

УДК 631.356.01

UDC 631.356.01

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ**

**MODERN QUESTIONS OF POTATO  
HARVESTING EQUIPMENT PERFECTION**

Симдянкин Аркадий Анатольевич  
д.т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код= 8002-7513

Simdyankin Arkady Anatolievich  
Dr.Sci.Tech., professor  
RSCI SPIN-code= 8002-7513

Костенко Михаил Юрьевич  
д.т.н., доцент  
РИНЦ SPIN-код=2352-0690

Kostenko Mikhail Yurievich  
Dr.Sci.Tech., assistant professor  
RSCI SPIN-code=2352-0690

Рембалович Георгий Константинович  
д.т.н., доцент  
РИНЦ SPIN-код=9656-2331

Rembalovich George Konstantinovich  
Dr.Sci.Tech., assistant professor  
RSCI SPIN-code=9656-2331

Колотов Антон Сергеевич  
к.т.н.  
РИНЦ SPIN-код= 7869-6590

Kolotov Anton Sergeevich  
Cand.Tech.Sci.  
RSCI SPIN-code= 7869-6590

Кiryushin Илья Николаевич  
к.т.н.  
РИНЦ SPIN-код= 6979-4921

Kiryushin Ilya Nickolaevich  
Cand.Tech.Sci.  
RSCI SPIN-code=6979-4921

Кравченко Андрей Михайлович  
д.т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код= 5289-8402

Kravchenko Andrey Mikhailovich  
Dr.Sci.Tech., professor  
RSCI SPIN-code= 5289-8402

Ксендзов Валентин Александрович  
д.т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код=нет

Ksendzov Valentin Aleksandrovich  
Dr.Sci.Tech., professor  
RSCI SPIN-code= no

Угланов Михаил Борисович  
д.т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код= нет

Uglanov Mikhail Borisovich  
Dr.Sci.Tech., professor  
RSCI SPIN-code= no

Успенский Иван Алексеевич  
д.т.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код=1831-7116

Uspenskiy Ivan Alekseevich  
Dr.Sci.Tech., professor  
RSCI SPIN-code=1831-7116

Шемякин Александр Владимирович  
д.т.н., доцент  
РИНЦ SPIN-код= 4403-7671

Shemyakin Alexander Vladimirovich  
Dr.Sci.Tech., assistant professor  
RSCI SPIN-code= 4403-7671

Костенко Наталья Алексеевна  
к.т.н.  
РИНЦ SPIN-код= 5579-3034  
*Рязанский государственный  
агротехнологический университет имени П.А.  
Костычева, Рязань, Россия*

Kostenko Natalia Alekseevna  
Cand.Tech.Sci.  
RSCI SPIN-code= 5579-3034  
*Ryazan State Agrotechnological University named after  
P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

Картофель возделывается в 130 странах мира на площади свыше 18 млн. га, с которой ежегодно собирают более 300 млн. т. клубней. На долю РФ приходится около 11% ... 14% общего объема производства. Полученный

Potato is cultivated in 130 countries on an area of over 18 million hectares; it annually gives more than 300 million tons of tubers. The share of the Russian Federation accounts is about 11% ... 14% of total production. The resulting potatoes consumed in food,

картофель расходуется на питание, корм скоту, технические цели, в семенной фонд. По данным Министерства сельского хозяйства России, наибольшее количество картофеля в нашей стране (89 %) производится в крестьянско-фермерских хозяйствах и в личных хозяйствах граждан, площадь возделывания которых составляют около 2,7 млн. га. В таких хозяйствах для уборки урожая используют преимущественно картофелекопатели с последующим подбором урожая с поля вручную. Применение копателей на небольших территориях посадки экономически более рационально по отношению к сбору урожая комбайном. Помимо этого параметры, предъявляемые АТТ к повреждаемости картофеля при уборке копателем (3%) выше, чем при уборке комбайном (5%). Как показывает практика использования уборочных агрегатов, даже при оптимальных условиях уборки в бункере комбайна имеются почвенные и растительные примеси. Существует множество различных по своему характеру устройств, предназначенных для локализации данной проблемы. Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что стоит уделить значительное внимание качеству работы подкапывающих рабочих органов, ведь от этого зависит продуктивность функционирования всей машины. В настоящее время широкое распространение получили картофелеуборочные агрегаты с приемной частью, оснащенной боковыми дисками, расположенными по краям от лемехов. Диски отрезают поднимаемый пласт почвы от междурядий. Это влечет за собой улучшение показателей работы картофелеуборочной машины. Наиболее эффективным и экономичным с точки зрения энергозатрат, является работа пассивных дисков с почвозацепами. Качество работы картофелеуборочных машин напрямую зависит от конструкции и эффективности функционирования подкапывающих органов. Предложенное конструктивное решение подкапывающего органа увеличивает производительность картофелеуборочной машины

