

Грушецкий С.Н.

канд. техн. наук, доцент

E - mail : g.sergiy.1969@gmail.com

Семенишена Р.В.

канд. пед. наук, доцент

E - mail : Ruslanas@i.ua

Подольський державний аграрно-технічний університет

Каменец-Подольський, Україна

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕМЕШНО-ПОЛОЧНОЙ ПОВЕРХНОСТИ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

Для успешного выхода Украины на западные рынки необходимо обеспечить конкурентоспособность собственной продукции, которая достигается при комплексной механизации технологических процессов, снижении расходов, увеличении урожайности и качества получаемой продукции. Соответственно, целью исследования было проведение сравнительного анализа конструктивно технологических схем картофелеуборочных машин определено наиболее целесообразное направление усовершенствования существующих и создания новых конструкций картофелеуборочных машин, подкапывающих рабочих органов и сепараторов и обоснования конструктивно- технологических параметров.

Исследования проводились путем технологически-конструкционного анализа технологий и машин для сбора картофеля. В процессе исследований использовались методы сравнения и математического моделирования технологических процессов. Информационной базой исследований служили труды украинских и зарубежных ученых с технологиями и машинами для сбора картофеля. На основе проведенного сравнительного анализа технологий и машин для сбора картофеля выявлены основные процессы, которые влияют на агротехнические показатели собирающей техники, а также принципов влияния разных сепараторов на картофельный ворох показано, что они используют неэффективные виды деформаций, а именно: удар и сжатие. Зато исследования позволяют утверждать, что значительно эффективнее являются деформации растяжения и сдвига, которые в действующих конструкциях сепараторов не реализовываются, или реализовываются лишь частично.

На основе комплексных исследований предложена технологическая схема картофелекопателя, рабочие органы которого (лемешно - полочный подкопщик) взаимодействует с картофельным ворохом через деформации растяжения и сдвига, который дает возможность эффективно отделять почву в различных условиях сбора клубней и других конструктивных и кинематических параметров рабочих органов картофелеуборочной машины.

Ключевые слова: картофель, лемешно- полочная поверхность, проектирование, сбор клубней, ворох.

**Постановка проблемы.** Правительством Украины избран стратегический курс на развитие в аграрно-индустриальном направлении. Украина имеет уникальный естественный потенциал, что позволяет стать лидером из производства сельскохозяйственной продукции в Европе. Однако, для успешного выхода на западные рынки необходимо обеспечить прежде всего конкурентоспособность собственной продукции, которая достигается при комплексной механизации технологических процессов, снижении расходов труда, увеличении урожайности [1]. Выращивание картофеля в стране осуществляется за технологиями прошлого века, и если ранее выращивание картофеля было механизированным, то на сегодня в большинстве хозяйств она выращивается вручную. С проведением реформ на селе, картофелеводство рассеялось по малым крестьянским, фермерским и садово-огородным участкам, где размещено около 95% этой культуры. Машины для выращивания картофеля в Украину завозились и завозятся, в основном, из Беларуси и Германии [2]. Общеизвестно, что техника на 70-80% морально устарела, находится не в наилучшем состоянии и нуждается в существенном обновлении. Картофелеводы часто берут за пример соседнюю Беларусь, где технологический цикл полностью обеспечен государством и работают соответствующие заводы. Технопарк картофелеводства Украины, в свою очередь, актуализирует проблемы усовершенствования существующих и изобретения новых перспективных технологий и рабочих органов картофелеуборочной техники, обоснования оптимальных режимов их работы и, в конечном счете, обеспечения этой отрасли растениеводства современной, высокопроизводительной и надежной уборочной техникой.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблеме выращивания и сбора картофеля посвящено немало печатных трудов. Проблемами картофельной отрасли занимались и занимаются такие ученые, как Грушецкий С.М., Гуцол Т.Д., Булгачов В.М., Смолинський С.В. и др. [3-13]. Явлениям и моделированию процесса сепарации картофельного вороха занимался в своих трудах Фирман Ю.П. [5]. Вопросами разработки и обоснования параметров ротационного картофелекопателя занимался Бончик В.С. [7]. Последними исследованиями следует считать научный поиск и обоснование конструкции и параметров спирального сепаратора картофельного вороху и обоснование параметров продольных транспортеров - В.М., Смолинського С.В., Фльонці И.В. и др. [8,9]. Большим вкладом в теорию сепарации на решетках сыпучих материалов стали труды д.ф.-м.н. Е.А. Напмящего, который в ряде своих трудов рассмотрел математические основы этого процесса, Г.Д. Петров провел исследование по определению размерной характеристики грунтового кома, который образуется при подкопке клубненоносного слоя [12]. Стратегические вопросы выращивания картофеля в Украине с использованием самых современных технологий и техники, которые бы имели конкурентоспособные качественные показатели, исследователи в своих трудах, к сожалению, обходят анализ современного состояния картофелеводства в Украине является всегда актуальной проблемой.

