

## ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ БАРАБАНА ОЧЕСЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

---

Владимир Юрьевич Савин

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Калужский филиал

При разработке очесывающего устройства для уборки зерновых культур важнейшей задачей является выбор конструктивных параметров очесывающего барабана, основными из которых являются диаметр, количество рядов гребенок, форма гребенок, угол установки гребенок. К основным размерам очесывающего барабана относятся его диаметр и длина. При выборе диаметра очесывающего барабана необходимо руководствоваться определенными требованиями и ограничениями. При оптимизации конструктивных параметров очесывающего барабана следует исключить или снизить возникновение раннего сброса очесанного материала с гребенок к периферии кожуха, неполный выброс порции очесанного материала с гребенки и его вторичное вовлечение в кругооборот, а также сбивание струи зерносоловистой массы. В программу исследования входил анализ трех вариантов установки гребенок на очесывающий барабан: с наклоном вперед; направленных радиально; с наклоном назад. Подробно рассмотрен вариант движения частицы очесанного вороха по гребенке, отклоненной назад на угол  $\alpha$ . Показано, что на частицу действуют сила тяжести, центробежная сила, кориолисова сила, сила трения частицы о гребенку. Предложено пре-небречь силой тяжести вследствие ее незначительности по сравнению с другими действующими силами. Составлено дифференциальное уравнение движения частицы по гребенке. Полученное дифференциальное уравнение можно использовать для анализа перемещения частицы зерносоловистой массы по гребенке в зависимости от окружной скорости, размеров очесывающего барабана, угла установки очесывающей гребенки и подбора оптимальных значений перечисленных параметров, что позволяет исключить не только ранний сброс очесанного материала с гребенок к периферии кожуха, но и другие негативные процессы.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** уборка зерновых, очесывающее устройство, очесывающий барабан, очесывающая гребенка, очесанный ворох.

## SELECTING BASIC PARAMETERS OF THE STRIPPING CYLINDER OF COMBING APPARATUS

Vladimir Yu. Savin

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch

When designing parameters of combing apparatus for harvesting grain crops critical task checklist begin with selecting basic parameters of stripping cylinder, namely its diameter, the number of rows of the stripping fingers, the shape of the stripping fingers, setting angle of the stripping fingers. Main stripping cylinder dimensions are its diameter and length. In the determination of stripping cylinder diameter one should follow requirements and design constraints. When optimizing the design parameters of the stripping cylinder, it is necessary to exclude or reduce initiation of an early discharge of the stripped material from stripping fingers to the periphery of the housing, incomplete ejection of stripped material fraction and its succeeding absorption into circulation, as well as grain-straw flow disturbance. Research program included three options of stripping fingers installation on the stripping cylinder: in tilt forward detent position, in radial layout direction, in tilt back detent position. The author considered in depth the motion of the particle along the stripping finger in tilt back detent position by an angle  $\alpha$ . It was defined that on the particle effect different forces: gravity force, centrifugal force, Coriolis force, friction force due to cohesion between the particle and the finger. In the experiments the author neglected gravity force due to its insignificance as compared to other effective forces; derived differential equation of particle motion along the finger and analyzed the motion of the particle along the stripping finger depending on rotary velocity, dimensions of the stripping cylinder, the angle of stripping fingers installation. The derived equation allows selecting optimal values of the listed parameters, which help avoiding an early discharge of the stripped material from stripping fingers to the periphery of the housing, as well as other negative processes.

**KEY WORDS:** grain crop harvesting, combing apparatus, stripping cylinder, stripping fingers, combed heap.

Одним из направлений интенсификации устройств для уборки зерновых культур является технология уборки методом очеса растений на корню. Главная особенность данной технологии – значительное снижение доли соломы в очесанном ворохе по сравнению с зерносоломистой массой, которая подается на молотильно-сепарирующие устройства традиционных комбайнов [2, 5, 6, 8].

При разработке очесывающего устройства для уборки зерновых культур важнейшей задачей является выбор конструктивных параметров очесывающего барабана.

Основные конструктивные параметры очесывающего барабана – диаметр барабана, количество рядов гребенок, форма гребенок, угол установки гребенок.

