

## СИНТЕЗ КРИВОЛИНЕЙНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ФОРМОВОЧНОЙ ГОЛОВКИ ПРЕССА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Дмитрий Кузенко, Степан Левко*

*Львовский национальный аграрный университет*

*г. Дубляны, ул. Владимира Великого 1*

*Dmytro Kuzenko, Stepan Levko*

*Lviv National Agrarian University*

**Аннотация.** В статье наведен анализ свойств кривой трактрисы, обоснована целесообразность использования ее в качестве формообразующей криволинейной поверхности рабочего канала головки пресса растительных материалов с целью снижения энергоемкости процесса прессования материалов. Описан способ построения трактрисы и проанализированы факторы, влияющие на конструктивные параметры формирующей головки с криволинейной рабочей поверхностью.

**Ключевые слова:** головка пресса, растительные материалы, трактриса, криволинейная поверхность, псевдосфера.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Уплотнение растительных материалов с целью получения топливных брикетов является сложным и энергоемким процессом, поэтому вопросы снижения энергоемкости этого процесса актуальны и требуют дальнейшего изучения. Одним из путей решения этих вопросов является снижение затрат энергии на продвижение прессуемых материалов по каналу формовочной головки пресса, где происходит окончательное доуплотнение массы и формообразование брикета.

Как показали исследования [2,3,9], использование криволинейных поверхностей в сельскохозяйственных машинах для измельчения материалов и рыхления почвы дает возможность более равномерно распределить нагрузки на рабочие органы, уменьшить вредные опоры и, соответственно, энергозатраты.

Для обоснования целесообразности применения криволинейной формы рабочего канала головки пресса необходимо рассмотреть свойства предложенной кривой [2], а также методику ее построения.

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В настоящее время в научно-технических информационных источниках существует ряд работ, посвященных исследованию криволинейных поверхностей рабочих органов различного назначения сельскохозяйственных машин [4,7,9]. Так, Горячкин В.П. [9] рассматривает форму ножей соломопорожков в виде кривых: архимедовой спирали, эксцентриковой кривой и др. В трудах Тищенко С.С. [10], предложено и исследовано использование логарифмической спирали в качестве образующей лезвия стрельчатой лапы культиватора. Для обезвоживания высоковлажных растительных материалов, автором [11] предложено использовать насадку с криволинейной поверхностью, описывается экспоненциальным уравнением, однако достаточного теоретического обоснования им не проведено.

Свойства кривой – трактрисы, предложенной нами в качестве рабочей поверхности канала головки пресса, широко используются в производстве духовых музыкальных инструментов, рупоров. Такие поверхности, образующие которых описываются уравнением трактрисы, можно встретить в природе - воронка циклона, водоворота [5].

В сельскохозяйственной технике использование криволинейных поверхностей с образующей, описываемой уравнением трактрисы, в настоящее время, не получило распространения.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью работы является анализ свойств кривой трактрисы и ее синтез как образующей канала формовочной головки пресса растительных материалов.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Трактриса – это плоская трансцендентная кривая, для которой длина отрезка касательной от точки касания до точки пересечения с фиксированной прямой является постоянной величиной [3,8]. Такую линию описывает предмет, который тянется на веревке постоянной длины с точкой, движущейся по оси абсцисс [3].

Впервые кривая и ее свойства исследованы Лейбницем и Гюйгенсом в конце 17 века. Трактриса является частью «кривой погони», а также ее называют «кривой наименьшего сопротивления».

Основным параметром трактрисы является длина касательной  $a$  (рис. 1), которая является величиной постоянной и в точке  $A$  она равна ординате  $y$ .

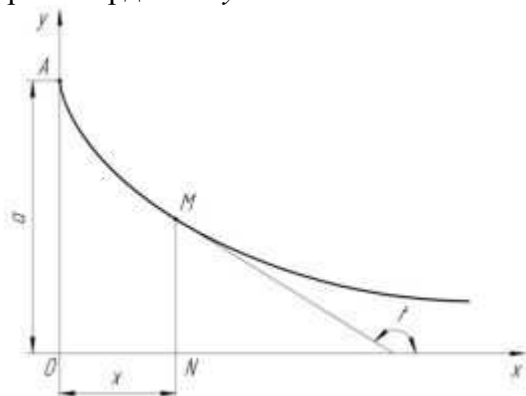


Рис. 1. Основные параметры трактрисы  
Fig. 1. Basic parameters of tractrix

Уравнение трактрисы в параметрической форме имеет вид [3,8]:

$$\begin{cases} x = a \ln \left( \operatorname{tg} \frac{t}{2} \right) + a \cos t \\ y = a \sin t \end{cases}, \frac{\pi}{2} \leq t < \pi, (1)$$

или, после исключения параметра  $t$ :

$$x = a \cdot \ln \left( \frac{a + \sqrt{a^2 - y^2}}{y} \right) - \sqrt{a^2 - y^2}, (2)$$

где:  $a$  – длина касательной трактрисы;  
 $t$  – угол между касательной трактрисы и положительным направлением оси абсцисс.

Радиус кривизны в произвольной точке определяется как:

$$R_0 = a \cdot \operatorname{ctgt}. (3)$$

Целесообразность применения трактрисы в качестве профиля рабочей поверхности

канала формиральной головки пресса заключается в ее уникальных свойствах, основным из которых есть возможность резко уменьшать соотношение между горизонтальной и вертикальной составляющими нормальной реакции рабочей поверхности формиральной головки на массу по длине канала (рис. 2). При этом также уменьшается сопротивление перемещению массы по каналу, в отличие от каналов конусообразной формы, в которых соотношение между составляющими реакции рабочей поверхности по длине канала остается постоянным.

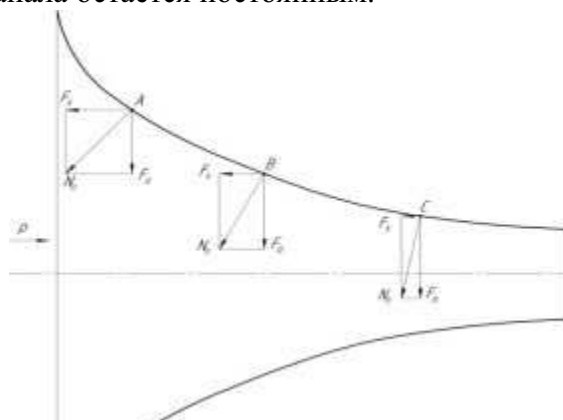


Рис. 2. Схема силового взаимодействия массы с рабочей поверхностью  
Fig. 2. The scheme of the force interaction of the masses with the working surface

Трактрису можно построить графоаналитическим методом [8]. Для этого из точки  $O$  проводим окружность радиусом  $a$  (высота трактрисы), в нашем случае равный внешнему радиусу шнека  $R$  (рис. 3). На пересечении круга с осью  $XX$  обозначаем точку  $B$ , а с осью  $Y$  – точку  $A$ . Через точки  $A$  и  $B$  проведем касательные, и обозначим точку их пересечения  $D$ . На отрезке  $BD$  отмечаем точки  $1', 2', 3', 4', 5' \dots 16'$ , таким образом, чтобы отрезки  $BD, B1', B2', B3'$  и т.д. образовали геометрическую прогрессию со знаменателем  $q$  (можно взять произвольно). Далее на оси  $XX$  откладываем отрезки  $OX_1, X_1X_2, X_2X_3 \dots X_{15}X_{16}$  равные величине  $d$ , которая определяется из зависимости:

$$d / a = \ln(a / B1').$$

Точки  $D, 1', 2', 3', 4', 5' \dots 16'$  соединяем с т.  $O$  и обозначаем пересечение прямых с кругом соот ветственно точками  $O, 1, 2, 3, 4, 5 \dots 16$ .

Далее с точки  $I$  радиусом  $BI$  на дуге  $BA$  делаем метку и обозначаем точку пересечения  $I^\circ$ , с т.2 радиусом  $B2 - т.2^\circ$  и т.д. Через эти точки проводим прямые параллельные оси  $XX$ , а на т.  $X_1, X_2, X_3...X_{16}$  проводим полуокружности радиусом  $a$ .

