен расчет модели на ПЭВМ. Установлены в результате исследования максимально возможные значения контактных усилий.

3. На основании математического моделирования установлено, что значения контактных усилий при взаимодействии нового отделителя ботвы с головкой корнеплода колеблются в пределах от 200 до 260 Н.

Список литературы

1. Bendera, I. N.; Boris, M. M.; Boris, A. M. Obosnovanie sposoba i konstrukcii mashiny dlja otdelenija botvy ot korneplodov saharnoj svekly. *Vestnik L'vovskogo nacional'nogo agrarnogo universiteta: agroinzhenerного issledovaniya*. L.: 2008 . No 12 (2). p. 368-364.
2. Bulgakov, V. M. Teoriâ burâkôzbiral'nih mašin. Monografiâ. K.: Vidavničij centr NAU, 2005. 245 s. (Ukrainian)
3. Bulgakov, V. M.; Boris, A. M. Teoreticheskoe issledovanie processa kopirovaniya golovok korneplodov novym kopirno-rotornym otdelitelem botvy. *Vestnik Har'kovskogo nacional'nogo tehničeskogo universiteta sel'skogo hozjajstva im. Petra Vasilenko: Sbornik nauchnyh trudov*. H.: 2012 . Vyp. 124. T. 1. p. 321-337 (Russian)
4. Bulgakov, V. M. Issledovanie vzaimodejstvija passivnogo kopira s korneplodom. V. M. Bulgakov , I. V. Golovach , A. A. Siplivec' , A. P. Gurchenko. *Vestn. cel'hoz. nauki*. 2002. # 12. S. 41-44. Bibliogr.: 4 nazv. Dissertacija. (Russian)
5. Bulgakov, V. M.; Berezovaja, M. G. Jeksperimental'nye issledovanija usovershenstvovanoj konstrukcii rabochnih organov dlja transportirovki i zagruzki botvy. *Nauchnyj vestnik NAU: Sb. nauk. pr. K.*, 2000. Vyp. 33. p. 283-296. (Russian)
6. Pogorelyj, L. V.; Tat'janko, N. V. Sveklouborochnye mashiny: istorija, konstrukcija, teorija, prognoz. K.: 2004. 232 p. (Russian)
7. Helemendik, N. M. Povyshenie mehaniko-tehnologičeskôj jeffektivnosti trudoemkih processov v sveklovodstve: avtoref. dis. na soiskanie nauch. stepeni dokt. tehn. nauk.: spec. 05.20.01 "Mehanizacija sel'skohozjajstvennogo proizvodstva". Ternopol', TPI, 1996. 48 p. (Russian)
8. Vovk, P. F. Agrofizicheskie svojstva kornej saharnoj svekly v svjazi s mehanizaciej uborki. *Teorija, konstrukcija i proizvodstvo sel'skohozjajstvennyh mashin*. T. 2. L.: 1936. P. 269-284.
9. Vojtjuk, D. G.; Carenko, O. M.; Jacun, S. S. i dr. Mehaniko-tehnologičeskie svojstva sel'skohozjajstvennyh materialov: praktikum. za red. S. S. Jacuna. K.: 2000. 93 p. (Russian)

Vladimir Bulgakov, Andrej Boris

STUDY OF INTERACTION SEMICONTACT ELEMENTS OF WORKING SINKING ROTARY SEPARATOR TOPPER

Abstract

From the mathematical models of the rotational motion of cleaning element of the new separator tops on the head and the root of the kinematic interaction between the working elements of a mathematical model of the dynamic interaction between the system elements working with the head of root crop. The obtained dependences of effort at the contact point of the work items to the head of root crops, depending on the number of elements in the system and modes of operation of the new trap tops. The constructed image changes depending on the total normal reaction of the number of its elements. The values of the components of the normal reaction were used for further analysis of the power of this interaction.

Mathematical model, tops, root, root head, working element, system of working element, a point of contact, interaction strength.

Vladimir Bulgakov, Andrej Boris

NAUJO KOPIJUOJANČIO ROTORINIO ŠAKNIAVAISIŲ LAPŲ SKIRTUVO ELEMENTŲ KONTAKTINĖS TARPUSAVIO SĄVEIKOS TYRIMAS

Santrauka

Remiantis ankstesniais valymo elemento sukamojo judesio matematiniais modeliais, taikytais naujam šakniavaisių lapų skirtuvui bei darbo elementų kinematinėi tarpusavio sąveikai, sudarytas dinaminės darbinių skirtuvo elementų sąveikos su cukrinių runkelių šakniavaisio galvute matematinis modelis. Gautos darbinių sistemos elementų kontaktinių jėgų sąlyčio taške su cukrinių runkelių galvute priklausomybės, atsižvelgiant į elementų skaičių sistemoje ir naujo skirtuvo darbo režimus. Sudarytos grafinės sistemos suminės normalinės reakcijos jėgos kitimo priklausomybės nuo elementų skaičiaus sistemoje. Normalinės jėgos sudedamųjų reikšmės buvo panaudotos nagrinėjamos sąveikos jėginei analizei.

Matematinis modelis, šakniavaisio lapai, šakniavaisio galvutė, darbinis elementas, darbinių elementų sistema, kontaktinis taškas, jėgų sąveika.