К основным размерам очесывающего барабана относятся его диаметр и длина. При выборе диаметра очесывающего барабана необходимо руководствоваться несколькими условиями и ограничениями. При уменьшении диаметра очесывающего барабана до 300-350 мм возрастает вероятность наматывания на него стеблей. Интервал между смежными воздействиями очесывающих гребенок на колосья, определяющийся диаметром барабана, его окружной скоростью, числом рядов гребенок, скоростью движения агрегата, должен быть достаточен для очеса хлебной массы в полном объеме.

Другим важным ограничением является дробление зерна при превышении некоторой пороговой скорости гребенки в области контакта с колосом. Агротехническими требованиями к уборке регламентируется максимальное дробление продовольственного зерна, равное 2% [3, 4, 10]. При этом установлены рамки скоростей ударов, при которых дробление зерна значительно увеличивается [1, 7, 9].

Мощность холостого хода очесывающего барабана является еще одним параметром, значение которого в общем случае необходимо минимизировать.

Ориентируясь на перечисленные параметры, можно определить размеры очесывающего барабана, его окружную скорость и скорость агрегата в первом приближении. Дальнейшее уточнение и проверка (оптимизация) полученных параметров связаны с вопросами исследования движения очесанного материала по гребенке.

При оптимизации конструктивных параметров очесывающего барабана следует исключить или максимально снизить возможность возникновения следующих негативных процессов:

- очесанный материал, не доходя до горловины выгрузного трубопровода (устройства), будет сброшен к периферии кожуха;
- неполный выброс порции очесанного материала с гребенки и вторичное увлечение материала в кругооборот;
- уплотнение и заклинивание материала между гребенкой и стенкой кожуха, что вызывает появление дополнительного сопротивления;
- сбивание струи зерносоломистой массы, сходящей с предыдущей гребенки, струей, сходящей с последующей гребенки.

Сбивание струи зерносоломистой массы может происходить вследствие слишком частой расстановки гребенок. В данном случае при определении количества рядов гребенок необходимо соблюсти баланс обеспечения допустимого интервала между смежными воздействиями гребенок на колосья и равномерностью выброса очесанной массы. В идеале необходимо добиться того, чтобы цикл выброса первой гребенкой заканчивался в момент начала цикла выброса второй гребенкой.

Решение перечисленных вопросов, от чего зависит нормальная работа очесывающего устройства, напрямую связано с определением момента сброса частицы с гребенки.

На начальном этапе исследования движения очесанного материала по гребенке предложено рассмотреть три варианта установки гребенок на очесывающий барабан:

- с наклоном вперед;
- направленных радиально;
- с наклоном назад (рис. 1).

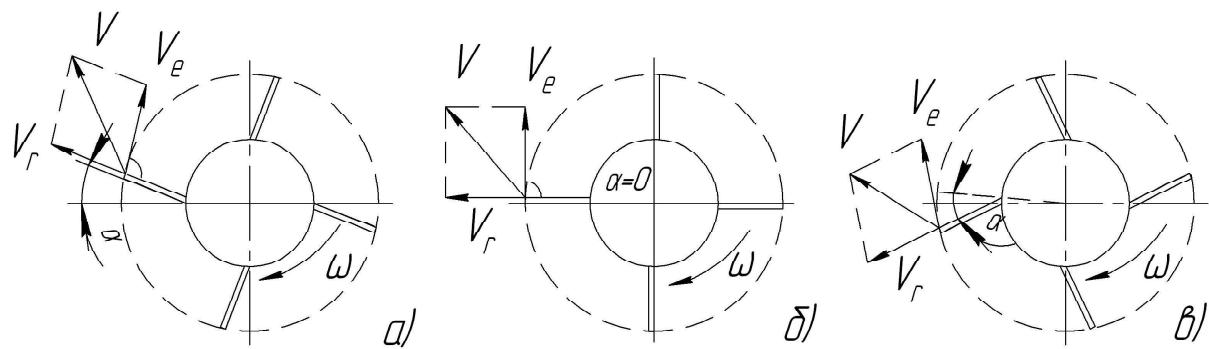


Рис. 1. Схемы очесывающих барабанов при установке гребенок:  
а – с наклоном вперед; б – направленных радиально; в – с наклоном назад

Детально рассмотрим движение частицы очесанного вороха по гребенке, отклоненной назад на угол  $\alpha$  (рис. 2). На частицу действуют сила тяжести  $P$ , центробежная сила  $C$ , кориолисова сила  $\Phi_k$ , сила трения частицы о гребенку  $F_{mp}$ . Вследствие незначительности силы тяжести по сравнению с другими действующими силами ею пренебрегаем. Сопротивлением воздуха также пренебрегаем.