Ключевые слова: КАРТОФЕЛЬ, ПРИЕМНАЯ ЧАСТЬ, КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫЙ КОМБАЙН, ПОДКАПЫВАЮЩИЙ РАБОЧИЙ ОРГАН, АНАЛИЗ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ

animal feed, technical purposes, seed fund. According to the Ministry of agriculture of Russia, the largest number of potatoes in our country (89 %) is produced in peasant farms and personal farms of citizens, the area of cultivation of which make up about 2.7 million hectares. At such farms for the harvest, they use mainly potato-diggers, followed by selection of crops manually. The use of diggers in small areas of planting is more cost-efficiently in relation to the harvesting combine. In addition, the parameters requested for АТТ to damage potatoes when harvesting with the diggers (3%) are higher than during harvesting by combine harvester (5%). As practice shows, for the use of cleaning units, even under optimal harvesting conditions in the hopper of the combine, there are soil and vegetable impurities. There are many different devices intended to localize the problem. Based on the foregoing, we can conclude that it is necessary to pay considerable attention to the quality of work of excavating working bodies, because it affects the productivity of the functioning of the whole machine. Currently, there are widespread potato aggregates with the receiving part, equipped with side disks, spaced along the edges of the plowshares. The disks cut off the raised layer of soil from between the rows. This entails improving the performance of the potato harvester. The most efficient and economical from the point of view of energy consumption, is the work of passive disks with hooks. The quality of potato harvesters depends on the design and performance of excavating bodies. The proposed design solution for an excavating body increases the productivity of harvesting machines

Keywords: POTATOES, RECEIVING PART, POTATO HARVESTER, BREAK IN THE WORKING BODY, ANALYSIS, EXPLOITATION

Картофель возделывается в 130 странах мира на площади свыше 18 млн. га, с которой ежегодно собирают более 300 млн. т. клубней. На долю РФ приходится около 11%...14% общего объема производства [1].

Полученный картофель расходуется на питание, корм скоту, технические цели, в семенной фонд.

По данным Министерства сельского хозяйства России, наибольшее количество картофеля в нашей стране (89 %) производится в крестьянско-фермерских хозяйствах и в личных хозяйствах граждан, площадь возделывания которых составляют около 2,7 млн. га [2]. В таких хозяйствах для уборки урожая используют преимущественно картофелекопатели с последующим подбором урожая с поля вручную. Применение копателей на небольших территориях посадки экономически более рационально по отношению к сбору урожая комбайном. Помимо этого параметры, предъявляемые АТТ к повреждаемости картофеля при уборке копателем (3%) выше, чем при уборке комбайном (5%) [3, 4].

Как показывает практика использования уборочных агрегатов, даже при оптимальных условиях уборки (низкая засоренность поля сорняками и камнями, отмершая ботва, влажность почвы 18%...22%, тип почвы – легкий суглинок и др.) – в бункере комбайна имеются почвенные и растительные примеси. Существует множество различных по своему характеру устройств, предназначенных для локализации данной проблемы, таких как: грядкокопирующие катки, всевозможные комкодавители и интенсификаторы сепарации, а также комбинированные подкапывающие агрегаты.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что стоит уделить значительное внимание качеству работы подкапывающих рабочих органов, ведь от этого зависит продуктивность функционирования всей машины [5].

В настоящее время широкое распространение получили картофелеуборочные агрегаты с приемной частью, оснащенной боковыми дисками, расположенными по краям от лемехов [6,7]. Диски отрезают поднимаемый пласт почвы от междурядий. Это влечет за собой улучшение

показателей работы картофелеуборочной машины, таких как: снижение тягового сопротивления, уменьшение эксплуатационных затрат, снижение повреждаемости клубней картофеля и уменьшение количества крупных почвенных комков в ворохе, поступающем на сепарирующие рабочие органы. Наиболее эффективным и экономичным с точки зрения энергозатрат, является работа пассивных дисков с почвозацепами [5].

Качество работы картофелеуборочных машин напрямую зависит от конструкции и эффективности функционирования подкапывающих рабочих органов, так как они влияют на физико-механические свойства почвы, поступающей на сепарирующие рабочие органы. К примеру, при большем количестве почвы из междурядий в составе вороха значительно повышается содержание твердых комков [5].

Исходя из изложенного выше, разработан выкапывающий рабочий орган (рис.1), содержащий лемех 1, по обе стороны которого вертикально установлены зубчатые диски 2. В центре каждого зуба выполнены почвозацепы 3 в виде равносторонних треугольников, площадь которых не превышает  $1/3$  площади зуба. При этом одна сторона треугольника параллельна не рабочей поверхности зуба, а две другие насквозь прорезаны в теле диска 2 и отогнуты на угол  $45^{\circ}$ - $90^{\circ}$  относительно его торца попеременно по обе стороны [8].

Выкапывающий рабочий орган картофелеуборочного комбайна работает следующим образом. При движении картофелеуборочного комбайна по полю в процессе работы выкапывающий рабочий орган внедряется в клубненосный пласт, при этом происходит подрезание пласта снизу лемехом 1. При поступательном движении картофелеуборочного комбайна осуществляется непосредственный контакт почвы с почвозацепами 3 и происходит проворачивание дисков 2 на осях. Площадь почвозацепов 3 достаточна для того, чтобы обеспечивать постоянный контакт почвозацепов 3 с почвой, что позволяет поддерживать

постоянную угловую скорость вращения дисков 2 без их проскальзывания относительно почвы. Если проскальзывание все же имеет место, угол наклона почвозацепов 3 может быть увеличен до максимального значения. При вращении дисков 2 происходит перерезание растительных остатков и отрезание клубненосного пласта по бокам. При движении картофелеуборочной машины подрезанный пласт защемляется между дисками 2 и перемещается по лемеху 1, на сепарирующий элеватор [7,8,9].

