

УДК 627.21.004.3



ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПОДКАПЫВАЮЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА

Д.Р.НОРЧАЕВ, канд. техн. наук

Узбекский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, e-mail-davron_1983k@mail.ru
Узбекистан,

При выкопке картофеля картофелекопателями, оснащенными серийными подкапывающими рабочими органами, широкие лемеха неравномерно передают большой объем почвы на сепарирующие рабочие органы, что приводит к их перегрузке. В результате увеличивается потеря клубней картофеля и ухудшается качество работы агрегата. Разработали энергосберегающий подкапывающий рабочий орган, увеличивающий производительность и улучшающий качество работы. Доказали, что для увеличения производительности и улучшения качества работы картофелекопатели должны быть секционными, состоящими из основных лемехов уменьшенной ширины и промежуточного подкапывающего лемеха, находящегося в зоне междурядий. Установили, что подкапывающий рабочий орган обрабатывает нужную часть гребня, в которой расположены клубни картофеля, и передает на сепарирующий элеватор минимальную массу пласта. Для этого длина промежуточного лемеха, находящегося в зоне междурядий, должна быть меньше, чем у основных лемехов. В процессе работы промежуточный лемех не выкапывает боковую зону картофельной грядки и зоны междурядий с наибольшей плотностью, а лишь подбирает упавшие клубни из междурядий и направляет в сторону основного элеватора. Изучив физико-механические свойства картофельной грядки, теоретически обосновали ширину основного лемеха и его тяговое сопротивление. Ширина лемеха должна быть в пределах 43-45 см, тяговое сопротивление одного лемеха – 2,96 кН, угол наклона лемеха – не более 24 градусов, а длина лемеха – не более 4,75 см. Энергосберегающий подкапывающий рабочий орган обрабатывает на 15-25 процентов меньше почвы картофельной грядки, по сравнению с серийным, тяговое сопротивление лемеха уменьшается на 14-24 процента, снижаются потери клубней картофеля, а также увеличивается производительность агрегата за счет повышения его скорости.

Ключевые слова: картофель, подкапывающий рабочий орган, лемех, картофелеуборочная машина, энергосбережение.

Серийные подкапывающие рабочие органы существующих картофелеуборочных машин в процессе работы забирают в значительном количестве лишнюю почву и неравномерно передают ее на сепарирующие рабочие органы. Неравномерное поступление клубненосной массы приводит к перегрузке сепарирующих и других рабочих органов, в результате снижается производительность и качество работы агрегата [1-3].

Как показали проведенные нами исследования,

для энергосбережения и увеличения производительности конструкции подкапывающие рабочие органы картофелекопателя должны быть секционными, уменьшенной ширины и состоять из основных и промежуточных подкапывающих лемехов.

Цель исследования. Создание энергосберегающего подкапывающего органа, снижающего потери клубней картофеля и увеличивающего производительность картофелекопателя.

Материала и методы. На рисунке 1 представле-

на схема энергосберегающего секционного лемеха.

Рабочий орган состоит из двух основных лемехов 1 и одного промежуточного лемеха 2. В просвете между ними проходят растительные остатки и ботва, а также частично сепарируется почва. Для забора минимального количества почвенной массы длина промежуточного лемеха, находящегося в зоне междурядий, должна быть меньше по сравнению с основными лемехами. В процессе работы промежуточный лемех не выкапывает боковую зону картофельной грядки и зоны междурядий с наибольшей плотностью, а лишь подбирает упавшие клубни из междурядий и направляет в сторону основного элеватора. Основные лемеха подкапывают только нужную часть гребня, в которой разме-

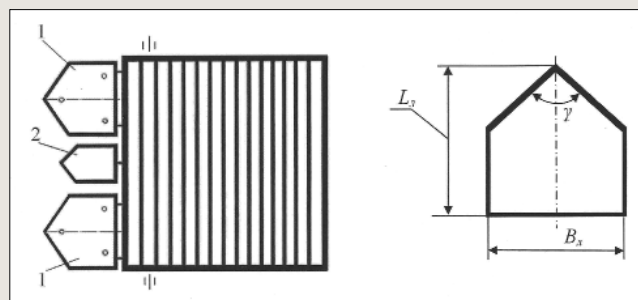


Рис. 1. Схема энергосберегающего секционного лемеха

щены клубни картофеля.