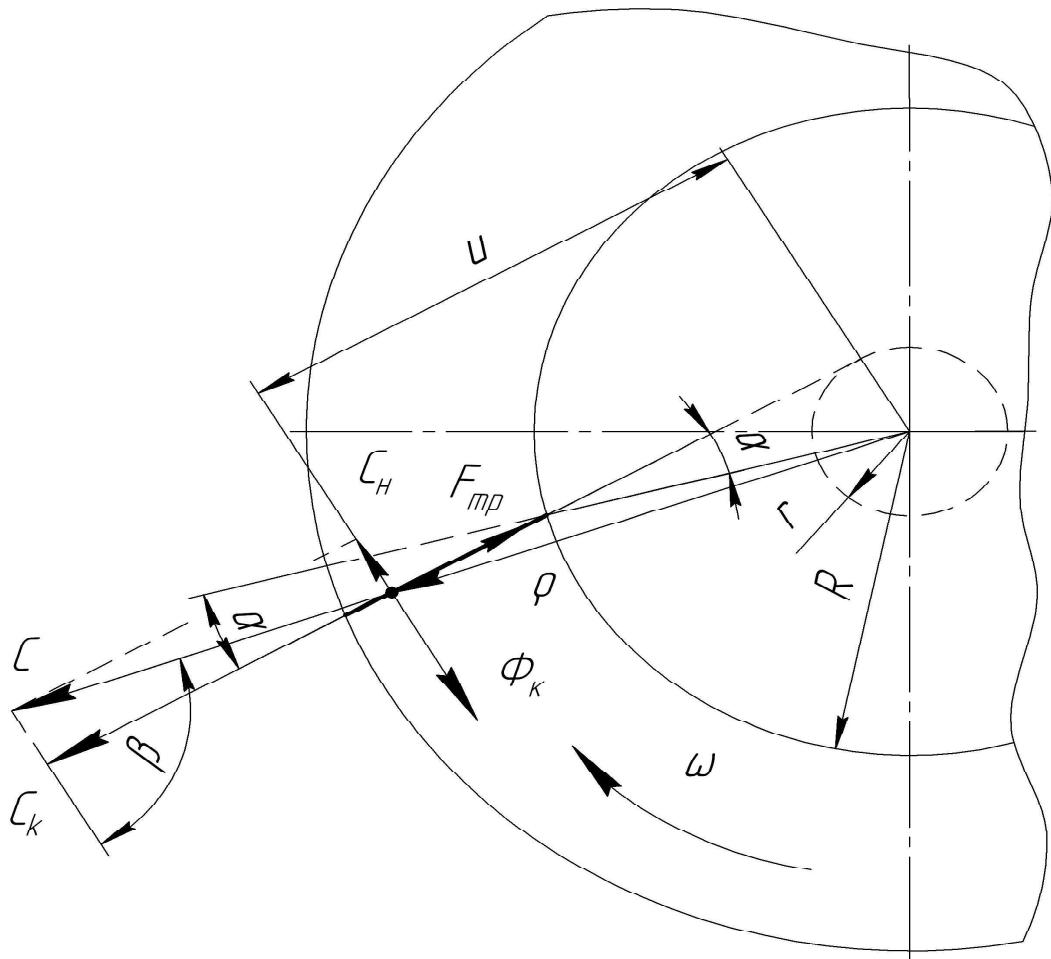


Рис. 2. Схема анализа движения частицы очесанного вороха по гребенке

Сходя с гребенки, частица приобретает результирующую скорость  $V$ , являющуюся результатом геометрического сложения переносной  $V_e$  и относительной  $V_r$  скоростей.