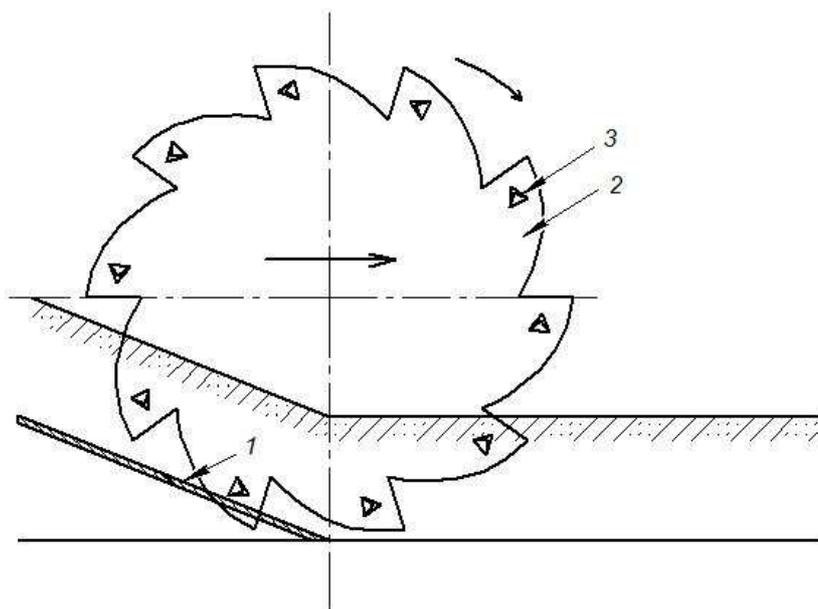


Рисунок 1 - Зубчатый диск с почвозацепами (1 – лемех; 2 – зубчатый диск; 3 – почвозацеп) (патент на пол. мод. № 134735) [8]

Были проведены теоретические исследования по тяговому сопротивлению боковых дисков с различными параметрами, а именно режущей кромки, форме и расположению почвозацепов (рис. 2).

Во время работы на диск действуют силы сопротивления почвы смятию режущей кромкой и почвозацепами, а также силы трения почвы о его боковые поверхности, то есть тяговое сопротивление диска в почве определяется этими силами [1, 5, 6].

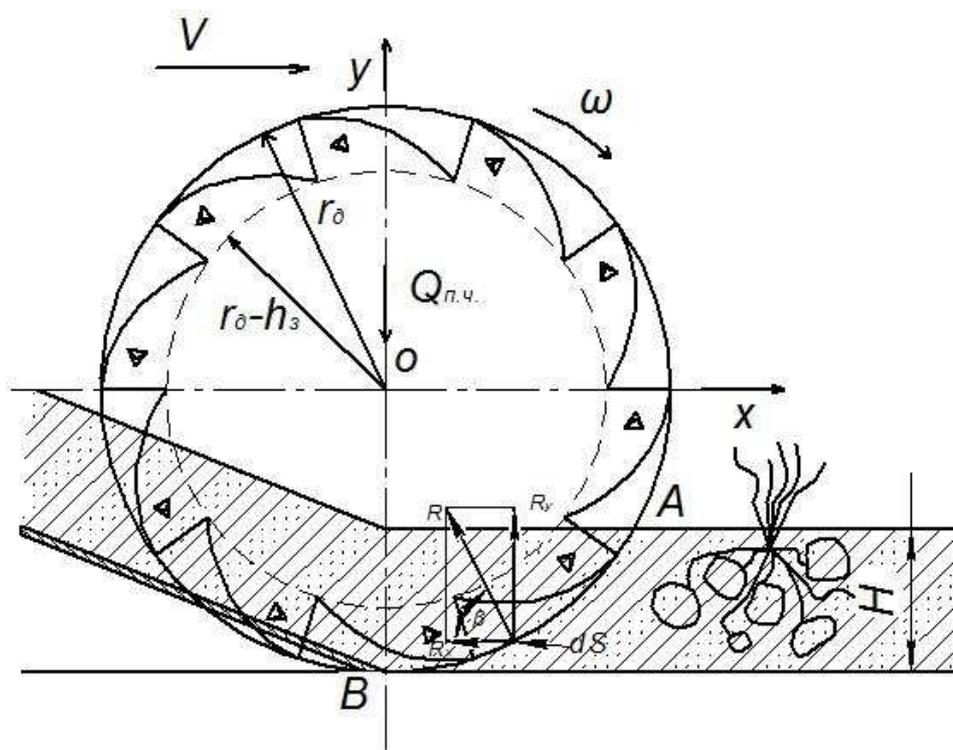


Рисунок 2 - Схема к определению тягового сопротивления диска с почвозацепами, зубья которого имеют режущую поверхность, выполненную по логарифмической кривой патент на (П.М. № 134735) [8].

Допустим, что действие сил трения относительно невелико. Так как почвозацепы расположены поочередно с обеих сторон диска, то его можно считать симметричным рабочим органом, то есть действие элементарных сил сопротивления почвы может быть сведено к одной равнодействующей  $R$ , приложенной примерно к середине рабочей кривой  $AB$  и проходящей через ось его вращения. Без учета сил трения составляющая  $R_x$  этой силы представляет собой тяговое сопротивление диска [1, 6]. Выражение определения равнодействующей сил сопротивления почвы смятию  $R$  в зависимости от диаметра и ширины диска, глубины его хода и веса подкапываемой части берём из ранее проводившихся исследований [1, 6].

Данное выражение имеет следующий вид:

$$R = \frac{b_0 q_1}{\sin \beta} \int_0^H dy = \frac{b_0 q_1 H}{\sin \beta}. \quad (1)$$

где:  $q_1$  - удельное воздействие диска на почвенный пласт, Н/м<sup>2</sup>;

$H$  – глубина хода диска, м.

