

УДК 656.13

UDC 656.13

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ
СЕПАРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ СО
ВСТРЯХИВАТЕЛЯМИ В
КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИНАХ**

**THEORETICAL AND PRACTICAL BASES OF
APPLICATION OF MODERN SEPARATING
DEVICES WITH AGITATOR IN A POTATO
HARVESTER**

Бышов Николай Владимирович
д.т.н., профессор

Byshov Nikolai Vladimirovich
Dr.Sci.Tech., professor

Борычев Сергей Николаевич
д.т.н., профессор

Borychev Sergei Nikolaevich
Dr.Sci.Tech., professor

Успенский Иван Алексеевич
д.т.н., профессор

Uspensky Ivan Alekseevich
Dr.Sci.Tech., professor

Бышов Дмитрий Николаевич
к.т.н., доцент

Byshov Dmitry Nikolaevich
Cand.Tech.Sci., associate professor

Рембалович Георгий Константинович
к.т.н., доцент

Rembalovich George Konstantinovich
Cand.Tech.Sci., associate professor

Паршков Андрей Викторович
к.т.н., доцент

Parshkov Andrey Viktorovich
Cand.Tech.Sci., associate professor

Голиков Алексей Анатольевич
аспирант
*Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия*

Golikov Alexey Anatolevich
postgraduate student
*Ryazan State Agrotechnological University named
after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

Результаты исследований, представленные в данной статье, предназначены для ознакомления с перспективным направлением повышения качества работы картофелеуборочных машин путем совершенствовании технологического процесса сепарации, а так же рабочих органов для его осуществления

The research results presented in this article are intended to familiarize themselves with promising avenue to improve the quality of potato harvesters by improving the process of separation, as well as working bodies for its implementation

Ключевые слова: КАРТОФЕЛЬ,
СЕПАРИРУЮЩИЙ ТРАНСПОРТЕР, КЛУБЕНЬ,
УРОЖАЙНОСТЬ, КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫЙ
КОМБАЙН

Keywords: POTATO, SEPARATING CONVEYOR,
TUBER, PRODUCTIVITY, POTATO
HARVESTER

Одним из приоритетных направлений развития сельского хозяйства в Российской Федерации является увеличение объема производства картофеля. Эта культура возделывается в 130 странах мира на площади более 20 млн га, с которой ежегодно собирают свыше 300 млн. т. клубней [3]. По данным 2011 г. РФ занимает 3 место по объему производимого картофеля в мире (после Китая и Индии) и на ее долю приходится до 14%. Если производить расчет потребления картофеля в год одним человеком, то

этот показатель составит около 120...130 кг. В 2011 году в отечественных хозяйствах валовой сбор составил 32,6 млн. т, при средней урожайности 13,2 т/га.