В результате действия на частицу сил, связанных с ускорениями, возникает относительная скорость, или скорость движения частицы вдоль гребенки

$$V_r = \frac{du}{dt} . \quad (1)$$

Если массу частицы обозначить через  $m$ , постоянную угловую скорость гребенки через  $\omega$  и радиус-вектор положения частицы на лопасти через  $\rho$ , то центробежная сила

$$C = m\omega^2\rho . \quad (2)$$

Составляющая этой силы  $C_k$ , действующая вдоль гребенки, равна

$$C_k = m\omega^2\rho \sin \beta . \quad (3)$$

Действующая перпендикулярно к гребенке сила  $C_h$  влияет на силу трения

$$C_h = m\omega^2\rho \cos \beta . \quad (4)$$

Кориолисова сила, направленная перпендикулярно к гребенке и определяемая по формуле

$$\Phi_k = 2m\omega V_r , \quad (5)$$

также создает силу трения

$$F_{mp} = f(\Phi_k - C_h) = f(2m\omega V_r - m\omega^2\rho \cos \beta) , \quad (6)$$

где  $f$  – коэффициент трения материала частицы о поверхность гребенки.

Уравнение движения частицы по гребенке имеет вид

$$C_k - F_{mp} = m \frac{d^2 u}{dt^2} . \quad (7)$$

Подставляя значения  $C_k$  и  $F_{mp}$ , получаем

$$m\omega^2\rho \sin \beta - f \left( 2m\omega \frac{du}{dt} - m\omega^2\rho \cos \beta \right) = m \frac{du^2}{dt^2} . \quad (8)$$

Как следует из рисунка 2,

$$\rho \sin \beta = u ; \quad \rho \cos \beta = r ; \quad r = R \sin \alpha , \quad (9)$$

где  $u$  – перемещение частицы зерносоловистой массы по гребенке;

$R$  – радиус очесывающего барабана по месту установки очесывающих гребенок.

Подставив эти значения в уравнение (8) и разделив обе его части на  $m$ , получим следующее уравнение движения частицы по гребенке, отклоненной назад на угол  $\alpha$ :

$$\frac{du^2}{dt^2} + 2f\omega \frac{du}{dt} - \omega^2 u - f\omega^2 R \sin \alpha = 0 . \quad (10)$$

### Выводы

Полученное дифференциальное уравнение можно использовать для анализа перемещения частицы зерносоловистой массы по гребенке в зависимости от окружной скорости, размеров очесывающего барабана, угла установки очесывающей гребенки и подбора оптимальных значений перечисленных параметров, что позволяет устраниить не только ранний сброс очесанного материала, но и другие негативные процессы.

---

## Библиографический список

1. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Н.И. Кленин, В.А. Сакун. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Колос, 1980. – 671 с.
2. Ковлягин Ф.В. Уборка зерновых культур методом очеса / Ф.В. Ковлягин, Г.Г. Маслов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1991. – № 8. – С. 5–6.
3. Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства / А.П. Тарасенко, В.Н. Солнцев, В.П. Гребнев [и др.]; под общ. ред. А.П. Тарасенко. – Москва : КолосС, 2004. – 552 с.
4. Механизация растениеводства / В.Н. Солнцев, А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский [и др.] ; под общ. ред. В.Н. Солнцева. – Москва : ИНФРА-М, 2016. – 383 с.
5. Сабличков М.В. Сельскохозяйственные машины. Ч. 2. Основы теории и технологического расчета / М.В. Сабличков. – Москва : Колос, 1968. – 296 с.
6. Савин В.Ю. Определение состава очесанного вороха при уборке пшеницы с использованием прицепного очесывающего устройства / В.Ю. Савин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4 (51). – С. 96-99.
7. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины ; под общ. ред. Г.Е. Листопада. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 688 с.
8. Солнцев В.Н. Агробиологические и технологические аспекты снижения потерь семян люцерны при уборке : монография / В.Н. Солнцев. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. – 123 с.
9. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин : учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения / Е.С. Босой и др. ; под общ. ред. Е.С. Босого. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1978. – 568 с.
10. Уборка урожая комбайнами «Дон» / Э.И. Липкович и др. – Москва : Росагропромиздат, 1989. – 220 с.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ Принадлежность к организации

Владимир Юрьевич Савин – кандидат технических наук, доцент кафедры гидромашин и гидропневмоавтоматики, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», Калужский филиал, Российская Федерация, г. Калуга, тел. 8(4842) 77-45-02, E-mail: savin.study@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 13.03.2017

Дата принятия к печати 26.05.2017

## AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Vladimir Yu. Savin – Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Hydraulic Machines and Pneumatic Automation, Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Russian Federation, Kaluga, tel. 8(4842) 77-45-02, E-mail: savin.study@yandex.ru.

Date of receipt 13.03.2017

Date of admittance 26.05.2017