После проведённых преобразований с учётом почвозацепов выражение для определения тягового сопротивления без учёта сил трения приняло вид:

$$R_x = q_1 (b_0 \cdot H + \sum_{i=Z'} S_{ni} \cdot \cos \beta_i); \quad (2)$$

где:  $S_{ni}$  – площадь почвозацепа, м<sup>2</sup>;

$b_0$  – толщина диска, м;

$\beta_i$  – угол между равнодействующей сил сопротивления почвы  $R_i$  и ее составляющей  $R_x$  которая и представляет собой тяговое сопротивление диска.

В зависимости от формы почвозацепа его площадь равна:

прямоугольник :

$$S_n = h_3 \cdot k_n; \quad (3)$$

прямоугольная трапеция:

$$S_n = h_3 \cdot k_n - \frac{1}{2} k_n^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_n; \quad (4)$$

треугольник:

$$S_n = \frac{1}{2} h_3 \cdot k_n, \quad (5)$$

где:  $h_3$  - высота почвозацепа;

$k_n$ - ширина почвозацепа.

Удельное давление диска с почвозацепами на почву можно определить по формуле [6]:

$$q_1 = \frac{Q'_{п.ч.}}{2(b_0 \cdot l_{кр} + \sum_{i=Z'} S_n \cdot \sin \beta_i)}, \quad (6)$$

где:  $Q'_{п.ч.}$  – вес подкапывающей части машины с зубчатыми дисками,

Н;

$l_{кр}$  – длина режущей кромки, м;

$S_{п}$  – площадь почвозацепа, м.

С учетом выражения (6) получаем (2) в следующем виде:

$$R_x = \frac{Q'_{н.ч.} \left( b_{\delta} \cdot H + \sum_{i=Z'} S_n \cdot \cos \beta_i \right)}{2 \left( b_{\delta} \cdot l_{кр} + \sum_{i=Z'} S_n \cdot \sin \beta_i \right)}; \quad (7)$$

Длина рабочей кромки зуба определяется высотой зуба, длиной его режущей поверхности, шириной почвозацепа, числом зубьев на отрезке лезвия, погруженного в почву, то есть [1, 6]:

$$l_{кр} = Z' (h_3 + c_3 + k_n), \quad (8)$$

где:  $h_3$  – высота зуба, м;

$c_3$  – длина криволинейной стороны зуба, м;

$k_n$  – ширина почвозацепа, м;

$Z'$  – число зубьев, находящихся на отрезке лезвия, погруженного в почву, шт.

Необходимо определить число зубьев на отрезке лезвия, погруженного в почву. Для этого воспользуемся схемой, представленной на рисунке 3.

Длину дуги или режущей кромки  $l_{AB}$  можно определить по формуле

$$l_{AB} = r_{\delta} \left( \pi - 2 \arcsin \frac{r_{\delta} - H}{r_{\delta}} \right), \quad (9)$$

Длину дуги  $l_{DC}$ , которая соответствует расположению одного зуба на дуге АВ, можно определить следующим способом:

$$l_{DC} = r_{\delta} \cdot \gamma, \quad (10)$$

где:  $r_{\delta}$  – радиус диска по вершинам зубьев, м;

$\gamma$  – центральный угол для одного зуба, рад.

При известном числе зубьев  $Z$  определим:

$$\gamma = \frac{2\pi}{Z}, \quad (11)$$

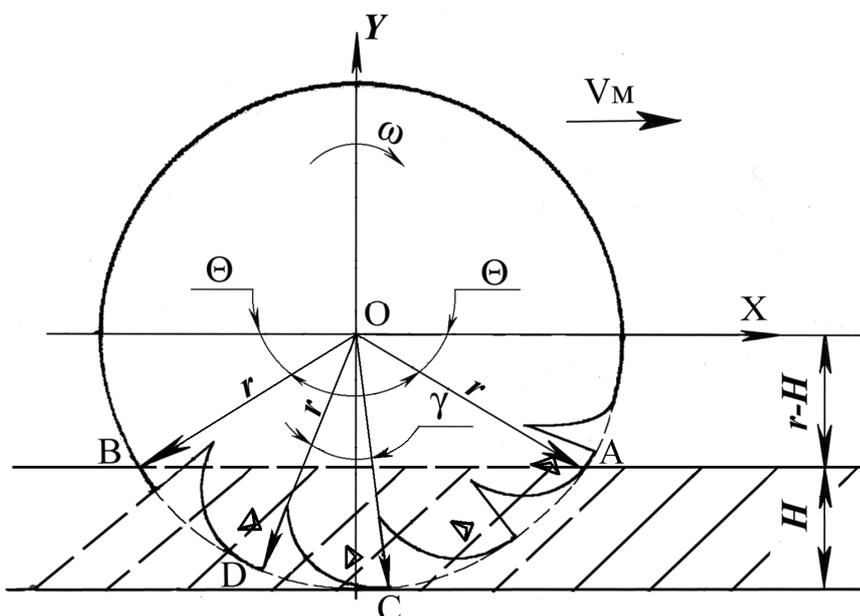


Рисунок 3 - Схема для определения числа зубьев диска, погруженных в почву

Число зубьев, погруженных в почву, равно:

$$Z' = \frac{l_{AB}}{l_{DC}} = \frac{Z \cdot \left( \pi - 2 \arcsin \frac{r_0 - H}{r_0} \right)}{2\pi}. \quad (12)$$

