

## ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ

Попов А.Ю., Воропаев Д.А., Хошафян Х.О.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

**Аннотация.** Для исключения заклинивания и повреждения семян в высевальном аппарате с принудительной герметизацией семенной камеры предлагается применять выступы в форме криволинейного многогранника. Проведено обоснование геометрических параметров цилиндрических поверхностей выступов. Определено, что кривизна цилиндрических граней выступов зависит от физико-механических свойств семян и геометрических параметров транспортного канала.

**Ключевые слова.** повреждение семян, заклинивание семян, элементы герметизации, высевальное устройство, радиус, криволинейная поверхность, цилиндрическая поверхность.

## JUSTIFICATION OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF THE SEALING ELEMENTS OF THE OVERPRESSURE SOWING APPARATUS

Popov A.Y., Voropaev D.A., Khoshafian H.O.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

**Abstract.** To avoid jamming and damage to seeds in the sowing apparatus with permanent sealing of the seed chamber, it is proposed to use ledges in the form of a curvilinear polyhedron. The geometric parameters of cylindrical surfaces of the ledges are justified. It is determined that the curvature of the cylindrical faces of the ledges depends on the physical and mechanical properties of the seeds and the geometric parameters of the transport channel.

**Keywords.** seed damage, seed jamming, sealing elements, sowing apparatus, radius, curvilinear surface, cylindrical surface.

Для посева пропашных культур применяются различные виды пневматических дозирующих систем, в том числе аппараты избыточного давления с принудительной герметизацией семенной камеры [1]. Достоинством данного типа дозаторов по сравнению с другими пневматическими посевными системами является подача семян при постоянной величине избыточного давления [2]. Это обеспечивает высокие показатели распределения семян в борозде на больших скоростях посева.

Однако использование элементов герметизации в виде выступов и транспортного канала в корпусе аппарата приводит к неэффективному удалению лишних семян в верхней части семенной камеры [3]. Это обусловлено тем, что форма выступов с плоскими гранями является плохообтекаемой и создает аэродинамическое сопротивление, которое ухудшает распределение воздушного потока в области дозирующего элемента высевального диска [4]. Кроме того, реальная форма семян большинства высеваемых культур отличается от шарообразной и может включать плоские грани и углы. К таким формам относится пирамидальная, чечевицеобразная, плоская, треугольная и другие. Поэтому в момент защемления семени с формой, отличной от шарообразной, между кромкой транспортного канала и выступом высевального диска происходит соприкосновение семени с плоской гранью выступа в нескольких местах или увеличивается площадь контакта, что приводит к потере скольжения семени о выступ и его заклиниванию с последующим повреждением.

Таким образом задача снижения повреждения и предотвращения заклинивания семян при дозировании высевальным устройством избыточного давления с герметизацией семенной камеры является актуальной.

Одним из вариантов решения этой задачи является изменение плоской боковой грани выступов высевального диска на криволинейную составную. Это позволит при защемлении семени с любой формой, в том числе отличной от шарообразной, уменьшить площадь его контакта с поверхностью выступа. Что даст возможность изменить скольжение семени по поверхности выступа на качение и предотвратить его заклинивание, а также позволит снизить аэродинамическое сопротивление со стороны выступа и тем самым повысить эффективность удаления лишних семян.

Цель исследования – обоснование геометрических параметров криволинейной поверхности элементов герметизации высевающего аппарата избыточного давления для предотвращения заклинивания и повреждения семян с любой формой, в том числе отличной от шарообразной.

Объектом исследования является выступ высевающего диска в форме криволинейного многогранника, представленный на рисунке 1.

Плоское основание выступа крепится к поверхности высевающего диска, а боковые грани составлены из цилиндрических поверхностей, сопряженных со стенками транспортного канала. Они выполнены с радиусами  $r_1$  и  $r_2$ . Со стороны дозирующих элементов высевающего диска выступы ограничены цилиндрической поверхностью радиусом  $R_1$ , а верхняя криволинейная грань ограничена цилиндрической поверхностью радиусом  $R_2$ .