Пересечение этих полуокружностей с соответствующими горизонтальными прямыми дают ряд точек принадлежащих искомой кривой – трактрисе. Причем длина кривой по оси  $XX$  будет зависеть от количества точек на которые разбит отрезок  $BD$ .

Вращая трактрису вокруг оси  $OX$  (асимптоты) получим поверхность – псевдосферу [3,5,8]. В канале такой формы, масса при перемещении частично обкатывается по кривой. Учитывая то, что радиус кривизны в каждой точке разный, то соответственно, реакции и силы трения будут иметь разную величину и направление. Масса движется в канале, уплотняется за счет уменьшения площади поперечного сечения канала и сопротивления перемещению. Длина канала формовочной головки будет зависеть от плотности, которую необходимо достичь при изготовлении брикетов из растительного материала и диаметра шнека (начального диаметра рабочего канала головки) [4,7,13,15,16].

Для получения зависимости плотности растительного материала от длины головки необходимо знать начальную плотность (плотность материала на выходе из шнека) и степень уплотнения по длине формовочной головки. Для этого необходимо провести детальные теоретические и экспериментальные исследования процесса уплотнения растительной массы.

Исходя из уравнения (2) можем построить зависимость между соотношением  $\lambda$  диаметров шнека и выходного отверстия рабочего канала головки и его длиной  $l$  (рис. 4). Соотношение диаметров определяется как:

$$\lambda = \frac{D}{d}, \quad (4)$$

где:  $D$  – диаметр шнека;

$d$  – диаметр выходного отверстия рабочего канала формовочной головки.

Как видно из графика (рис. 4) увеличение длины головки в зависимости от соотношения диаметров шнека и выходного отверстия является плавным, причем с увеличением этого соотношения менее интенсивно. Поэтому стоит подробнее исследовать связь диаметра выходного отверстия с плотностью (давлением) растительного материала.