Определим длину режущей кромки, погруженной в почву:

$$l = \frac{(h_s + c_s + k_n) \cdot \left( \pi - 2 \arcsin \frac{r_0 - H}{r_0} \right) \cdot Z}{2\pi}. \quad (13)$$

Окончательно выражение для определения тягового сопротивления диска с логарифмической зубчатой режущей кромкой и почвозацепами без учета сил трения будет иметь вид [1, 5, 6]:

$$R_x = \frac{Q'_{н.ч.} \left( b_0 \cdot H + \sum_{i=Z'} S_n \cdot \cos \beta_i \right)}{2 \left( Z' \cdot b_0 \cdot (h_s + c_s + k_n) + \sum_{i=Z'} S_n \cdot \sin \beta_i \right)}; \quad (14)$$

Преобразовав знаменатель выражения (14), получаем:

$$\begin{aligned}
 Z b_{\delta}(h_3 + c_3 + k_n) + \sum_{i=Z'} S_n \cdot \sin \beta_i &= \frac{Z}{2\pi} b_{\delta}(h_3 + c_3 + k_n) (\pi - 2 \arcsin \frac{r_{\delta} - H}{r_{\delta}}) + \sum_{i=Z'} S_n \cdot \sin \beta_i = \\
 &= \frac{Z \cdot b_{\delta}}{2\pi} \left( \frac{1}{2} r_0 (e^{\Psi_{ctg\tau}} - 1) + \frac{1}{2} r_0 \left( \Psi + \frac{e^{\Psi_{ctg\tau}}}{\cos \tau} \right) + k_n \right) \left( \pi - 2 \arcsin \frac{r_{\delta} - H}{r_{\delta}} \right) + \sum_{i=Z'} S_n \cdot \sin \beta_i = \\
 &= \frac{Z \cdot b_{\delta}}{2\pi} \left( \frac{1}{2} r_0 \left( e^{\Psi_{ctg\tau}} - 1 + \Psi + \frac{e^{\Psi_{ctg\tau}}}{\cos \tau} \right) + k_n \right) \cdot \left( \pi - 2 \arcsin \frac{r_{\delta} - H}{r_{\delta}} \right) + \sum_{i=Z'} S_n \cdot \sin \beta_i = \\
 &= \frac{Z \cdot b_{\delta} \cdot r_0}{2 \cdot 2\pi} \left( \Psi + \frac{2k_n}{r_0} - 1 + e^{\Psi_{ctg\tau}} \left[ 1 + \frac{1}{\cos \tau} \right] \right) \cdot \left( \pi - 2 \arcsin \frac{r_{\delta} - H}{r_{\delta}} \right) + \sum_{i=Z'} S_n \cdot \sin \beta_i. \tag{15}
 \end{aligned}$$

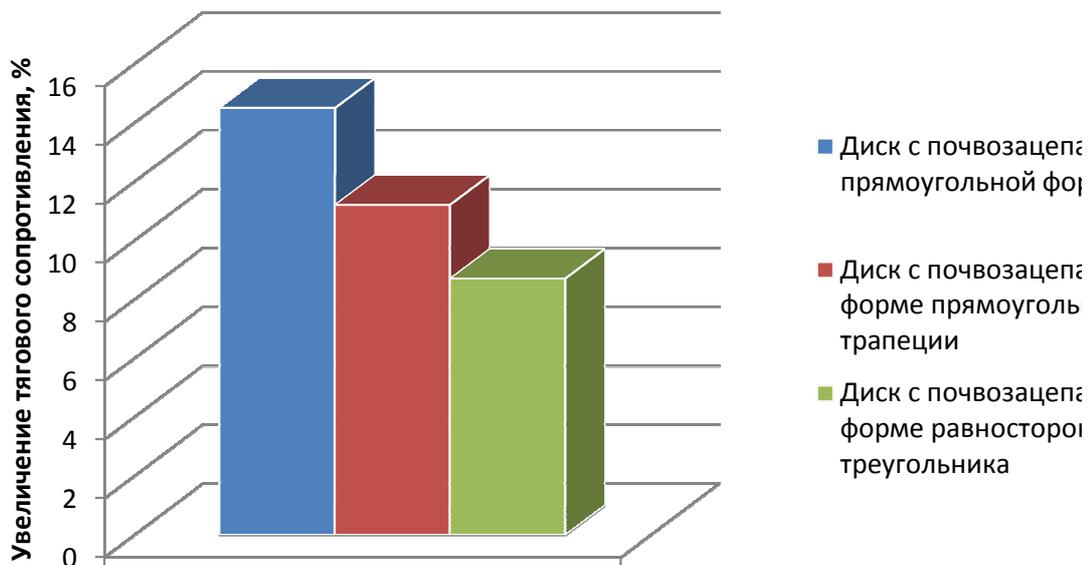


Рисунок 4 - Зависимость тягового сопротивления от формы почвозацепа

После преобразования знаменателя выражение для определения тягового сопротивления диска с логарифмической зубчатой режущей кромкой и почвозацепами без учета сил трения будет иметь вид [1, 6]