**Формулировка цели исследований.** Целью исследования является обоснование конструктивно-технологических параметров картофелеуборочной машины.

### **Изложение основного материала исследования.**

Проведенный анализ конструктивно-технологических схем картофелеуборочных машин определил наиболее целесообразное направление совершенствования существующих и создания новых конструкций картофелеуборочных машин, подкапывая рабочих органов и сепараторов. Проектирование лемешно-полочной поверхности. Проанализировав профиль картофельной грядки, типы Лемеховые поверхности, размещение сепарирующего рабочего органа и высоту подъема картофельного вороха, проектируем лемешно-полочную поверхность. Сейчас самым распространенным является метод профессора М.В. Щучкина. Рассмотрим этот метод, согласно которому строим две проекции рабочей поверхности нашего лемешно-полочного корпуса - поперечно-вертикальную (контур корпуса) и горизонтальную. Построение поперечно-вертикальной проекции лемешно-полочной поверхности (контура корпуса) выполняем в следующем порядке (рис. 1).

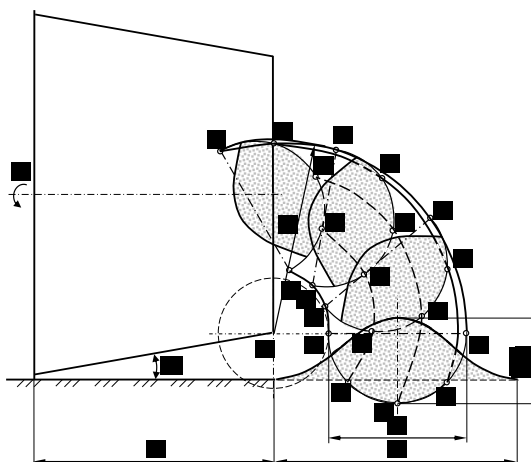


Рис.1

В выбранном масштабе откладываем ширину междурядий  $L$ , которая отвечает длине барабана и углу конусности чтобы, исходя из агротребований на выращивание картофеля и расстояния между колесами для габаритных размеров лемешно-полочного картофелекопателя с барабанным сепаратором в поперечном направлении, максимальную ширину  $B$  и высоту подкопки  $h_k$  - из условий полной подкопки клубней на основе координат клубненосного гнезда. За размерами  $B$  и  $h_k$  строим перерез картофельной грядки, но учитывая форму клубненосного гнезда, которая напоминает эллипс и отбрасывает лишнюю часть почвы без клубней, взяв часть цилиндра, который является образующей второго порядка с точками 10,20,30,40,50 в начальный момент движения, по которому позже примем форму лемеха. Пользуясь рис.4 и объяснением к нему для нашего случая, строим контуры части полицевой поверхности рабочего органа, учитывая кинематику движения точек 10, 20, 30,40,50, которые перейдут в 13,23,33,43,53 при мнимом куте  $90^\circ$ , который позже примем за угол наклона лемеха. Соединяя точки 50, 51, 52, 53 радиусом  $R$ , получим криволинейную

йное очертание верхнего обреза полки, а точки 10,11,12,13 - криволинейное очертание нижнего обреза полки. Следующим этапом будет выбор лемешной поверхности и ее построения (рис. 2), а также связывания верхнего обреза полицевой поверхности тора с винтовой пластиной 7, которая хранит напряженное состояние, а нижний его обрез с винтовой пластиной 8 для обеспечения поднятия над дном борозды, причем обе пластины 7 и 8 увеличивают свою ширину в направлении от лемеха 5 к противоположному обрезу полки 9. Примем максимальный угол наклона лемеха = 24°.

За формой направляющая кривая может быть частью круга, параболы или эллипса. Больше всего применяют направляющую кривую, которая в нижней части имеет прямолинейный отрезок S, а выше является параболой. Так направляющая кривая обеспечивает сначала плавное поднятие вороху по лемешу и только потом энергичный перегиб, который способствует крошению и взрыхлению. Длину прямолинейного отрезка S направляющей кривой выбираем в зависимости от глубины подковки. Для глубины подковки  $h_k = 200.250$  мм,  $S = 50$  мм.

Для построения направляющей кривой в виде части круга нужно определить его радиус круга, на основе которого ее строим. Радиус должен быть таким, чтобы поднят полкой картофельный ворох полностью поместился на ней и не пересыпался через края, а также, чтобы ворох, который переворачивается полкой, не задирался нижней частью ее бороздного обреза. Следовательно, при первом условии будем иметь минимальное значение радиуса, а из второй - максимальное .

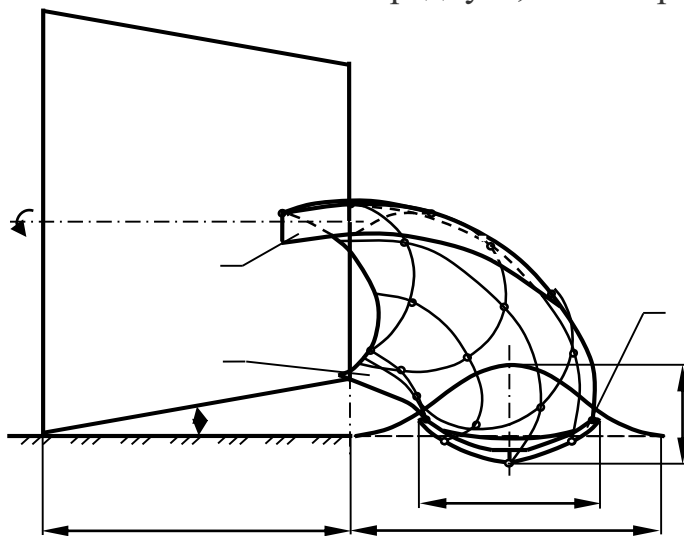


Рис. 2. Схема лемешно-полочной рабочей поверхности

Для определения минимального значения радиуса перережем лемешно-полочную поверхность корпуса плоскостью BC (рис.3), которая перпендикулярна к лезвию лемеха и проходит через его конец в точке В. Первое условие будет обеспечено, если кривая  $B_1M_1$  будет длиннее за BC ( $B_1M_1 > BC$ ). Из черт.3 видно, что, а длина кривой (часть круга). При условии равенства  $BC = B_1M_1$  имеем

$$\frac{B}{\cos \gamma_0} = R(\pi - \varepsilon_0) \text{ Отсюда } R = \frac{B}{(\pi - \varepsilon_0) \cos \gamma_0}, \text{ то есть } R_{\min} = \frac{B}{(\pi - \varepsilon_0) \cos \gamma_0}. \quad (1)$$

При ширине увлечения корпуса, равной для цилиндрического лемеха (рис. 4).