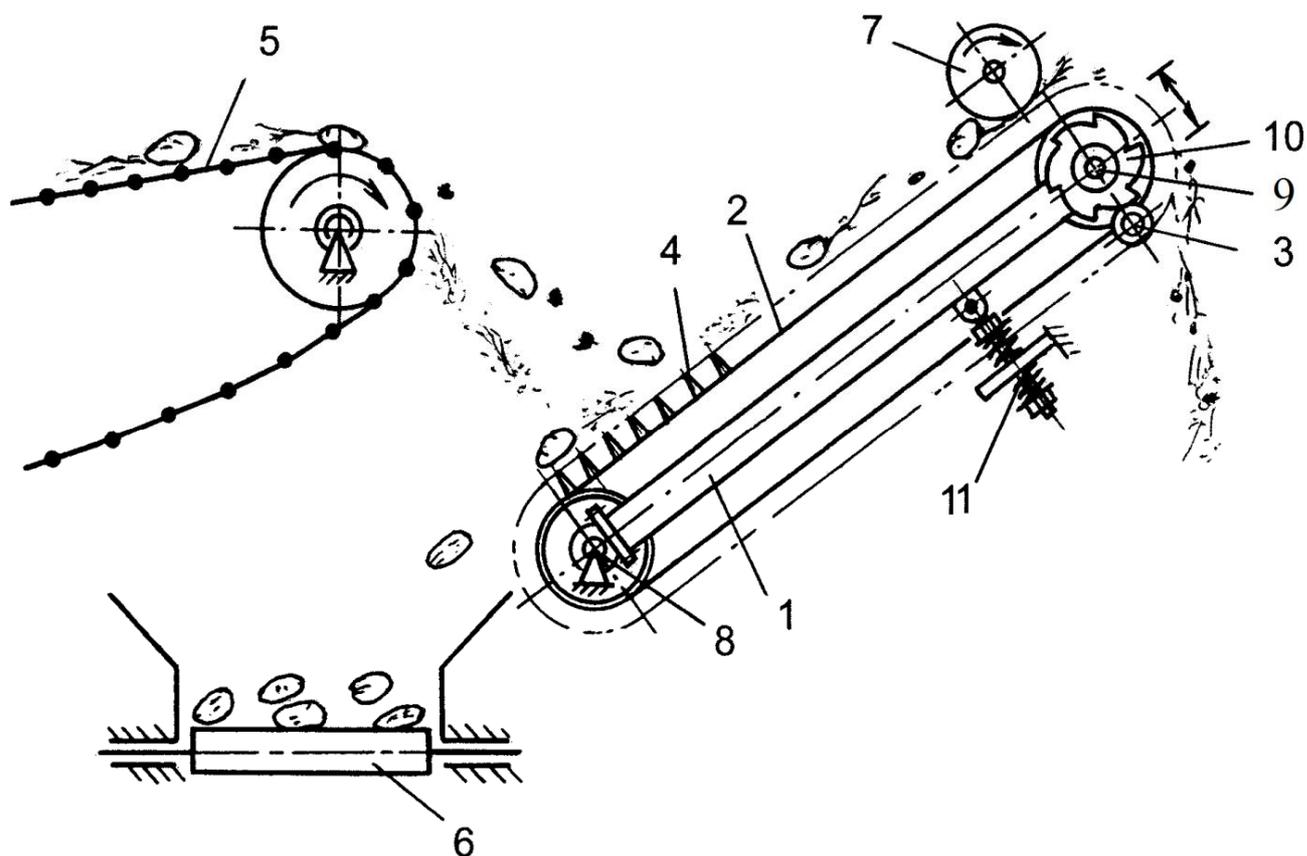
При возделывании рассматриваемой культуры самым ресурсозатратным из всего цикла является процесс уборки, на долю которого приходится до 75% всех трудозатрат и до 60% энергозатрат. При машинной уборке картофеля сепарирующими органами комбайна удаляется порядка 1000 т почвенных и растительных примесей в расчете на один гектар [3]. Исходя из этого, востребованным направлением повышения качества работы картофелеуборочных машин заключается в совершенствовании технологического процесса сепарации, а так же рабочих органов для его осуществления.

Учеными Рязанского ГАТУ разработан и запатентован ряд инновационных технических решений, способных повысить эффективность эксплуатации комбайнов при машинной уборке картофеля. Проанализируем их более подробно.

Рассмотрим принцип действия устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей (рис. 1) [2, 4, 6]. Картофельный ворох подается транспортером 5 на поверхность сепарирующей горки 1, где происходит процесс отделения клубней от почвенных примесей и комков. В этом случае большинство клубней скатывается по рабочей ветви 2 горки 1 на выгрузной транспортер 6, а растительные примеси удерживаются пальцами 4 и поднимаются вверх к клубнеотражателю 7, который вращается навстречу потоку. Благодаря воздействию клубнеотражателя на движущуюся массу увеличивается качество отделения ботвы и комков почвы от корнеплодов.

Вращаясь, диск 10 периодически оказывает воздействие на опорный ролик 3, заставляя колебаться горку 1 в вертикальной плоскости относительно шарнира подвески 8. При этом стабилизатор колебаний 11 горки 1 обеспечивает взаимодействие диска 10 с опорным роликом.

Амплитуда такого движения зависит от размера выступов на диске, а частота - от их количества. Данное воздействие благоприятно влияет на массу материала, что обеспечивает в конечном итоге более качественное отделение клубней от почвенных комков и примесей.



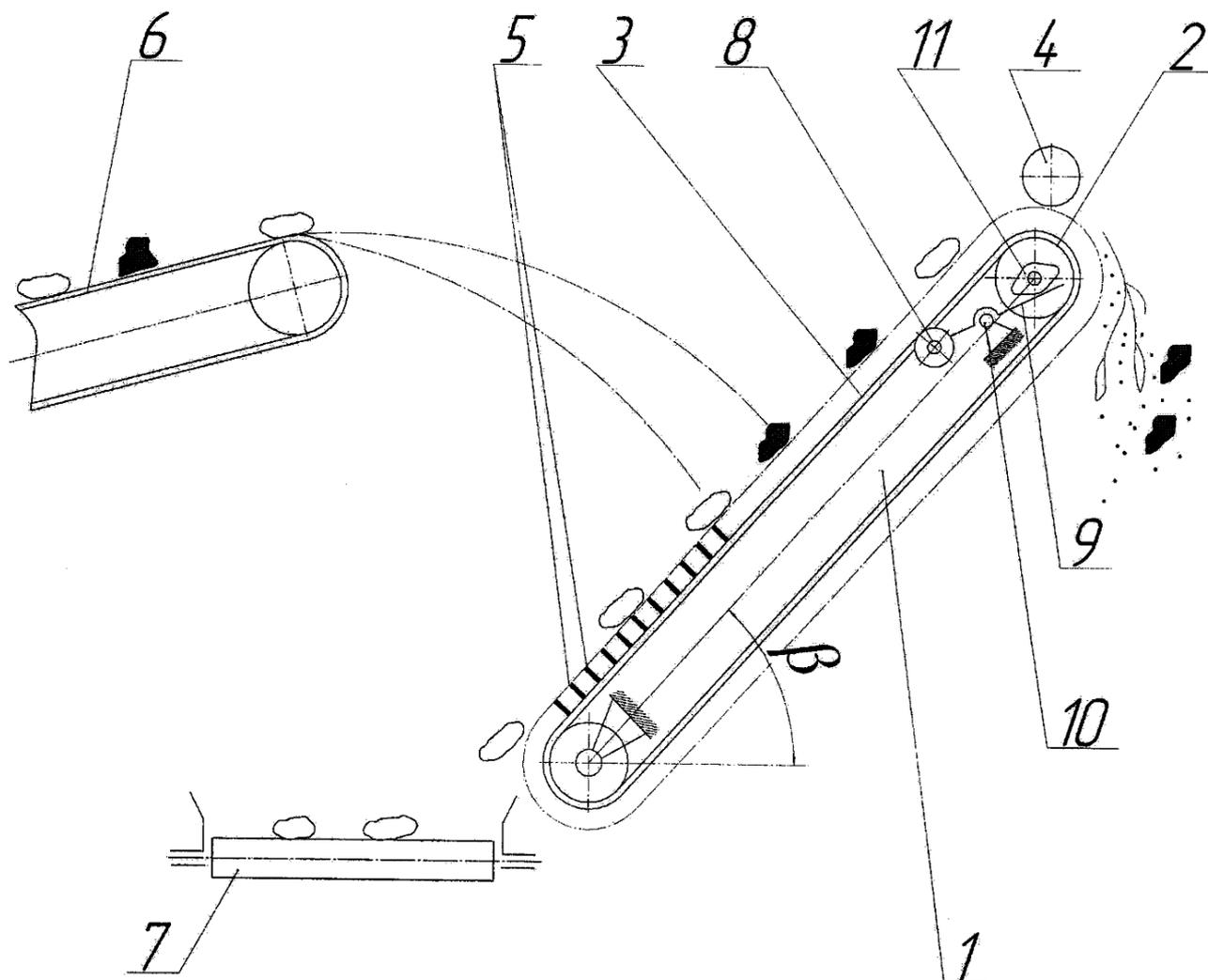
1 – сепарирующая горка; 2 – рабочая ветвь горки; 3 – опорный ролик; 4 – упругие пальцы; 5 – сепарирующий транспортер; 6 – выгрузной транспортер; 7 – клубнеотражатель; 8 – шарнир; 9 – приводной вал; 10 – диск; 11 – стабилизатора колебаний.

Рисунок 1. Технологическая схема устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей [2]

Выбор конкретных характеристик диска 10 механизма колебаний сепарирующей горки 1 для каждого случая производился в зависимости от условий эксплуатации картофелеуборочной машины [4, 7].

Следующей конструктивным решением, о котором пойдет речь, является устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей с механизмом встряхивания (рис. 2) [1, 5]. Его главная отличительная

особенность от прототипа заключается в предотвращении налипания почвы на упругие пальцы рабочей ветви горки за счет непосредственно воздействия на нее встряхивающего механизма.



1 – сепарирующая горка; 2 – транспортная лента; 3 – рабочая ветвь горки; 4 – клубнеотражающий валик; 5 – упругие пальцы; 6 – сепарирующий элеватор; 7 – выгрузки транспортер; 8 – ролик; 9 – рычаг; 10 – встряхивающий механизм; 11 – кулачок.

Рисунок 2. Технологическая схема органа выносной сепарации со встряхивающим механизмом [1]

Картофельный ворох вместе с остатками примесей поступает с сепарирующего элеватора 6 на горку 1, где на поверхности рабочей ветви 3 благодаря различиям в физико-механических и размерно-массовых свойствах компонентов, производится заключительный этап сепарации. При этом подавляющее большинство клубней перемещается над

поверхностью рабочей ветвью 3 по пальцам 5, поступая на выгрузной транспортер 7, а растительные примеси удерживаются пальцами полотна, вместе с почвой, оставшейся на ветви, удаляются за пределы машины. Некоторая часть клубней совместно с удерживающей ее ботвой так же увлекается пальчатым полотном.

При работе сепарирующей горки 1 ее приводной вал с закрепленным кулачком 11 воздействует на рычаг 9 встряхивающего механизма 10 и дальше на ролик 8, вынуждая последнего контактировать с рабочей ветви 3 и вызывая колебания поверхности. В результате этого предотвращается налипание почвы на упругие пальцы 5, а растительные примеси более эффективно отделяются от клубней и удаляются за пределы уборочной машины [5].

По результатам проведенных теоретических исследований были выявлены рациональные кинематические и конструктивные параметры встряхивающего механизма [3], при которых уровень повреждений, а так же потерь клубней находились в рамках соблюдения агротехнических требований. Особое внимание было уделено определению частоты колебаний рабочей ветви сепарирующей горки и параметрам кулачково-рычажного механизма.

Особое внимание обращалось на то, что колебание полотна должно быть такими, чтобы выполнялось условие, при котором время полёта клубня было меньше времени одного колебания полотна. Соблюдение подобного режима колебаний возможно при выполнении следующего условия:

$$2g \cdot \cos b < l^2 \cdot A < 3,3g \cdot \cos b$$

(1)

где β – угол наклона горки, рад; g – ускорение свободного падения, м/с²; A – амплитуда колебаний полотна, м; λ – круговая частота колебаний полотна, рад/с.

Зависимость амплитуды колебаний полотна горки A от количества выступов кулачка будет равна:

$$A = \frac{a_r \cdot D^2}{(2 \cdot V_r \cdot Z)^2} \quad (2)$$

где a_r - ускорение полотна горки, м/с^2 ; D – диаметр ведущего вала горки, м ; V_r – скорость полотна горки, м/с ; Z – число выступов кулачка.

Исследования влияния амплитуды колебаний полотна горки от числа выступов кулачка встряхивающего механизма представлено на рис. 3 [3].

Кинематические характеристики встряхивающего механизма органа сепарирующей горки представленной на рисунке 4, на основании которых и производился выбор оптимальных конструктивных параметров. Важное ограничение заключалось в том, что скорость перемещения точки контакта ролика встряхивателя с рабочей поверхностью полотна транспортера V_h не должна превышать предельно-допустимую скорость соударения, в результате которой уровень повреждений клубней имел значение выше агротехнических требований (согласно исследованиям 3 м/с [3]).

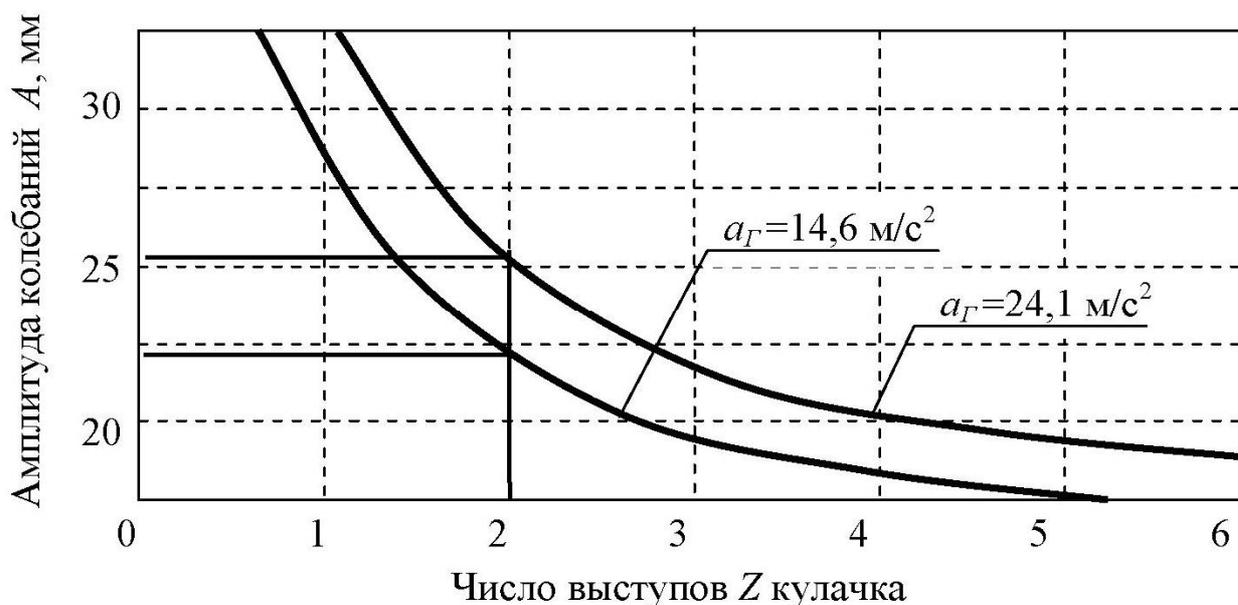


Рисунок 3. Зависимость амплитуды колебаний полотна от числа выступов кулачка встряхивающего механизма.

Уравнение скорости перемещения точки V_h выглядит следующим образом:

$$V_h = V_{O_2} \cos q = \frac{b[(a^2 + r^2 + l^2) \cos(j - g) - dl(1 + \cos^2(j - g))]l \cos q}{((a^2 + r^2 + l^2) - 2dl \cos(j - g))(d - l \cos(j - g))} \cdot \omega_k$$

(3)

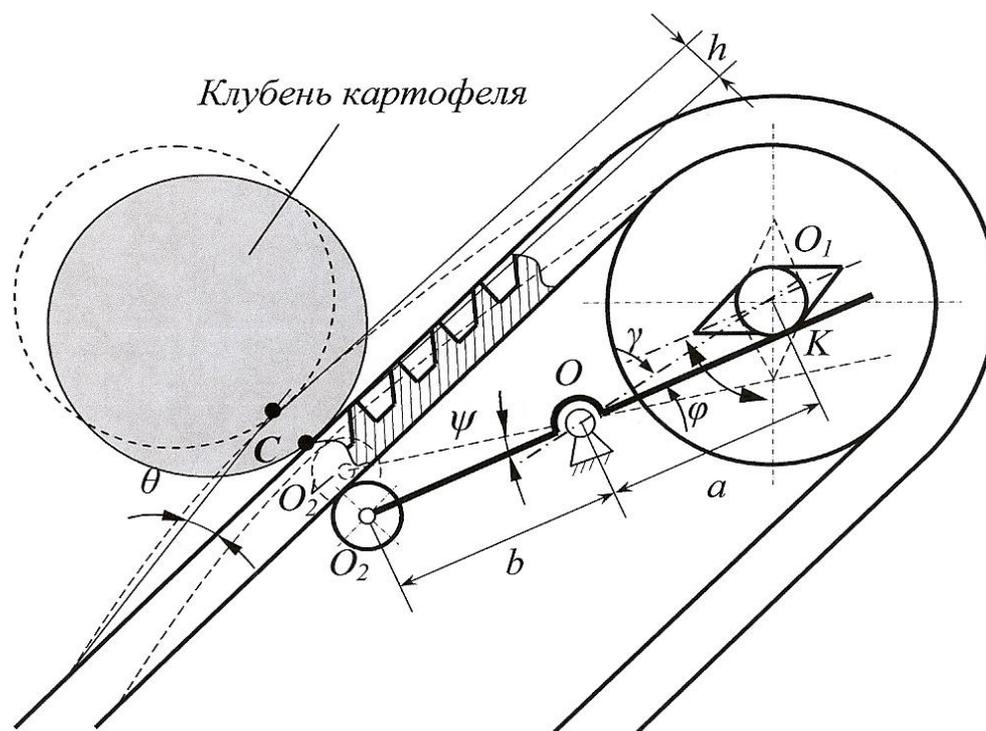
где V_{O_2} - скорость перемещения точки O_2 , м/с; θ - угол наклона полотна горки по отношению к начальному положению рычага OO_2 , рад; a, b - правое и левое плечо рычага, м; φ - угол поворота кулачка, рад; l - половина длины кулачка, м; $g = \angle O_1OK$; r - радиус начальной окружности кулачка, м;