$$R_x = \frac{Q_{п.ч.} (b_{\delta} \cdot H + \sum_{i=Z'} S_n \cdot \cos \beta_i)}{\frac{Z \cdot b_{\delta} \cdot r_0}{2 \cdot 2\pi} \left( \Psi + \frac{2k_n}{r_0} - 1 + e^{\Psi_{ctg\tau}} \left[ 1 + \frac{1}{\cos \tau} \right] \right) \cdot \left( \pi - 2 \arcsin \frac{r_{\delta} - H}{r_{\delta}} \right) + \sum_{i=Z'} S_n \cdot \sin \beta_i} = \frac{Q_{п.ч.} (b_{\delta} \cdot H + \sum_{i=Z'} S_n \cdot \cos \beta_i) \cdot 2\pi}{\frac{Z \cdot b_{\delta} \cdot r_0}{2 \cdot 2\pi} \left( \Psi + \frac{2k_n}{r_0} - 1 + e^{\Psi_{ctg\tau}} \left[ 1 + \frac{1}{\cos \tau} \right] \right) \cdot \left( \pi - 2 \arcsin \left[ 1 - \frac{2H}{r_{\delta} (1 + e^{\Psi_{ctg\tau}})} \right] \right) + \sum_{i=Z'} S_n \cdot \sin \beta_i} \tag{16}$$

По результатам проведенных вычислений был произведен сравнительный анализ дисковых элементов подкапывающего рабочего

органа следующих типов: диска с зубьями, выполненными по логарифмической кривой, диска с почвозацепами, имеющими форму прямоугольника, диска с почвозацепами, имеющими форму прямоугольной трапеции, и диска с почвозацепами, имеющими форму равностороннего треугольника (табл. 1). Сравнение велось при одинаковых условиях и определенных параметрах, то есть все почвозацепы имели одинаковые высоту  $h_n$  и ширину  $k_n$ , а диски имели одинаковый радиус  $r$  и глубину хода  $H$  [1, 6].

Таблица 1 - Сравнительные характеристики дисков с почвозацепами разной формы

Сравниваемые показатели	Зубчатый диск без почвозацепов	Зубчатый диск с почвозацепами		
		Прямоугольная форма	Прямоугольная трапеция	Равносторонний треугольник
Увеличение тягового сопротивления, %	0,0	14,5	11,2	8,7

У копателя с модернизированной приемной частью наблюдается снижение проскальзывания диска относительно почвы. Это приводит к уменьшению тягового сопротивления, но в данном опыте более актуально то, что из-за меньшего проскальзывания почвенный пласт более эффективно отделяется от междурядий, что в большей мере предотвращает попадание в ворох плотной почвы из междурядий, чем у копателя со стандартной приемной частью [1].

Копатель с модернизированной приемной частью, оснащенной зубчатыми дисками с почвозацепами, показывает лучшие размерно-массовые характеристики почвенных комков вороха, а это значит, что в приемную часть комбайна попадает меньше твердой почвы образованной в комки, что подтверждает лучшую работу усовершенствованных дисковых боковин. Количество комков размером больше 20 мм снизилось в среднем

на 11%, что облегчает функционирование сепарирующих рабочих органов, снижает повреждения картофеля, а также улучшает показатели чистоты клубней в таре при использовании дисков на картофелеуборочных агрегатах, оснащенных бункером для сбора клубней [1].

Предлагаемое изобретение предназначено для существенного снижения, как размеров, так и количества почвенных комков подаваемых на сепарирующие устройства картофелеуборочных машин в составе клубненосного вороха [12]. В результате чего возрастает эффективность работы отдельных элементов и уборочной машины в целом и дает предпосылки к повышению эксплуатационной производительности последней [4, 12].

Следует отметить, что физико-механические свойства почвы, в том числе и в междурядьях, во многом зависят от подготовки поля к машинной уборке. Эта операция оказывает влияние на результат уборки даже при использовании копателей, а для комбайновой уборки она является одной из важнейших. Таким образом, следующим этапом совершенствования технологий машинной уборки картофеля является повышение эффективности подготовки поля к комбайновой уборке за счет предварительного активного разрушения локальных структурообразований почвы (почвенных комков) специальными рабочими органами машин [13,14,15,16,17,18]. В целом же операции подготовки поля к комбайновой уборке, подкопа клубненосного пласта и дальнейшей сепарации примесей являются глубоко взаимосвязанными, что необходимо учитывать при дальнейшем совершенствовании технологий и средств машинного производства картофеля.

### **Литература**

1. Колотов, А.С. Обоснование параметров почвозацепов дисков комбинированных подкапывающих органов картофелеуборочных машин: дис. ...канд.техн. наук / А.С. Колотов – Рязань 2015 – 140 с.
2. Официальный интернет-портал Министерства сельского хозяйства

Российской Федерации (Минсельхоз России) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mcx.ru>.

3. Бышов, Н.В. Повышение эффективности использования малогабаритной техники для возделывания и уборки картофеля / Н.В. Бышов, А.А. Сорокин, И.А. Успенский // В сборнике: Совершенствование конструкции и технологии использования сельскохозяйственной техники. Сборник научных трудов. Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ; Самарская государственная сельскохозяйственная академия. - Самара, 1999. - С. 220-232.

4. Повышение эксплуатационно-технологических показателей транспортной и специальной техники на уборке картофеля [Электронный ресурс] / Г.К. Рембалович [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2013. – №88. - С. 155 – 164. - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/34.pdf>.

5. Успенский, И.А. Основы совершенствования технологического процесса и снижения энергозатрат картофелеуборочных машин / И.А. Успенский. Дис. ...докт. техн. наук. – Москва: НИИ сельскохозяйственного машиностроения имени В.П. Горячкина, 1996.- 396 с.