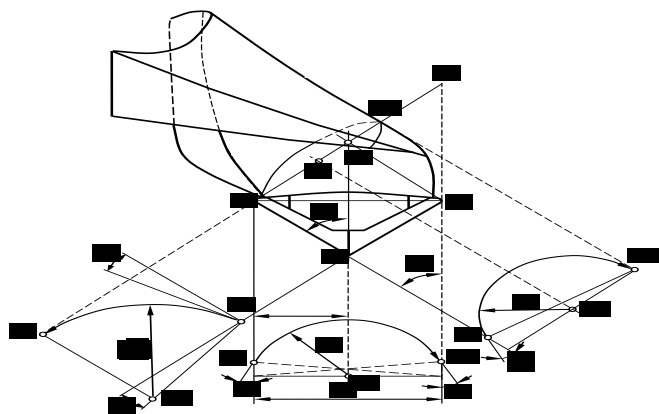


Рис. 3. Схема к определению минимального радиуса направляющей кривой

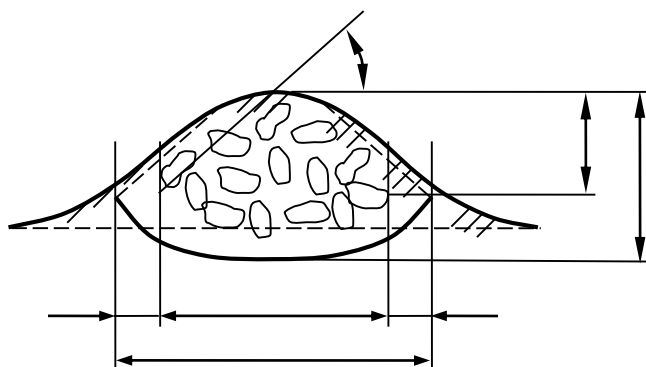


Рис. 4. Схема для расчета ширины лемеха :

- $b$  - ширина гнезда клубней;
- $\delta$  - смещение оси строки относительно оси лемеха;
- $h_k$  - глубина копания;
- $h_z$  - глубина залегания крайних по ширине клубней;
- $\psi$  - угол естественной откоса почвы.

Подставив значение в (1) найдем  $R_{\min} = 0,150$  м.

Для определения максимального значения радиуса  $R_{\max}$ , учитывая, что полка не зачищает перевернутый ломоть, используем зависимость:

$$R_{\max} = \frac{h_k \sqrt{k^2 - 1}}{k^2 \left( \cos \gamma_0 - \frac{\cos \gamma_0}{\sqrt{k^2 - \sin^2 \gamma_0}} \right)}, \quad (2) \quad \text{где } k - \text{отношение } V/.$$

Подставив значение в (2) найдем  $R_{\max} = 0,232$  м.

Для построения параболы расчетное значение радиуса  $R_{\text{роз.}}$  исходного круга должно быть больше, чем  $R_{\min}$  и меньше, чем  $R_{\max}$ :

$$R_{\min} < R_{\text{роз.}} < R_{\max}$$

Исходя из профиля картофельной грядки, расчетная ширина лемеха  $V = 0,410$  м, тогда  $R_{\text{роз.}} = R_1 = 0,205$  м, а кривая  $V_1V'_1 = R_1(\psi) = 0,554$  м.

## Выводы.

1. Анализ конструкций картофелеуборочных машин и их рабочих органов, а также принципов влияния разных сепараторов на картофельный ворох показал, что они используют неэффективные виды деформаций, а именно: удар и сжатие. Зато исследования позволяют утверждать, что значительно эффективнее являются деформации растяжения и сдвига, которые в действующих конструкциях сепараторов не реализовываются, или реализовываются лишь частично.
2. На основе комплексных исследований предложена технологическая схема картофелекопателя, рабочие органы которого (лемешно - полочный подкопщик) взаимодействует с картофельным ворохом через деформации растяжения и сдвига, который дает возможность эффективно отделять почву в различных условиях сбора клубней.