Результаты и обсуждение. Основными конструктивными параметрами энергосберегающего подкапывающего рабочего органа являются: угол раствора (скоса) 2γ , длина L_λ и ширина B_λ лезвий (рис. 1).

Для выкопки картофеля угол наклона лемеха к горизонту должен быть не более 24° , а длина лемеха не более 0,475 м [1].

Ширина энергосберегающего лемеха выбирается из условия подкапывания нужной части картофельной грядки, где расположены клубни картофеля.

Это обеспечивается при условии:

$$B_\lambda \leq b_{cp} + 3\tau + 2c + t, \quad (1)$$

где b_{cp} – среднее значение ширины клубневых гнезд;

τ – среднеквадратическое отклонение ширины клубневых гнезд;

c – допуск на горизонтальные колебания машины;

t – толщина лезвия.

Подставив в уравнение (1) значения $b_{cp} = 0,21$ м, $\sigma = \pm 0,03$ м и принимая $c = 0,05$ м и $t = 0,02$ м, получим, что $B_\lambda \geq 0,42$ м [2].

В основе экспериментальных исследований ширина энергосберегающего лемеха выбрана $B_\lambda = 0,43$ – $0,45$ м.

Из литературных источников известно, что плоский пассивный лемех картофелеуборочной маши-

ны можно рассматривать как простой двугранный клин [4–6]. Тяговое сопротивление энергосберегающего лемеха в общем виде можно выразить по формуле (рис. 2):

$$R = R_{\text{лез}} + R_{\text{деф}} + R_G + R_{\text{ин}}, \quad (2)$$

где R – общее тяговое сопротивление энергосберегающего лемеха;

$R_{\text{лез}}$ – сопротивление почвы разьединению связанных между собой частиц;

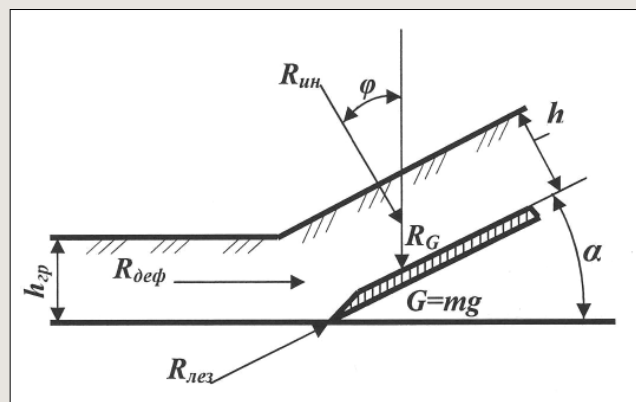


Рис. 2. Схема сил, действующих на лемех при срезе слоя почвы

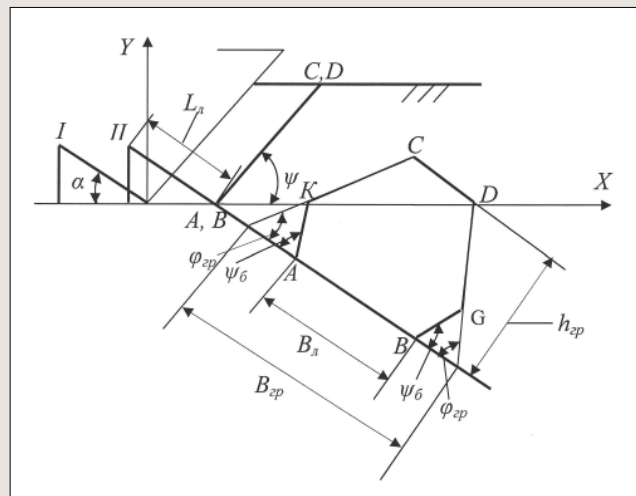


Рис. 3. Схема для определения тягового сопротивления энергосберегающего лемеха

$R_{\text{деф}}$ – сопротивление почвы деформации;

R_G – сопротивление, вызванное статическим давлением пласта;

$R_{\text{ин}}$ – сопротивление почвы преодолению инерции покоя.