6. Кирюшин, И.Н. Совершенствование подкапывающих рабочих органов машин для уборки картофеля: дис ... канд. техн. наук. / Кирюшин И.Н. – Рязань. : 2007. – 150 с.

7. Кирюшин, И.Н. Модернизированный выкапывающий рабочий орган картофелеуборочной машины / И.Н. Кирюшин, А.С. Колотов // Вестник ФГБОУ ВПО РГАТУ. - 2014. - № 1 (21). - С. 112-114.

8. Пат 134735 РФ, МПК51. А01D25/04. Выкапывающий рабочий орган картофелеуборочного комбайна [Текст] / Успенский И.А., Симдянкин А.А., Колотов А.С., Кирюшин И.Н., Бышов Н.В., Борычев С.Н., (RU); заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнический университет имени П.А. Костычева" – № 2013113332/13; заявл. 27.03.2013; опубл. 27.11.2013, бюл. № 3.

9. Успенский И.А. Обоснование рациональных параметров дисковых элементов подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин / И.А. Успенский, И.Н. Кирюшин, А.С. Колотов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №02(096). С. 323 – 333. – IDA [article ID]: 0961402024. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/24.pdf>.

10. Лабораторно-полевые испытания экспериментального копателя с модернизированным подкапывающим рабочим органом / А.С. Колотов, И.Н. Кирюшин, И.А. Успенский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета – 2015. - №107. – С. 433-442.

11. Костенко, Н.А. Способ и устройство контроля технологического процесса картофелеуборочного комбайна по просеву почвы прутковым элеватором: дис. ... канд. техн. наук / Н.А. Костенко - Рязань, 2010. - 143 с.

12. Костенко, М.Ю. Технология уборки картофеля в сложных полевых условиях с применением инновационных решений в конструкции и обслуживании уборочных машин. / М.Ю. Костенко. Дис... д-ра техн. наук. – Рязань, 2011. – 345 с.

13. Пат 2452160 РФ, МПК51. А01В49/02. Машина для подготовки почвы к комбайновой уборке картофеля [Текст] / Гаджиев П.И., Можаяев Е.Е., Симдянкин А.А., Новиков В.Г., Васильева И.В., Махмутов М.М., (RU); заявитель и патентообладатель

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный аграрный заочный университет» - № 2010145618/13; заявл. 09.11.2010; опубл 10.06.2012, бюл. № 16.

14. Пат 244170 РФ, МПК51. А01В49/02. Машина для подготовки почвы к комбайновой уборке картофеля [Текст] / Гаджиев П.И., Симдянкин А.А., Воробьев Е.И., Заикина И.В., Назаров А.А. (RU): заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный аграрный заочный университет» - № 2010132602/13; заявл. 03.08.2010; опубл 10.03.2012, бюл. № 7.

15. Пат 2445757 РФ, МПК51. А01В49/02, А01В33/10, А01В33/14. Комкоразрушающее устройство машины для подготовки почвы к комбайновой уборке картофеля [Текст] / Гаджиев П.И., Можаяев Е.Е., Симдянкин А.А., Воробьев Е.И., Заикина И.В., Назаров А.А., (RU): заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный аграрный заочный университет» - № 2010132601/15; заявл. 03.08.2010; опубл 23.03.2012, бюл. № 9.

16. Пат 2507731 РФ, МПК51. А01В49/02. Машина для подготовки почвы к комбайновой уборке картофеля [Текст] / Гаджиев П.И., Симдянкин А.А., Махмутов М.М. (RU): заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный аграрный заочный университет» - № 2011118008/13; заявл. 04.05.2011; опубл 27.02.2014, бюл. № 6.

17. Пат 2495554 РФ, МПК51. А01В49/02, А01В33/08. Машина для подготовки почвы к комбайновой уборке картофеля [Текст] / Гаджиев П.И., Симдянкин А.А., Махмутов М.М., Махмутов М.М. (RU): заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный аграрный заочный университет» - № 201118010; заявл. 04.05.2011; опубл 20.10.2013, бюл. № 29.

18. Пат 136280 РФ, МПК51. А01В49/02. Машина для подготовки почвы к комбайновой уборке картофеля [Текст] / Гаджиев П.И., Симдянкин А.А., Махмутов М.М., Махмутов М.М. (RU): заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный аграрный заочный университет» - №2011135140/13; заявл. 22.08.2011; опубл 10.01.2014, бюл. № 1.

## References

1. Kolotov, A.S. Obosnovanie parametrov pochvozacepov diskov kombinirovannyh podkapryvajushhih organov kartofeleuborochnyh mashin: dis. ...kand.tehn. nauk / A.S. Kolotov – Rjazan' 2015 – 140 s.
2. Oficial'nyj internet-portal Ministerstva sel'skogo hozjajstva Rossijskoj Federacii (Minsel'hoz Rossii) [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.mcx.ru>.
3. Byshov, N.V. Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovanija malogabaritnoj tehniki dlja vozdeľvanija i uborki kartofelja / N.V. Byshov, A.A. Sorokin, I.A. Uspenskij // V sbornike: Sovershenstvovanie konstrukcii i tehnologii ispol'zovanija sel'skohozjajstvennoj tehniki. Sbornik nauchnyh trudov. Ministerstvo sel'skogo hozjajstva i prodovol'stvija RF; Samarskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija. - Samara, 1999. - S. 220-232.

4. Povyshenie jekspluatacionno-tehnologicheskikh pokazatelej transportnoj i special'noj tehniki na uborke kartofelja [Jelektronnyj resurs] / G.K. Rembalovich [i dr.] // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2013. – №88. - S. 155 – 164. - Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/34.pdf>.
5. Uspenskij, I.A. Osnovy sovershenstvovaniya tehnologicheskogo processa i snizhenija jenergozatrata kartofeleuborochnyh mashin / I.A. Uspenskij. Dis. ...dokt. .tehn. nauk. – Moskva: NII sel'skohozjajstvennogo mashinostroeniya imeni V.P. Gorjachkina, 1996.- 396 s.
6. Kirjushin, I.N. Sovershenstvovanie podkapyvajushhih rabochih organov mashin dlja uborki kartofelja: dis ... kand. tehn. nauk. / Kirjushin I.N. – Rjazan'. : 2007. – 150 s.
7. Kirjushin, I.N. Modernizirovannyj vykapyvajushhij rabochij organ kartofeleuborochnoj mashiny / I.N. Kirjushin, A.S. Kolotov // Vestnik FGBOU VPO RGATU. - 2014. - № 1 (21). - S. 112-114.
8. Pat 134735 RF, MPK51. A01D25/04. Vykapyvajushhij rabochij organ kartofeleuborochnogo kombajna [Tekst] / Uspenskij I.A., Simdjankin A.A., Kolotov A.S., Kirjushin I.N., Byshov N.V., Borychev S.N., (RU); zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Rjazanskij gosudarstvennyj agrotehnicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva" – № 2013113332/13; zajavl. 27.03.2013; opubl. 27.11.2013, bjul. № 3.
9. Uspenskij I.A. Obosnovanie racional'nyh parametrov diskovyh jelementov podkapyvajushhih rabochih organov kartofeleuborochnyh mashin / I.A. Uspenskij, I.N. Kirjushin, A.S. Kolotov // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №02(096). S. 323 – 333. – IDA [article ID]: 0961402024. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/24.pdf>.
10. Laboratorno-polevye ispytaniya jeksperimental'nogo kopatelja s modernizirovannym podkapyvajushhim rabochim organom / A.S. Kolotov, I.N. Kirjushin, I.A. Uspenskij // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – 2015. - №107. – S. 433-442.
11. Kostenko, N.A. Sposob i ustrojstvo kontrolja tehnologicheskogo processa kartofeleuborochnogo kombajna po prosevu pochvy prutkovym jelevatorom: dis. ... kand. tehn. nauk / N.A. Kostenko - Rjazan', 2010. - 143 s.
12. Kostenko, M.Ju. Tehnologija uborki kartofelja v slozhnyh polevyh uslovijah s primeneniem innovacionnyh reshenij v konstrukcii i obsluzhivanii uborochnyh mashin. / M.Ju. Kostenko. Dis... d-ra tehn. nauk. – Rjazan', 2011. – 345 s.
13. Pat 2452160 RF, MPK51. A01V49/02. Mashina dlja podgotovki pochvy k kombajnoj uborke kartofelja [Tekst] / Gadzhiev P.I., Mozhaev E.E., Simdjankin A.A., Novikov V.G., Vasil'eva I.V., Mahmutov M.M., (RU): zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya «Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj zaochnyj universitet» - № 2010145618/13; zajavl. 09.11.2010; opubl 10.06.2012, bjul. № 16.
14. Pat 244170 RF, MPK51. A01V49/02. Mashina dlja podgotovki pochvy k kombajnoj uborke kartofelja [Tekst] / Gadzhiev P.I., Simdjankin A.A., Vorob'ev E.I., Zaikina I.V., Nazarov A.A. (RU): zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya «Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj zaochnyj universitet» - № 2010132602/13; zajavl. 03.08.2010; opubl 10.03.2012, bjul. № 7.

15. Pat 2445757 RF, MPK51. A01V49/02, A01V33/10, A01V33/14. Komkorazrushajushhee ustrojstvo mashiny dlja podgotovki pochvy k kombajnovoj uborke kartofelja [Tekst] / Gadzhiev P.I., Mozhaev E.E., Simdjankin A.A., Vorob'ev E.I., Zaikina I.V., Nazarov A.A., (RU): zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija «Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj zaochnyj universitet» - № 2010132601/15; zajavl. 03.08.2010; opubl 23.03.2012, bjul. № 9.
16. Pat 2507731 RF, MPK51. A01V49/02. Mashina dlja podgotovki pochvy k kombajnovoj uborke kartofelja [Tekst] / Gadzhiev P.I., Simdjankin A.A., Mahmutov M.M. (RU): zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija «Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj zaochnyj universitet» - № 2011118008/13; zajavl. 04.05.2011; opubl 27.02.2014, bjul. № 6.
17. Pat 2495554 RF, MPK51. A01V49/02, A01V33/08. Mashina dlja podgotovki pochvy k kombajnovoj uborke kartofelja [Tekst] / Gadzhiev P.I., Simdjankin A.A., Mahmutov M.M., Mahmutov M.M. (RU): zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija «Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj zaochnyj universitet» - № 201118010; zajavl. 04.05.2011; opubl 20.10.2013, bjul. № 29.
18. Pat 136280 RF, MPK51. A01V49/02. Mashina dlja podgotovki pochvy k kombajnovoj uborke kartofelja [Tekst] / Gadzhiev P.I., Simdjankin A.A., Mahmutov M.M., Mahmutov M.M. (RU): zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija «Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj zaochnyj universitet» - №2011135140/13; zajavl. 22.08.2011; opubl 10.01.2014, bjul. № 1.