### Список использованных источников

1. Hrushetsky S.M., Yaropud V.M., Duganets V.I., Duganets V.I., Pryshliak, V.L. Kurylo V.M. Research of constructive and regulatory parameters of the assembly working organs for the potato's harvesting machines. *INMATEH-Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 59. № 3. pp. 101-110. DOI: 10.35633/INMATEH-59-11.
2. Грушецкий С.М., Рудь А.В., Семенишина І.В., Медведєв Є.П. The technological process pattern of potato root harvester. *Журнал «Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка»*. № 31. Кам'янець-Подільський. 2019. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2019-2-7>.
3. Грушецкий С.Н. Модель технологических процессов картофелеуборочных машин. *Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции (24-25 октября 2019 года)*. В 2 ч.. Минск : БГАТУ. 2019. Ч. 1. С. 125-127.
4. Грушецкий С.М., Підлісний В.В. Аналіз конструкцій та результати досліджень сепараторів картопляного вороху. *Сучасний рух науки: тези доп. VI міжнародної науково-практичної інтернет-конференції журналу «WayScience»*. 4-5 квітня 2019 р. Дніпро, 2019. С. 274-282.
5. Фирман Ю.П., Грушецкий С.Н. Кинематический анализ работы динамического ленточного сепаратора. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. Vol. 17. № 1. P. 11-16.
6. Hutsol Taras, Firman Jurii, Komarnitsky Sergiy. Modelling of the separation process of the potato stack. *Agricultural Engineering : czasopismo*. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej. 2017. Vol. 21, № 4. P. 27-35.
7. Бончик В.С., Федирко П.П. Результаты экспериментальных исследований геометрических параметров картофельной грядки при работе картофелеуборочных машин. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. Vol. 17. № 5. pp. 3-6.
8. Bulgakov V., Nikolaenko S., Adamchuk V., Z. and Olt J. Theory of impact interaction between potato bodies and rebounding conveyor. *Agronomy Research*. 2018. 16(1). pp. 52-63. DOI: 10.15159/AR.18.037. <https://doi.org/10.15159/AR.18.037>.

9. Булгаков В.М., Пилипака С.Ф., Захарова Т.Н., Калетнік Г.М., Яропуд В.М. Плоскі вертикальні криві, які забезпечують постійні тиск і швидкість руху матеріальної точки. *Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях»*. ВНАУ. 2014 р. Вип. 1 (73). С. 5-12.
10. Aliev E., Bandura V., Pryshliak V., Yaropud V., Trukhanska O.. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural. *INMATEH - Agricultural Engineering*. vol. 54, no.1. 2018. P. 95-104.
11. Pascuzzi S., Bulgakov V., Santoro F., Sotirios A., Anifantis, Olt J., Nikolaenko S. Theoretical study on sieving of potato heap elements in spiral separator. *Agronomy Research*. 2019. 17(1), P. 33-48. DOI: 10.15159/AR.19.073. <https://doi.org/10.15159/AR.19.073>.
12. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. *Машиностроение*. 1984. 320 с.

### References

- [1] Hrushetskiy S.M., Yaropud V.M., Duganets V.I., Duganets V.I., Pryshliak, V.L. Kurylo V.M. (2019). Research of constructive and regulatory parameters of the assembly working organs for the potato's harvesting machines. *INMATEH-Agricultural Engineering*. Vol. 59. № 3. pp. 101-110. DOI: 10.35633/INMATEH-59-11. [in English].
- [2] Hrushetskiy S.M., Rud A.V., Semenyshyna I.V., Medvedyev YE.P. (2019). The technological process pattern of potato root harvester [The technological process pattern of potato root harvester]. *Zhurnal «Podil's'kyi visnyk: sil's'ke hospodarstvo, tekhnika, ekonomika»*. № 31. Kam"yanets'-Podil's'kyi. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2019-2-7>. [in English].
- [3] Hrushetskiy S.N. (2019). Model' tekhnolohycheskykh protsessov kartofeleuborochnykh mashyn [Model of technological processes of potato harvesting machines]. *Tekhnicheskoe y kadrovoe obespechenye ynnovatsyonnykh tekhnolohyy v sel'skom khozyaystve: materyaly Mezhdunarodnoy nauchno-praktycheskoy konferentsyy (24-25 oktyabrya 2019 hoda)*. V 2 ch.. Mynsk : BHATU. 2019. CH. 1. S. 125-127. [in Russian].
- [4] Hrushetskiy S.M., Pidlisnyy V.V. (2019). Analiz konstruktsiy ta rezul'taty doslidzhen' separatoriv kartoplyanoho vorokhu [Analysis of designs and research results of potato pile separators]. *Suchasnyy rukh nauky: tezy dop. VI mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi internet-konferentsiyi zhurnalu «WayScience»*. 4-5 kvitnya 2019. Dnipro. pp. 274-282. [in Ukrainian].
- [5] Fyrman YU.P., Hrushetskiy S.N. (2015). Kynematycheskiy analiz raboty dynamycheskoho lentochnoho separatora [Kinematic analysis of the operation of a dynamic belt separator]. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. Vol. 17. № 1. pp. 11-16. [in Russian].
- [6] Hutsol Taras, Firman Jurii, Komarnitsky Sergiy. (2017). Modelling of the separation process of the potato stack. *Agricultural Engineering : czasopismo*. Polskie