Сопротивление $R_{\text{лез}}$ можно определить по следующему выражению [7]:

$$R_{\text{лез}} = [\sigma] t B_\lambda, \quad (3)$$

где $[\sigma]$ – удельное сопротивление почвы горизонтальному смятию;

Пользуясь схемой на рисунке 2, определим со-

противление, возникающее в результате деформации почвы лемехом:

$$R_{\text{деф}} = Q[\cos \psi + f \sin(\alpha + \psi) \cos \alpha],$$

$$\psi = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2}(\alpha + \varphi_1 + \varphi_2), \quad (4)$$

где Q – сопротивление почвы сдвигу по плоскости $AKCDGB$ (рис. 3);

f – коэффициент трения почвы по рабочей поверхности лемеха;

φ_1, φ_2 – угол внешнего и внутреннего трения почвы.

Согласно схеме на рисунке 3 значение Q найдем по следующему выражению [7, 8]:

$$Q = [\tau_k] F_{AKCDGB}, \quad (5)$$

где $[\tau_k]$ – предельное значение касательного напряжения, возникающего по плоскости сдвига;

F_{AKCDGB} – площадь плоскости сдвига.

Согласно схеме, приведенной на рисунке 3:

$$F_{AKCDGB} = \left[\left(B_{\text{л}} + \frac{B_{\text{зп}} - B_{\text{л}}}{2(\text{ctg} \psi_{\delta} + \text{ctg} \varphi_{\text{зп}})} \text{ctg} \psi_{\delta} \right) \cdot \left(\frac{B_{\text{зп}} - B_{\text{л}}}{2(\text{ctg} \psi_{\delta} + \text{ctg} \varphi_{\text{зп}})} \right) \right] \cdot \frac{1}{\sin \psi} +$$

$$+ \left[\left(\frac{B_{\text{л}} + e_{\text{ш}}}{2} + \frac{B_{\text{зп}} - B_{\text{л}}}{2(\text{ctg} \psi_{\delta} + \text{ctg} \varphi_{\text{зп}})} \text{ctg} \psi_{\delta} \right) \cdot \left(h_{\text{зп}} - \frac{B_{\text{зп}} - B_{\text{л}}}{2(\text{ctg} \psi_{\delta} + \text{ctg} \varphi_{\text{зп}})} \right) \right] \cdot \frac{1}{\sin \psi} \quad (6)$$

где $h_{\text{зп}}$ – высота картофельной грядки;

$B_{\text{зп}}$ – ширина картофельной грядки.

С учетом формул (4-6) получим:

$$R_{\text{деф}} = [\tau_k] \cdot \left\{ \left[\left(B_{\text{л}} + \frac{B_{\text{зп}} - B_{\text{л}}}{2(\text{ctg} \psi_{\delta} + \text{ctg} \varphi_{\text{зп}})} \text{ctg} \psi_{\delta} \right) \cdot \left(\frac{B_{\text{зп}} - B_{\text{л}}}{2(\text{ctg} \psi_{\delta} + \text{ctg} \varphi_{\text{зп}})} \right) \right] + \right.$$

$$+ \left. \left[\left(\frac{B_{\text{л}} + e_{\text{ш}}}{2} + \frac{B_{\text{зп}} - B_{\text{л}}}{2(\text{ctg} \psi_{\delta} + \text{ctg} \varphi_{\text{зп}})} \text{ctg} \psi_{\delta} \right) \cdot \left(h_{\text{зп}} - \frac{B_{\text{зп}} - B_{\text{л}}}{2(\text{ctg} \psi_{\delta} + \text{ctg} \varphi_{\text{зп}})} \right) \right] \right\} \times$$

$$\times \frac{\left(\sin \frac{1}{2}(\alpha + \varphi_1 + \varphi_2) + f \cos \frac{1}{2}(\alpha - \varphi_1 - \varphi_2) \cos \alpha \right)}{\sin \psi} \quad (7)$$

Сопротивление почвы преодолению инерции покоя и сопротивление, вызванное статическим давлением пласта, с учетом влажности почвы можно записать выражениями:

$$R_G = B_{\text{л}} h L_{\text{л}} \rho g \text{tg}(\alpha + \varphi_1) \left(1 + \frac{W}{100} \right), \quad (8)$$

$$R_{\text{ин}} = \rho \cdot \left\{ \left[\left(B_{\text{л}} + \frac{B_{\text{зп}} - B_{\text{л}}}{2(\text{ctg} \psi_{\delta} + \text{ctg} \varphi_{\text{зп}})} \text{ctg} \psi_{\delta} \right) \cdot \left(\frac{B_{\text{зп}} - B_{\text{л}}}{2(\text{ctg} \psi_{\delta} + \text{ctg} \varphi_{\text{зп}})} \right) \right] + \right.$$

$$+ \left. \left[\left(\frac{B_{\text{л}} + e_{\text{ш}}}{2} + \frac{B_{\text{зп}} - B_{\text{л}}}{2(\text{ctg} \psi_{\delta} + \text{ctg} \varphi_{\text{зп}})} \text{ctg} \psi_{\delta} \right) \cdot \left(h_{\text{зп}} - \frac{B_{\text{зп}} - B_{\text{л}}}{2(\text{ctg} \psi_{\delta} + \text{ctg} \varphi_{\text{зп}})} \right) \right] \right\} \times$$

$$\times \frac{1}{\sin \psi} \cdot V^2 \frac{\sin \alpha \sin(\alpha + \varphi_1)}{\cos \varphi_1 \cos^2 \frac{1}{2}(\alpha + \varphi_1 + \varphi_2)} \left(1 + \frac{W}{100} \right), \quad (9)$$

где h – высота подъема почвы по поверхности лемеха;

ρ – плотность почвы;

V – скорость машины;

W – влажность почвы.

Поставляя найденные значения сил $R_{\text{лез}}$, $R_{\text{деф}}$, R_G и $R_{\text{ин}}$ в (2), получаем выражение для определения общего тягового сопротивления лемеха:

$$\begin{aligned}
 R = & [\sigma_y] B_L + [\tau_k] \cdot \left\{ \left[\left(B_L + \frac{B_{cp} - B_L}{2(\operatorname{ctg} \psi_6 + \operatorname{ctg} \varphi_{cp})} \operatorname{ctg} \psi_6 \right) \cdot \left(\frac{B_{cp} - B_L}{2(\operatorname{ctg} \psi_6 + \operatorname{ctg} \varphi_{cp})} \right) \right] + \right. \\
 & + \left[\left(\frac{B_L + e_{ul}}{2} + \frac{B_{cp} - B_L}{2(\operatorname{ctg} \psi_6 + \operatorname{ctg} \varphi_{cp})} \right) \left(h_{cp} - \frac{B_{cp} - B_L}{2(\operatorname{ctg} \psi_6 + \operatorname{ctg} \varphi_{cp})} \right) \right] \left. \right\} \times \\
 & \times \frac{\left(\sin \frac{1}{2}(\alpha + \varphi_1 + \varphi_2) + f \cos \frac{1}{2}(\alpha - \varphi_1 - \varphi_2) \cos \alpha \right)}{\sin \psi} + (B_L h L_L \rho \operatorname{gtg}(\alpha + \varphi_1) \left(1 + \frac{W}{100} \right) + \\
 & + \rho \cdot \left\{ \left[\left(B_L + \frac{B_{cp} - B_L}{2(\operatorname{ctg} \psi_6 + \operatorname{ctg} \varphi_{cp})} \operatorname{ctg} \psi_6 \right) \cdot \left(\frac{B_{cp} - B_L}{2(\operatorname{ctg} \psi_6 + \operatorname{ctg} \varphi_{cp})} \right) \right] + \right. \\
 & + \left[\left(\frac{B_L + e_{ul}}{2} + \frac{B_{cp} - B_L}{2(\operatorname{ctg} \psi_6 + \operatorname{ctg} \varphi_{cp})} \right) \left(h_{cp} - \frac{B_{cp} - B_L}{2(\operatorname{ctg} \psi_6 + \operatorname{ctg} \varphi_{cp})} \right) \right] \left. \right\} \times \\
 & \times \frac{V^2}{\sin \psi} \cdot \frac{\sin \alpha \sin(\alpha + \varphi_1)}{\cos \varphi_1 \cos^2 \frac{1}{2}(\alpha + \varphi_1 + \varphi_2)} \left(1 + \frac{W}{100} \right). \quad (10)
 \end{aligned}$$

Из анализа выражения (10) следует, что тяговое сопротивление лемеха зависит от его параметров (L_L , t , B_L), глубины подкапывания (h), скорости движения, а также физико-механических свойств почвы ($[\sigma]$, $[\tau_k]$, φ_1 , φ_2 , ρ , W , f). Здесь $L=0,45$ м, $t=0,0005$ м, $B_L=0,45$ м, $[\sigma]=1,44 \cdot 10^6$ Па, $[\tau_k]=2 \cdot 10^4$ Па, $\varphi_1=30^\circ$, $\varphi_2=40^\circ$, $\rho=1100$ кг/м³, $W=16\%$, $f=0,5774$. Подставляя эти значения в выражение (10), получаем, что тяговое сопротивление одного основного лемеха картофелекопателя составляет 2,96 кН.

Выводы. Применение энергосберегающего подкапывающего рабочего органа картофелекопателя снижает объем подкапываемой почвы картофельной грядки на 15-25%, а тяговое сопротивление лемеха – на 14-24%. В результате уменьшаются затраты энергии и потери клубней картофеля, а скорость и производительность агрегата повышаются.

Литература

1. Колчин Н.Н., Елизаров В.П. Снижение уровня повреждений картофеля и овощей в машинных технологиях // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 6. – С. 18-22.
2. Лобачевский Я.П., Славкин В.И., Белов С.В. и др. Устойчивость системы управления процессом сепарации клубненоносной массы картофельного комбайна // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – № 3. – С. 12-14.
3. Сорокин А.А. Геометрические и кинематические параметры грохотов машин для уборки клубней картофеля и топинамбура // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России, посвященная 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики академика В.П. Горячкина: Сб. науч. докл. Междунар. научн.-техн. конф. Ч. 1. – М.: ВИМ, 2013. – С. 197-199.
4. Колчин Н.Н., Алакин В.М., Плахов С.А. Обоснование параметров виброротационной сорти-

ровки картофеля // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России, посвященная 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики академика В.П. Горячкина: Сб. науч. докл. Междунар. научн.-техн. конф. Ч. 1. – М.: ВИМ, 2013. – С. 279-282.

5. Диденко Н.Ф. Хвостов В.А., Медведев В.П. Машины для уборки овощей. – М.: Машиностроение, 1984. – 320 с.

6. Мамадалиев М.Х. Обоснование параметров рыхлителя агрегата для минимальной обработки почвы: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Ташкент: Наука, 2009. – 24 с.

7. Вагина А.Т. Механизация защиты почв от водной эрозии в Нечерноземной полосе. – Л.: Колос, 1977. – 272 с.

8. Норчаев Д.Р. Обоснование параметров опорно-комкоразрушающего устройства картофелеуборочных машин с эластичными прутками: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Ташкент: Наука, 2011. – 22 с.

