



УДК65.012.12:771.537.3:635.67

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ И ФОРМЫ ШИПОВ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ

Брагинец Н.В., д.т.н.,

Бахарев Д.Н., к.т.н.,

Демченко В.Н., к.т.н.

*Луганский национальный аграрный университет,*

*Тел. 0642-96-74-06*

**Аннотация** – доказана целесообразность поиска биологических прототипов шипов молотильной камеры МСУ для кукурузы. Определено направление исследования рабочих органов биологических прототипов.

**Ключевые слова** – шип, аналогия, бионика, кривые Безье.

*Постановка проблемы.* С целью снижения количества повреждений зерна в МСУ для початков кукурузы используются рабочие органы способные дифференцированно воздействовать на початки. Под понятием дифференцированного воздействия следует понимать автоматическое регулирование обмолачивающих сил в молотильной камере в зависимости от сопротивления обмолоту. Принципы дифференцированного обмолота в МСУ реализуются путем обеспечения блочности конструкции, автоматического регулирования зазоров в молотильной камере, изменением способа подачи початков в МСУ, а также автоматической регулировкой скорости обмолачиваемого материала по длине ротора. Кроме того, все вышеперечисленные пути дифференцирования обмолота кукурузы зависят от правильного выбора конструкции и формы шипов в молотильной камере.

В настоящее время нет единого мнения об эффективной конструкции и форме шипов для МСУ, применяемых при обмолоте початков кукурузы. Это указывает на отсутствие единой теории конструирования шипов и недостаточное количество экспериментальных данных.

*Анализ последних исследований и публикаций.* Изучением влияния конструкции и формы шипов на эффективность процесса обмолота початков кукурузы занимались известные ученые: И.Н. Гуров, И.А. Петунина, В.С. Кравченко, Кликович Рышард, Н.В. Сережина, Т.К. Тоганбаева и др. [1-6]. Работы вышеперечисленных ученых направлены на определение рациональной скорости вращения ротора, при

которой зерно эффективно отделяется от целого початка, соударяясь с шипами ротора и деки. В существующих конструкциях МСУ данная скорость ротора - величина постоянная. Однако после того как целостность початка нарушена (отделены несколько участков с зернами) сопротивление обмолоту уменьшается и скорость ротора, используемая ранее, становится неоправданно высокой, что приводит к появлению значительного количества поврежденных зерен.

*Целью исследований* является разработка теоретических предпосылок для определения рациональных конструктивных параметров шипов молотильной камеры МСУ для початков кукурузы.

*Результаты исследований.* В существующих конструкциях МСУ для обмолота початков кукурузы наибольшее распространение получили штифты квадратной, круглой и фасонной формы (рис. 1) [1-6].

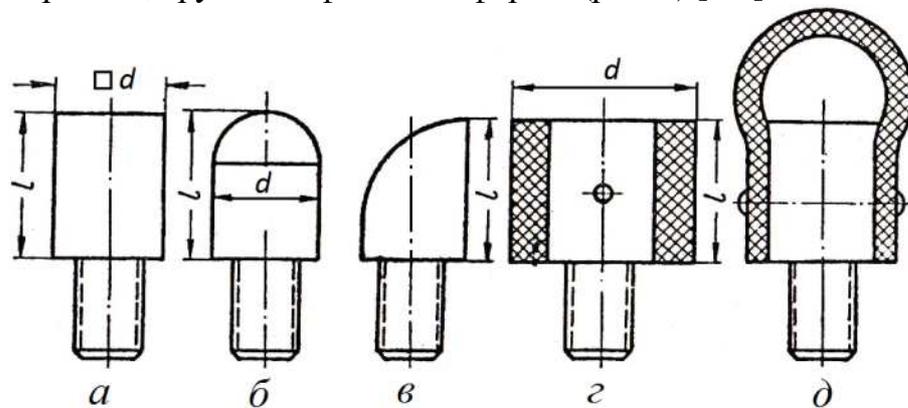


Рис. 1. Формы штифтов:

*a* – квадратные ( $l = 20-50$  мм); *б* – круглые ( $d = 20-40$  мм;  $l = 20-50$  мм);  
*в* – фасонные; *г, д* – покрытые резиной.

Эффективность вышеприведенных шипов проверялась многими исследователями экспериментальным путем, в результате чего определено, что наиболее целесообразными для обмолота с минимальным количеством повреждений зерна являются круглые шипы (см. рис.1 *б*) с покрытой резиной цилиндрической частью (см. рис.1 *г*) и фасонные шипы (рис.1 *в*). Однако у круглых шипов в молотильной камере работает только одна половина, поэтому очевидно, что научный и практический интерес представляют фасонные шипы. Кривизна поверхности фасонных шипов требует научного обоснования.

Очевидным является тот факт, что кривизна поверхности фасонного шипа должна быть такой, чтобы площадь контакта одного отдельного зерна и шипа стремилась к максимуму. В этом случае давление на зерно со стороны шипа, возникающее при обмолоте, будет распределено по максимально возможной поверхности контакта, что снизит вероятность появления повреждений. Из вышеизложенного следует, что

контактирующая поверхность шипа должна быть соизмерима с размером и формой зерна.

Опыт использования обрезиненных шипов показывает, что они наносят минимальное количество повреждений, однако надежность таких шипов очень низкая, поскольку большинство видов резиновых покрытий очень быстро изнашиваются в жестких условиях постоянного трения в молотильной камере. Минимизация повреждений достигается тем, что в момент контакта шипа и зерна в резиновом покрытии образуется углубление, которое стремится максимально охватить зерно, что не только снижает влияние ударных сил, превышающих допустимые значения, но и увеличивает поверхность трения. На основании вышеизложенного следует, что эффективные стальные шипы, по аналогии с обрезиненными шипами, должны снижать влияние ударных сил, превышающих допустимые значения, и обеспечить максимально возможную поверхность трения. Снижение влияния ударных сил, превышающих допустимые значения, достигается путем применения подпружиненных обмолачивающих элементов.

Основная сложность при разработке эффективных шипов заключается в обеспечении максимально возможной поверхности трения. Однако не сложно заметить, что данная проблема решена в живой природе, точнее говоря насекомыми (амбарными вредителями). Поверхность их жвал (челюстей) и когтей на лапках такова, что они с легкостью прикрепляются к зерну, охватывая его всей поверхностью своих рабочих органов. Суть такого успеха насекомых скрыта в форме и кривизне поверхности их рабочих органов. В этом можно легко убедиться, увеличив при помощи стереомикроскопа Stemi 2000-C рабочие органы насекомых до таких размеров, чтобы кривизна их поверхности была соизмерима с кривизной поверхности зерен в початке кукурузы (рис. 2).

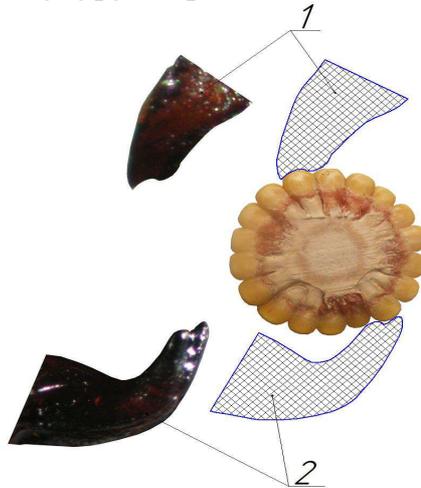


Рис. 2. Сопоставление форм рабочих органов насекомых и зерна в початке кукурузы:

- 1 – жвала Зернового точильщика;
- 2 – жвала Большого темного хрущака.

На основании рис.2. можно прийти к выводу, что для создания эффективных шипов молотильной камеры МСУ для кукурузы необходимо разработать методику математического описания рабочих органов биологических прототипов. Для этого необходимо использовать определённый алгоритм действий. Алгоритм изучения биологических прототипов рабочих органов изложен в работах профессора Л.Ф. Бабицкого (рис. 3) [7].

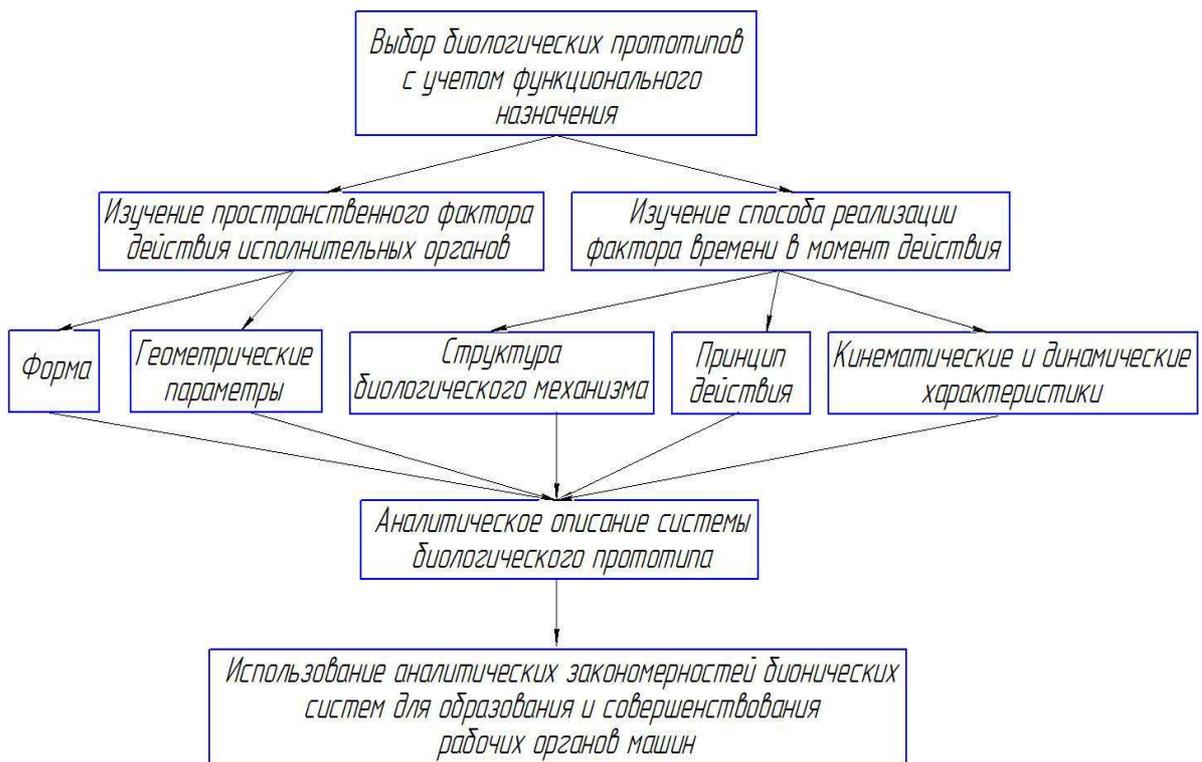


Рис. 3. Алгоритм изучения биологических прототипов рабочих органов машин.

Как видно из рис. 3. форма и кривизна поверхности рабочих органов биологических прототипов неразрывно связаны с аналитическим описанием системы рабочих органов новых машин. Следовательно, достижение цели данных исследований возможно в результате разработки адекватной методики аналитического описания кривизны и формы рабочих органов биологических прототипов.

Разработать данную методику можно методом моделирования поверхностей кривыми Безье. Данные кривые позволяют получить математические модели кривых рабочих органов различных биологических прототипов, а их анализ позволит выделить искомые инварианты для решения возникшей проблемы.

Для описания поверхности рабочих органов биологических прототипов целесообразно применять квадратичные и кубические кривые Безье, а также кривые высших степеней [8].

В общем случае кривая Безье - это параметрическая кривая, задаваемая выражением [8]:

$$B(t) = \sum_{i=0}^n P_i b_{i,n}(t), \quad 0 < t < 1, \quad (1)$$

где  $P_i$  – функция компонент векторов опорных вершин;  
 $b_{i,n}(t)$  – полином Бернштейна.

$$b_{i,n}(t) = \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i}, \quad (2)$$

$$\binom{n}{i} = \frac{n!}{i!(n-i)!}, \quad (3)$$

где  $n$  – степень полинома;  
 $i$  – порядковый номер опорной вершины.

Квадратичная кривая Безье ( $n = 2$ ) задаётся 3-мя опорными точками:  $P_0$ ,  $P_1$  и  $P_2$  (рис.4) [8].

$$B(t) = (1-t)^2 \cdot P_0 + 2 \cdot t \cdot (1-t) \cdot P_1 + t^2 \cdot P_2, \quad t \in [0,1] \quad (4)$$

Для построения квадратичных кривых Безье требуется выделение двух промежуточных точек  $Q_0$  и  $Q_1$  из условия, чтобы параметр  $t$  изменялся от 0 до 1 [9]:

- точка  $Q_0$  изменяется от  $P_0$  до  $P_1$  и описывает линейную кривую Безье;
- точка  $Q_1$  изменяется от  $P_1$  до  $P_2$  и также описывает линейную кривую Безье;
- точка  $B$  изменяется от  $Q_0$  до  $Q_1$  и описывает квадратичную кривую Безье.

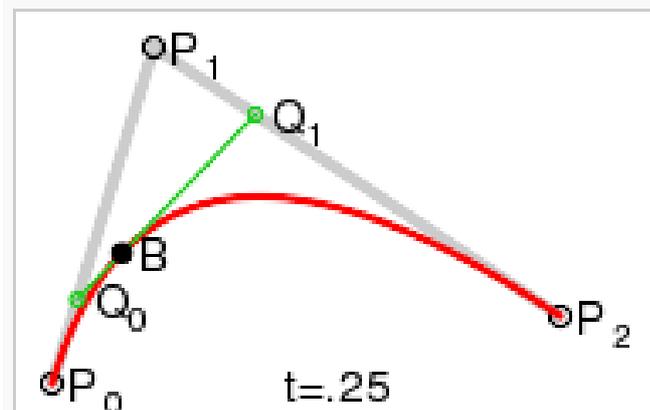


Рис. 4. Построение квадратичных кривых Безье.

Кубические кривые Безье ( $n = 3$ ) в параметрической форме описываются следующим уравнением [8] (рис. 5):

$$B(t) = (1-t)^3 \cdot P_0 + 3 \cdot t \cdot (1-t)^2 \cdot P_1 + 3 \cdot t^2 \cdot (1-t) \cdot P_2 + t^3 \cdot P_3, \quad t \in [0,1] \quad (5)$$

Четыре опорные точки  $P_0, P_1, P_2$  и  $P_3$ , заданные в 2-х или 3-х мерном пространстве определяют форму кривой [8].

Линия берёт начало из точки  $P_0$ , направляясь к  $P_1$ , и заканчивается в точке  $P_3$ , подходя к ней со стороны  $P_2$ . То есть кривая не проходит через точки  $P_1$  и  $P_2$ , они используются для указания её направления. Длина отрезка между  $P_0$  и  $P_1$  определяет, как скоро кривая повернёт к  $P_3$ .

В матричной форме кубическая кривая Безье записывается следующим образом [8]:

$$B(t) = \begin{bmatrix} t^3 & t^2 & t & 1 \end{bmatrix} M_B \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix}, \quad (6)$$

где  $M_B$  называется базисной матрицей Безье [8].

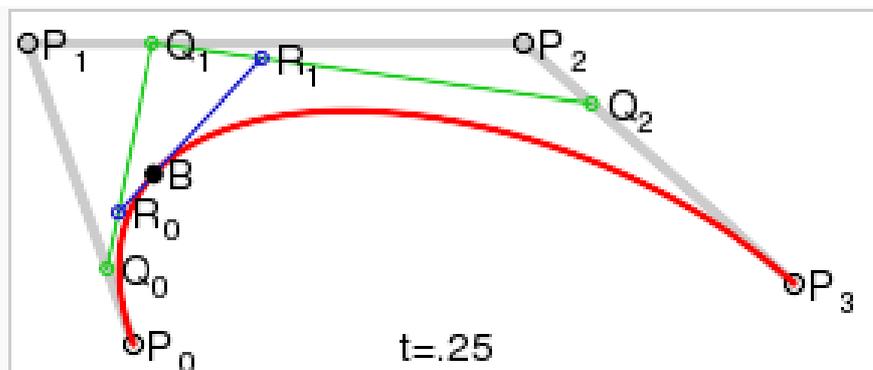


Рис. 5. Построение кубических кривых Безье.

Для построения кривых высших порядков соответственно требуется и больше промежуточных точек. Для кривых четвёртой степени необходимо четыре точки  $Q_0, Q_1, Q_2$  и  $Q_3$ , описывающие линейные кривые,  $R_0, R_1$  и  $R_2$ , которые описывают квадратичные кривые, а также точки  $S_0$  и  $S_1$ , описывающие кубические кривые Безье (рис. 6) [8].