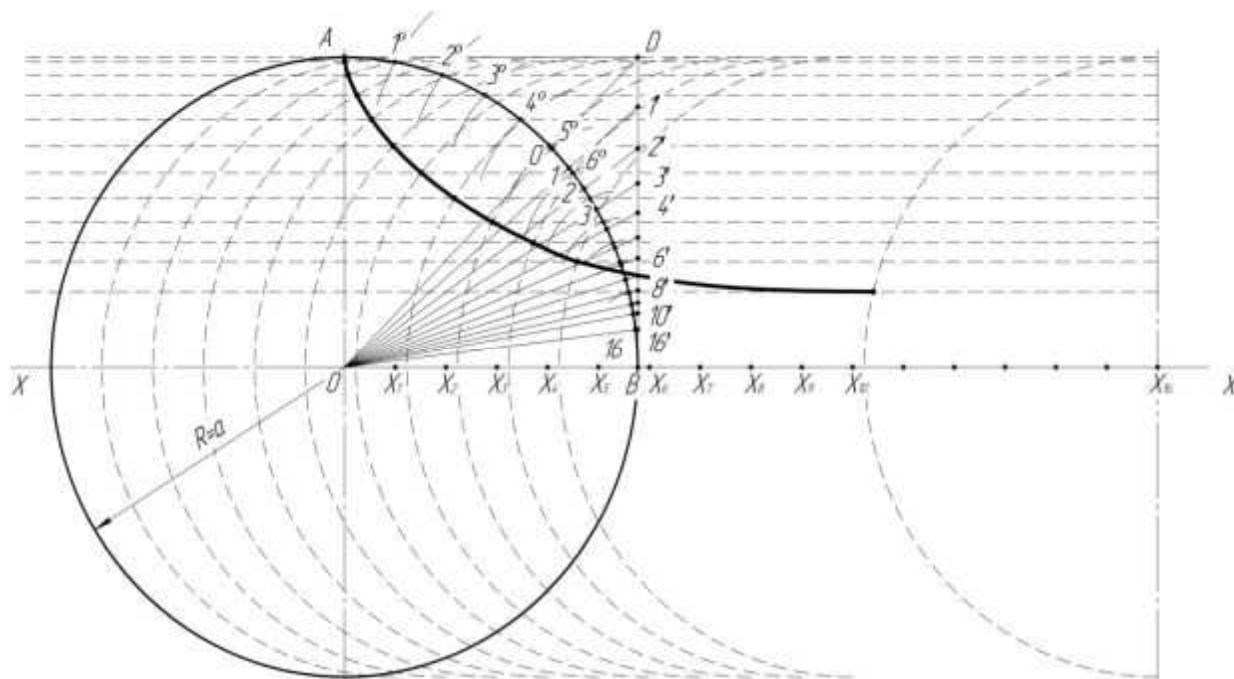


Рис. 3 Построение профиля поверхности рабочего канала формовочной головки пресса

Fig. 3. The construction of the surface profile of the forming press head working channel

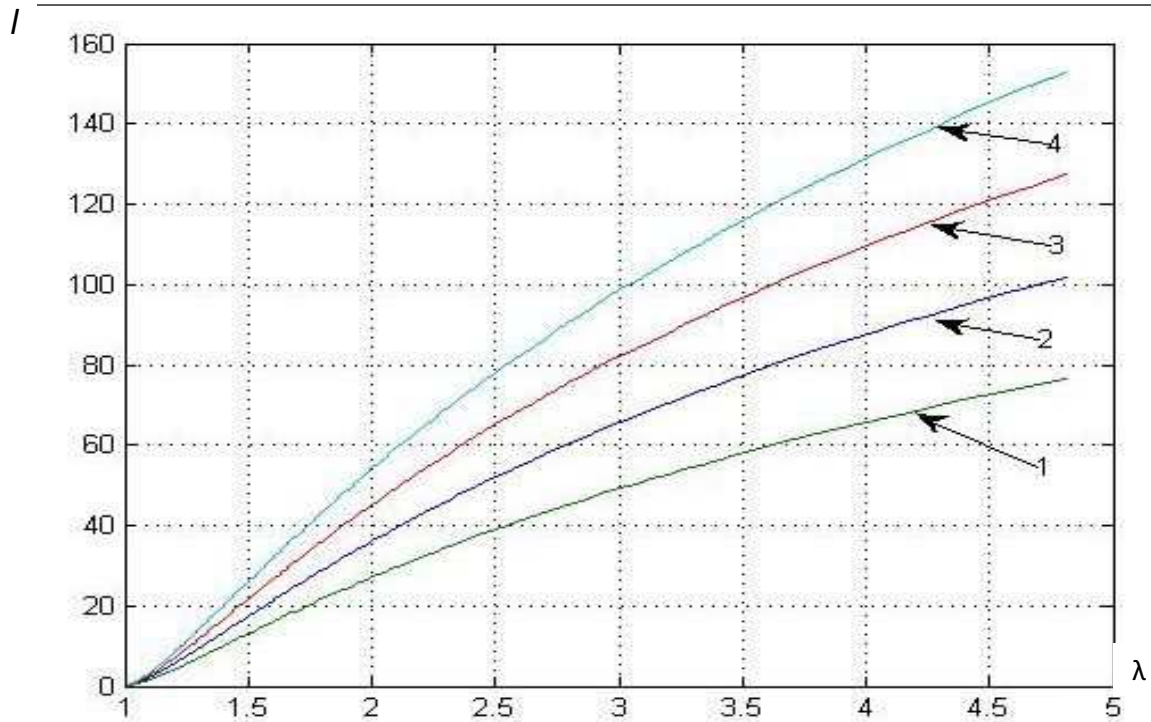


Рис. 4. Зависимость отношения диаметров шнека и выходного отверстия от длины головки: 1 – D=80 мм; 2 – D=120 мм; 3 – D=160 мм; 4 – D=200 мм.

Fig. 4. The dependence of the screw diameter and the outlet opening on the length of the head: 1 – D=80 mm; 2 – D=120 mm; 3 – D=160 mm; 4 – D=200 mm.