Угол поворота кулачка:

$$j = \omega_k t$$

(9)

где ω_k - угловая скорость вращения кулачка, рад/с; t - время, с.



h - смещение точки C полотна горки, м; Ψ – угол поворота рычага, рад.

Рисунок 4. Схема к определению параметров встряхивающего механизма органа выносной сепарации

Зависимость скорость перемещения точки контакта ролика встряхивателя с полотном горки V_h от угла поворота кулачка φ представлена на рисунке 5 [3].

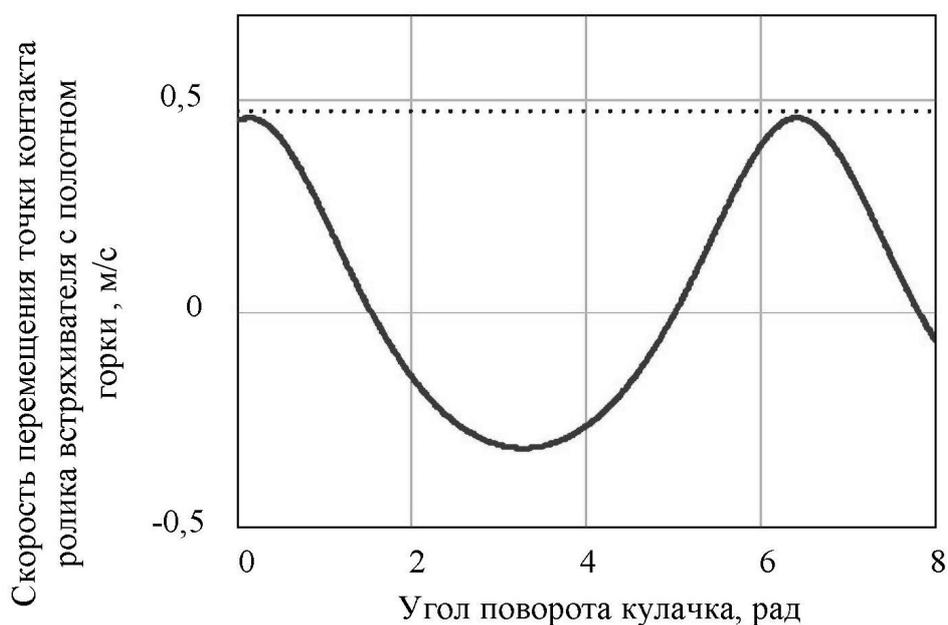


Рисунок 5. Зависимость скорости перемещения точки V_h от угла поворота кулачка φ

По завершению теоретических исследований были проведены полевые испытания картофелеуборочного комбайна КПК-2-01 с установленным на него органом выносной сепарации со встряхивающим механизмом. Полученные результаты занесены в таблицу 1 [3].

Таблица 1. Характеристика участка и результаты полевых испытаний серийных и усовершенствованных картофелеуборочных машин КПК-2-01 [5]

Наименование данных	Комбайн КПК-2-01	
	Серийный	Усовершенствованный
Ширина междурядья, см	70	
Тип почвы и ее механический состав	Серая лесная и средний суглинок	
Влажность почвы, %	16,8...23,5	
Рабочая скорость комбайна, км/ч	2,0	2,2
Качество выполнения технологического процесса, %		
Собрано в тару	91,3	96,7
Оставлено в почве	1,9	1,9
Оставлено на поверхности	6,8	1,4

Продолжение таблицы 1.

Повреждения клубней по массе, %	7,59	7,62
Состав вороха (по массе), %:		
Клубни	90,3	94,6
Почвенные комки	6,2	3,2
Почва на клубнях	1,3	0,6
Камни	0,3	0,2
Растительные примеси	1,9	1,4

Исходя из полученных результатов исследований, можно сделать следующие выводы:

1. Все рассматриваемые показатели работы усовершенствованной картофелеуборочной машины находятся в допустимых пределах агротехнических требований;

2. Применение усовершенствованных сепарирующих устройств оказывают положительный эффект на показатели работы серийных картофелеуборочных машин;

3. Повышение показателей работы комбайнов путем внедрения в их конструкцию разработанных устройств, так же способствует приросту производительности машины в целом.

По итогам технико-экономического обоснования было установлено, что суммарный годовой экономический эффект от использования на комбайне КПК-2-01 усовершенствованного сепарирующего органа с механизмом встряхивания варьировался от 2 до 3 тыс. рублей с гектара в зависимости от условий проведения уборочных работ.

Список литературы

1. Пат. № 94800 Российская Федерация, МПК А01D33/08. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей / Д.Н. Бышов, С.Н. Борычев. – Оpubл. 10.06.2010.

2. Пат. № 2399191 Российская Федерация, МПК А01D33/08. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей / Д.Н. Бышов, С.Н. Борычев, Г.К. Рембалович [и др.]. – Оpubл. 20.09.2010.

3. Бышов, Д.Н. Усовершенствованный технологический процесс и орган выносной сепарации картофелеуборочных машин: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Д.Н. Бышов. - Рязань, 2011. – 143 с.

4. Инновационные решения вторичной сепарации: результаты испытаний в картофелеуборочных машинах / Р.В. Безносюк, Д.Н. Бышов, С.Н. Борычев [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. - 2011. - № 4. С. 34-37.

5. Эффективное устройство выносной сепарации комбайна КПК-2-01 / Д.Н. Бышов, С.Н. Борычев, Г.К. Рембалович // Сельский механизатор. – 2011. – №1. С. 10-11.

6. Взаимосвязь характеристик повреждаемости клубней с параметрами технического состояния сельскохозяйственной техники в процессе производства картофеля / Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, Г.Д. Кокорев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №10(074). С. 596 – 606. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/10/pdf/53.pdf>.

7. Бышов, Д.Н. Сепарация картофельного вороха / Д.Н. Бышов // Сельский механизатор. - 2010. - № 9. С. 16-17.

References

1. Pat. № 94800 Rossijskaja Federacija, MPK A01D33/08. Ustrojstvo dlja otdelenija korneklubneplodov ot primesej / D.N. Byshov, S.N. Borychev. – Opubl. 10.06.2010.

2. Pat. № 2399191 Rossijskaja Federacija, MPK A01D33/08. Ustrojstvo dlja otdelenija korneklubneplodov ot primesej / D.N. Byshov, S.N. Borychev, G.K. Rembalovich [i dr.]. – Opubl. 20.09.2010.

3. Byshov, D.N. Usovershenstvovannyj tehnologicheskij process i organ vynosnoj separacii kartofeleuborochnyh mashin: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.20.01 / D.N. Byshov. - Rjazan', 2011. – 143 s.

4. Innovacionnye reshenija vtorichnoj separacii: rezul'taty ispytanij v kartofeleuborochnyh mashinah / R.V. Beznosjuk, D.N. Byshov, S.N. Borychev [i dr.] // Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. - 2011. - № 4. S. 34-37.

5. Jeffektivnoe ustrojstvo vynosnoj separacii kombajna KPK-2-01 / D.N. Byshov, S.N. Borychev, G.K. Rembalovich // Sel'skij mehanizator. – 2011. – №1. S. 10-11.

6. Vzaimosvjaz' harakteristik povrezhdaemosti klubnej s parametrami tehničeskogo sostojanija sel'skohozjajstvennoj tehniki v processe proizvodstva kartofelja / G.K. Rembalovich, I.A. Uspenskij, G.D. Kokorev [i dr.] // Politematičeskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – №10(074). S. 596 – 606. Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2011/10/pdf/53.pdf>.

7. Byshov, D.N. Separacija kartofel'nogo voroha / D.N. Byshov // Sel'skij mehanizator. - 2010. - № 9. S. 16-17.