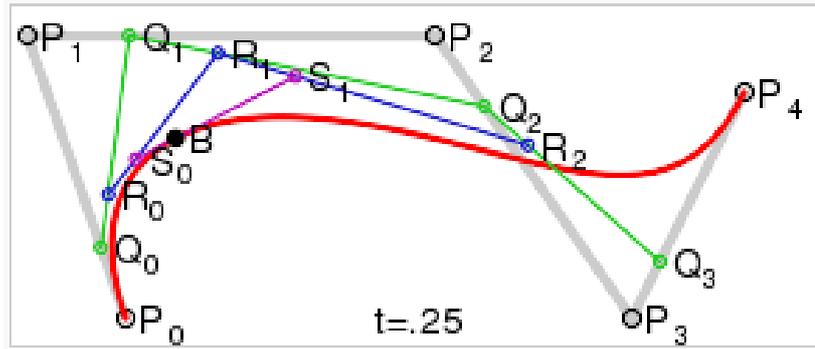


Рис. 6. Построение кривых высших порядков.

Применение данной методики значительно упрощает компьютерное моделирование искомых кривых, цель которого – поиск инвариантов в многообразии форм рабочих органов биологических прототипов.

#### Выводы.

1. В настоящее время нет единого мнения об эффективной конструкции и форме шипов для МСУ, применяемых при обмолоте початков кукурузы.
2. Основная сложность при разработке эффективных шипов заключается в обеспечении максимально возможной поверхности трения.
3. Пути решения подобных задач целесообразно искать в живой природе с последующим адекватным аналитическим описанием полученных результатов.
4. Для описания поверхности рабочих органов биологических прототипов целесообразно применять квадратичные и кубические кривые Безье, а также кривые высших степеней.
5. После получения параметрических уравнений кривых Безье целесообразно выделить инварианты для всех рабочих органов, и на их основании построить единую теорию проектирования шипов для МСУ.

#### Литература

1. Гуров И.Н. Механико-технологические основы обмолота кукурузы: автореф. дис на соискание уч., степени д-ра. техн. наук: спец. 05.06.01 «Сельскохозяйственные машины» / И.Н. Гуров. – Новочеркасск, 1965. - 37 с.
2. Петунина И.А. Разработка ресурсосберегающих процессов очистки и обмолота початков семенной кукурузы: автореф. дис на соискание уч., степени д-ра. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / И.А. Петунина. - Краснодар, 2009. – 44 с.
3. Кравченко В.С. Исследование планетарного початкоотделяющего аппарата с активным вальцовым подбарабаньем для обмолота кукурузы:

- автореф. дис на соискание уч., степени канд. техн. наук: спец. 05.06.01 «Сельскохозяйственные машины» / В.С. Кравченко. – Краснодар, 1974. - 25 с.
4. *Кликович Рьшард*. Исследование процесса обмолота кукурузы: дис.... канд. техн. наук: 05.06.01 / Рьшард Кликович. – Х., 1959. - 149 с.
5. *Сережина Н.В.* Исследование винтового молотильного устройства на обмолоте початков кукурузы: автореф. дис на соискание уч., степени канд. техн. наук: спец. 05.06.01 «Сельскохозяйственные машины» / Н.В. Сережина. – Кишинев, 1967. – 21 с.
6. *Тоганбаев Т.К.* Исследование процесса обмолота кукурузы штифтовыми и лопастными барабанами: автореф. дис на соискание уч., степени канд. техн. наук: спец. 05.06.01 «Сельскохозяйственные машины» / Т.К. Тоганбаев. – Ростов-на-Дону, 1967. – 21 с.
7. *Бабицький Л.Ф.* Біонічні напрями розробки ґрунтообробних машин / Бабицький Леонід Федорович. – К.: Урожай, 1998. – 164 с.
8. Материал из Википедии - свободной энциклопедии. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Кривые> Безье.

## **ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ І ФОРМИ ШИПІВ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ**

Брагінець М.В., Бахарєв Д.М., Демченко В.М.

### *Анотація*

**Доведена доцільність пошуку біологічних прототипів шипів молотильної камери МСУ для кукурудзи. Визначений напрям дослідження робочих органів біологічних прототипів.**

## **DETERMINATION OF RATIONAL CONSTRUCTION AND FORM OF THORNS OF THRESHING AND SEPARATING DEVICES FOR CORN-COBS**

N. Braginetz, D. Bakharev, V. Demchenko

### *Summary*

**Expedience of search of biological prototypes of thorns of a thresh chamber is proved to TSD for a corn. Direction of research of workings organs of biological prototypes is certain.**