References

1. Kolchin N.N., Elizarov V.P. Snizhenie urovnya povrezhdeniy kartofelya i ovoshchey v mashinnykh tekhnologiyakh [Decrease in level of damages of potatoes and vegetables in machine technologies]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013. No 6. pp. 18-22 (Russian).
2. Lobachevskiy Ya.P., Slavkin V.I., Belov S.V., Zhuravlev A.V., Vas'kov A.A., Chepurnoy A.I. Ustoychivost' sistemy upravleniya protsessom separatsii klubnosnoy massy kartofel'nogo kombayna [Stability of a potato harvester control system of process of separation of mass with tubers]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2012. No 3. pp. 12-14 (Russian).
3. Sorokin A.A. Geometricheskie i kinematicheskie parametry grokhotov mashin dlya uborki klubney kartofelya i topinambura [Geometrical and kinematic parameters of screen of machines for cleaning of potato and topinambur tubers]. *Sistema tekhnologii i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii, posvyashchennaya 145-letiyu so dnya rozhdeniya osnovopolozhnika zemledel'cheskoy mekhaniki akademika V.P. Goryachkina: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. Ch.1. Moscow: VIM, 2013. pp. 197-199 (Russian).*
4. Izmaylov A.Yu., Lichman G.I., Marchenko N.M. Tochnoe zemledelie: problemy i puti resheniya [Precision agriculture: problems and solutions]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2010. No 5. pp. 9-14 (Russian).
5. Kolchin N.N., Alakin V.M., Plakhov S.A. Obosnovanie parametrov vibrorotatsionnoy sortirovki kartofelya [Justification of parameters of vibrorotary potato sorter]. *Sistema tekhnologii i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii, posvyashchennaya 145-letiyu so dnya rozhdeniya osnovopolozhnika zemledel'cheskoy mekhaniki akademika V.P. Goryachkina: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. Ch.1. Moscow: VIM, 2013. pp. 279-282 (Russian).*
6. Didenko N.F., Khvostov V.A., Medvedev V.P. Mashiny dlya uborki ovoshchey [Machines for vegetables harvesting]. Moscow: Mashinostroenie, 1984. 320 p. (Russian)
7. Mamadaliev M.Kh. Obosnovanie parametrov rykhlytelya agregata dlya minimal'noy obrabotki pochvy [Justification of parameters of the chisel unit for the mini-till]: Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Tashkent: Nauka, 2009. 24 p. (Russian)
8. Vagina A.T. Mekhanizatsiya zashchity pochv otvodnoy erozii v Nechernozemnoy polose [Mechanization of soils protection against a water erosion in the Nonchernozem zone]. L.: Kolos, 1977. 272 p. (Russian)
9. Norchaev D.R. Obosnovanie parametrov oporno-komkorazrushayushchego ustroystva kartofeleuborochnykh mashin s elastichnymi prutkami [Justification of parameters of supporting and clod breaking devices of potato-harvester with elastic bars]: Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Tashkent: Nauka, 2011. 22 p. (Russian)

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF THE ENERGY SAVING DIGGING WORKING ELEMENT

D.R.Norchaev, Cand.Sc.(Eng.), Uzbek Scientific-research Institute for Mechanization and Electrification of Agriculture, e-mail-davron_1983k@Uzbek mail.ru, Uzbekistan

At potatoes digging up by the potato-digger with the serial digging working elements the wide ploughshares transfer large soil volume to the separating working elements uneven that leads to their overload. As a result loss of potato tubers increases and quality of unit operation worsens. The energy saving digging working element increasing productivity and improving quality of work was developed. It was proved that for increase in productivity and quality improvement of work potato-diggers should be sectionalized, consisting of the main ploughshares of the reduced width and the intermediate digging ploughshare being in a zone of inter-row spacings. It was established that the digging working element processes the necessary part of a ridge in which potatoes tubers are located, and transfers the minimum mass of soil layer to the separating elevator. For this purpose length of the intermediate ploughshare which is in a zone of inter-row spacings should be less, than of the main ploughshares. In the course of operating the intermediate ploughshare does not dig out a lateral zone of a potato ridge and a zone of inter-row spacings with the greatest density, and only pick up the fallen tubers from inter-row spacings and directs the main elevator. Width of the main ploughshare and its traction resistance were proved theoretically after study of physical and mechanical properties of a potato ridge. Width of a ploughshare should be within 43-45 cm, the traction resistance of one ploughshare – 2.96 kN, a ploughshare tilt angle – no more than 24 degrees, and ploughshare length – no more than 4.75 cm. The energy saving digging working element processes soil of a potato ridge by 15-25 percent less in comparison with serial, the traction resistance of a ploughshare decreases by 14-24 percent, losses of potato tubers decrease, and also unit productivity increases due to its speed rising.

Keywords: Potatoes; Digging working element; Ploughshare; Potato harvester; Energy saving.