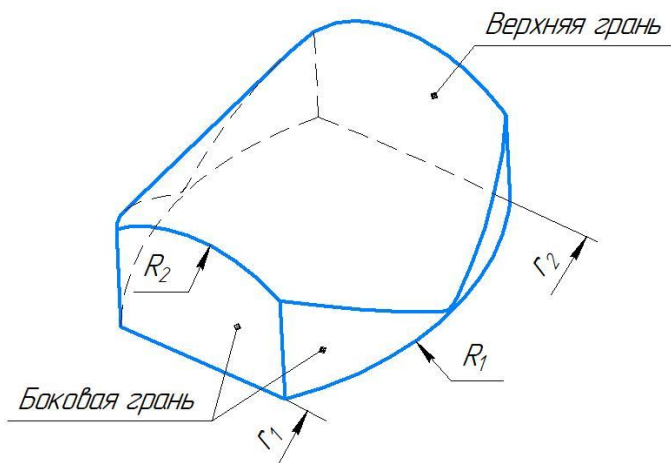


Рисунок 1 – Общий вид выступа высевающего диска с боковой составной криволинейной гранью

Определим радиусы  $R_1$  и  $R_2$  цилиндрических поверхностей составной боковой грани выступа, обеспечивающие предотвращение заклинивания и повреждения семян в момент их захода в транспортный канал. Схема захода выступа высевающего диска в транспортный канал представлена на рисунке 2.

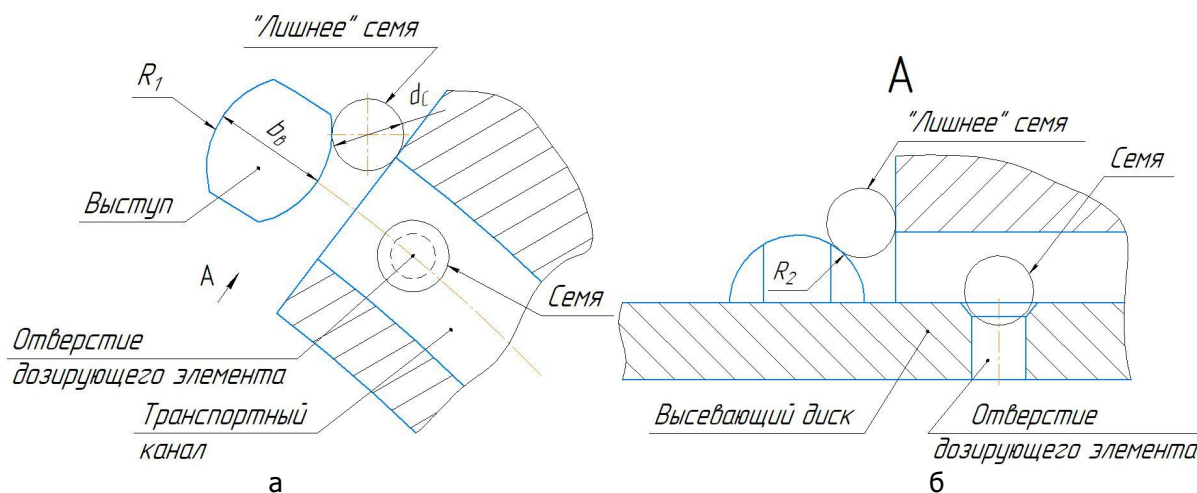


Рисунок 2 – Схема захода выступа высевающего диска в транспортный канал: а) фронтальная плоскость высевающего диска; б) горизонтальная плоскость высевающего диска

Из предыдущих исследований [3] известно, что для предотвращения заклинивания семени угол между смежными плоскими стенками выступа  $\alpha$  во фронтальной плоскости высевающего диска должен определяться из неравенства

$$\alpha \geq \arctg \left( \frac{k_k + k_b}{1 - k_k \cdot k_b} \right) - \frac{d_c}{R'} \quad (1)$$

где  $k_k$  и  $k_b$  – коэффициенты трения скольжения семени о кромку транспортного канала и кромку выступа соответственно;

$d_c$  – диаметр семени высеваемой культуры;

$R$  – радиус концентрической окружности дозирующих элементов и выступов.

При этом угол между смежными стенками выступа  $\beta$  в поперечно-горизонтальной плоскости высевающего диска определяется из неравенства

$$\beta \geq \operatorname{arctg} \left( \frac{k_k + k_g}{1 - k_k \cdot k_g} \right). \quad (2)$$

Воспользуемся выражениями (1) и (2) при определении радиусов  $R_1$  и  $R_2$ .