### ВЫВОДЫ

Использование криволинейных поверхностей в сельскохозяйственной технике получает все большее распространение. Свойства трактрисы, как образующей рабочей поверхности канала формовочной головки пресса растительных материалов, позволит уменьшить вредное сопротивление перемещению массы, благодаря распределению реакций вдоль канала и уменьшить энергозатраты на перемещение и уплотнение.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Analytychnyi ohliad protsesiv i zasobiv dlia vyhotovlennia palyvnykh bryketiv z roslynnykh materialiv / D. V. Kuzenko, L. M. Kuzenko, O. M. Krupych, S. I. Levko // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 3D. 258-268.
2. Kuzenko D. V. 2012. Obgruntuvannia konstruktsii formovalnoi holovky presa dlia roslynnykh materialiv / D. V. Kuzenko, S. I. Levko / Visnyk Lviv. NAU «Ahroinzhenerni doslidzhennia». – №16, Lviv – 246-253.
3. Savelov A. A. Ploskye kryvye. Systematyka, svoistva, prymeneniya. (Spravochnoe

rukovodstvo) – M.: Hos. Yzdat. Fyzyko-matematycheskoi l-ry. 294.

4. Kuchynskas Z. M., Osobov V. Y., Freher Iu. L. 1988. Oborudovanye dlia sushky, hranulyrovanyia y bryketyrovanyia kormov. – M.: Ahropromyzzdat, – 208.

5. Harmonycheskoe ustroistvo myra [Elektronnyi resurs] / T. Y. Zavalysyna, H. S. Ylyna // Rezhym dostupu do forumu <http://festival.1september.ru/articles/313330/>.

6. Levko S. I. 2010. Ohliad teorii protsesu presu-vannia /Visnyk Lviv. NAU «Ahroinzhenerni doslidzhennia». – Lviv, – №15. – 458-467.

7. Melnykov S.V. 1978. Mekhanyzatsyia y avtomaty-zatsyia zhyvotnovodcheskykh ferm / S.V. Melnykov – L. : Kolos– 560.

8. Vyhodskiy M. Ia. 1977. Spravochnyk po vyshei matematyke – M.: «Nauka», 872.

9. Horiachkyn V. P. 1968. Sobranie pochynenyi v 3 t. 2-e, M.: «Kolos», t.3 – 384.

10. Tyshchenko S. S. 2004. Proektyrovanye strel-chatykh kulyvatornykh lap s kryvolynеinym lezvyem / Naukovyi visnyk LNAU. Vyp 73. – 304-309.

11. Luts P. M. 2012. Obgruntuvannia konstruktyv-notekhnolohichnykh parametriv

dvohvynntovoho presu dlia znevodnennia vysoko volohykh kormiv: avtoref. dys... kand. tekhn. nauk: 05.05.11 / Luts Pavlo Mykhailovych – Vinnytsia– 20.

12. Grochowicz J. 2004. Wpływ wilgotności i stopnia rozdrobnienia na energię zagęszczania i wytrzymałość brykietów łubinowych / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 6. 96–103.

13. Mashyny y apparaty pyshchevykh proyzvodstv : ucheb. dlia vuzov : v 2 kn. Kn. 1 / [S. T. Antypov, Y. T. Kretov, A. N. Ostrykov y dr.]; pod red. V. A. Panfylova. – M. : Vyssh. shk., 2001. – 703.

14. Silskohospodarski mashyny. Osnovy teorii ta rozrakhunku: Pidruchnyk / [D. H. Voitiuk, V. M. Baranovskyi, V. M. Bulhakov ta in.]; za red. D. H. Voitiuka. – K.: Vyshcha osvita, 2005. – 464.

15. Kukta H.M. 1987. Mashyny i oborudovanie dlia pryhotovleniya kormov – M.: Ahro-

promyzdat,– 303.

16. Herrman Kh. 1972. Shnekovye mashyny v tekhnolohyy / Pod red. L.M. Frydmana. – L. : Khymyia,– 232.

#### SYNTHESIS OF THE FORMING PRESS HEAD CURVED SURFACE OF THE PLANT MATERIALS

**Summary.** The article presents an analysis of the properties of tractrix curve, substantiates the expediency of using it as the forming curved surface of the press head working channel of plant materials in order to reduce the energy intensity of the materials pressing process. A method of constructing a tractrix is described and factors affecting the design parameters of the forming head with the curved working surface are analyzed.

**Key words:** press head, plant materials, tractrix, curved surface, pseudosphere.