Towarzystwo Inżynierii Rolniczej. Vol. 21, № 4. pp. 27-35. [in English].

- [7] Bonchik V.S., Fedirko P.P. (2015). Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy geometricheskikh parametrov kartofel'noy gryadki pri rabote kartofeleuborochnykh mashin [The results of experimental studies of the geometric parameters of the potato beds during the work of potato harvesters]. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. Vol. 17. № 5. pp. 3-6. [in Russian].
- [8] Bulgakov V., Nikolaenko S., Adamchuk V., Z. and Olt J. (2018). Theory of impact interaction between potato bodies and rebounding conveyor. *Agronomy Research*. 16(1). pp. 52-63. DOI: 10.15159/AR.18.037. <https://doi.org/10.15159/AR.18.037>. [in English].
- [9] Bulhakov V.M., Pylypaka S.F., Zakharova T.N., Kaletnik H.M., Yaropud V.M. (2014). Ploski vertykal'ni kryvi, yaki zabezpechuyut' postiyini tysk i shvydkist' rukhu material'noyi tochky [Flat vertical curves that provide constant pressure and velocity of material point]. *Vseukrayins'kyy naukovo-tekhnichnyy zhurnal «Vibratsiyi v tekhnitsi ta tekhnolohiyakh»*. VNAU. Vyp. 1 (73). S. 5-12. [in Ukrainian].
- [10] Aliev E., Bandura V., Pryshliak V., Yaropud V., Trukhanska O. (2018). Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural [Modeling of mechanical and technological processes of agricultural]. *INMATEH - Agricultural Engineering*. vol. 54, no.1. pp. 95-104. [in English].
- [11] Pascuzzi S., Bulgakov V., Santoro F., Sotirios A., Anifantis, Olt J., Nikolaenko S. (2019). Theoretical study on sieving of potato heap elements in spiral separator. *Agronomy Research*. 17(1), P. 33-48. DOI: 10.15159/AR.19.073. <https://doi.org/10.15159/AR.19.073>. [in English].
- [12] Petrov G.D. (1984). Kartofeleuborochnyye mashiny [Potato harvesting machines]. *Engineering*. 320 p. [in Russian].

Сведения об авторах

**Hrushetskiy Sergiy** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Agroengineering and System Engineering Podilsky State Agrarian and Technical University (St. Shevchenko, 13, Kamianets-Podilsky, Khmelnytsky region, 32316, e-mail: [g.sergiy.1969@gmail.com](mailto:g.sergiy.1969@gmail.com)).

**Semenyshena Ruslana** - Candidate of Pedagogical Sciences, Assistant of the Department of Technical Service and General Technical Disciplines Podilsky State Agrarian and Technical University (St. Shevchenko, 13, Kamianets-Podilsky, Khmelnytsky region, 32316, e-mail: [Ruslanas@i.ua](mailto:Ruslanas@i.ua)).