В случае с криволинейной поверхностью для предотвращения заклинивания семени необходимо чтобы касательная к окружности в проекции точки соприкосновения семени с окружностью была не меньше углов  $\alpha$  и  $\beta$ .

Так как цилиндрическая поверхность боковой грани выступа со стороны дозирующих элементов расположена перпендикулярно к поверхности высевающего диска, то ее проекция на данную поверхность будет представлять собой дугу окружности с радиусом  $R_1$ . Запишем уравнение окружности в виде неявной функции [5]

$$x^2 + y^2 = R_1^2 \quad (3)$$

где  $R$  – радиус окружности, м;

Тогда функция поверхности выступа будет определяться

$$y = \sqrt{R_1^2 - x^2} \quad (4)$$

Известно, что производная функции в точке  $x_0$  равна угловому коэффициенту касательной к графику функции  $y=f(x)$  в этой точке [6, 7], то есть

$$\operatorname{tg} \alpha = y'(x_0) = - \frac{x_0}{\sqrt{R_1^2 - x_0^2}}. \quad (5)$$

Возведем правую и левую часть уравнения (5) в квадрат:

$$\operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{x_0^2}{R_1^2 - x_0^2}. \quad (6)$$

Преобразовав выражение (6), определим радиус  $R_1$  поверхности выступа, как функцию от угла наклона касательной  $\alpha$  в точке соприкосновения

$$R_1 = \frac{x_0}{\sin \alpha} \quad (7)$$

Учитывая, что проекция точки соприкосновения семени будет расположена на расстоянии  $1/3$  от края выступа, получим

$$x_0 = \frac{r_2 - r_1}{3} \quad (8)$$

Подставим значение  $x_0$  в формулу (7), тогда

$$R_1 = \frac{r_2 - r_1}{3 \cdot \sin \alpha} \quad (9)$$

Проведя аналогичные преобразования, определим радиус  $R_2$

$$R_2 = \frac{b_g}{3 \cdot \sin \alpha}, \quad (10)$$

где  $b_g$  – ширина выступа.

Подставив значения углов  $\alpha$  и  $\beta$  из выражений (1) и (2) в (9) и (10) соответственно, получим радиус  $R_1$  цилиндрической поверхности выступа со стороны дозирующих элементов достаточный для предотвращения заклинивания семян с различной формой, в том числе шарообразной

$$R_1 \leq \frac{r_2 - r_1}{3 \cdot \sin \left( \operatorname{arctg} \left( \frac{k_k + k_g}{1 - k_k \cdot k_g} \right) - \frac{d_c}{R} \right)}, \quad (11)$$

и радиус  $R_2$  верхней цилиндрической грани выступа

$$R_2 \leq \frac{b_g}{3 \cdot \sin \left( \arctg \left( \frac{k_\kappa + k_g}{1 - k_\kappa \cdot k_g} \right) \right)}. \quad (12)$$

Как видно из выражений (11) и (12), кривизна цилиндрических составных поверхностей выступов высевающего диска определяется шириной выступа  $b_g$ , физико-механическими свойствами высеваемой культуры, к которым относятся коэффициенты трения семени о кромку транспортного канала  $k_\kappa$  и кромку выступа  $k_g$ , условный диаметр семени  $d_g$ , а также геометрическими параметрами транспортного канала, определяемыми радиусами  $r_1$  и  $r_2$ .

#### Список использованных источников

1. Кошурников А.Ф. Пунктирный посев пропашных культур и формирование густоты насаждений: монография. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2015. 218 с.
2. Сельскохозяйственные машины / В.М. Халанский [и др.]; М.: КолосС, 2004. 624 с.
3. Попов А.Ю. Элементы герметизации высевающего аппарата избыточного давления // Тракторы и сельхозмашины. 2014. №6. С. 32-35.
4. Попов А.Ю. Распределение воздушного потока в зоне сбрасывания лишних семян высевающего аппарата избыточного давления // Тракторы и сельхозмашины. 2016. №2. С. 31-34.
5. Ефимов Н.В. Краткий курс аналитической геометрии (10-е изд.). М.: Наука, 1967. 267 с.
6. Максименко В.Н. Курс математического анализа: учебник в 2 ч. Новосибирск: НГТУ, 2015. 421 с.
7. Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике. М.: Изд-во АСТ, 2019. 704 с.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР.