

К ВЫБОРУ ПРОФИЛЯ ГРЕБЕНКИ ОЧЕСЫВАЮЩЕГО БАРАБАНА

Владимир Юрьевич Савин

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

Одним из основных геометрических параметров гребенки очесывающего барабана, определяющих возможность устойчивого очеса растений и транспортирования вороха, является форма профиля гребенки. Прямолинейная форма представляет собой наиболее простой вариант профиля гребенки. При исследовании движения зерновой массы по гребенке прямолинейного профиля были обозначены возможные негативные процессы, одним из которых является ранний сброс порции очесанного вороха с гребенки, что приводит к потерям зерна. Выделен частный случай взаимного расположения гребенки и колоса растения в момент очеса – случай максимального смещения области очеса конкретного растения к концу гребенки. Данную область обозначили как критическую зону очеса. Рассмотрены схемы взаимодействия колоса с гребенкой прямолинейной формы, расположенной радиально, и гребенкой с криволинейной передней поверхностью, отогнутой вперед. На основании условия равновесия тела на шероховатой поверхности показана возможность скольжения гребенки по колосу в начальный момент их взаимодействия. Анализ схем показал, что в начальный момент воздействия на колос гребенка прямолинейной формы практически не будет скользить относительно колоса. При этом будет происходить разрушение связей зерна с колосом, т. е. начнется процесс очеса. Порция очесанного материала не успеет сформироваться для последующего направленного движения. При этом неизбежен ранний сброс вороха. Выявленное преимущество гребенки с криволинейной передней поверхностью состоит в возможности скольжения колоса по гребенке в рабочую зону очеса и формировании порции вороха для последующего направленного перемещения по гребенке и нормального выброса. При этом ранний сброс вороха минимизируется.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: уборка зерновых, очесывающее устройство, очесывающий барабан, очесывающая гребенка, профиль гребенки.

RATIONALE FOR CHOOSING THE PROFILE OF STRIPPING FINGERS OF THE STRIPPING CYLINDER

Vladimir Yu. Savin

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch

One of the main geometric parameters of the stripping fingers of the stripping cylinder, which determine the possibility of sustainable combing of plants and transportation of the heap, is a profile shape of the stripping fingers. The simplest version of the profile is generally admitted as rectilinear. While investigating, the author defined possible negative processes in the motion of grain heap along straight stripping fingers, namely the early discharge of a portion of the combings from the stripping fingers, which leads to grain losses; identified a special case of the mutual arrangement of the stripping fingers and the ear of the plant, i.e. the case of maximum displacement of the combing area of the plant to the end of the stripping fingers. This area was designated as a critical zone of the process. The author analyzed the scheme of interaction of the ear and radially located straight stripping fingers, and the variant of interaction of the ear and the stripping fingers with bent forward curved front surface. On account of equilibrium of a body on a rough surface, the possibility of sliding of the stripping fingers along the ear at the initial moment of their interaction was discussed. The analysis of the schemes showed that at the initial moment rectilinear stripping fingers didn't slide along the ear. At the same time, there occurred the destruction of grain connection with the ear, i.e. the process of stripping began. Due to the lack of the time period, the portion of the stripping mass didn't form the heap that could be moved further, and thus the early discharge of a portion of the combings from the stripping fingers is inevitable. The advantages of the stripping fingers with bent forward curved front surface are obvious, i.e. the ears can slide easily along the stripping fingers into the workspace of the stripping device, as well as the stripping mass can be formed for further motion along the stripping fingers and for normal discharge of the heap. In this case, an early discharge of the heap can be minimized.

KEYWORDS: grain crop harvesting, stripping device, stripping cylinder, stripping fingers, profile shape.

Очесывающий барабан очесывающего устройства для уборки зерновых культур выполняет две основные функции:

- очес растений;
- транспортирование очесанного вороха.

Раскрывая функцию транспортирования очесывающего барабана, можно отметить следующее. Схему движения зерновой массы после очеса определяет конструктивно-технологическая схема очесывающего устройства. Укрупненно можно выделить две схемы движения очесанной массы.

При реализации первой схемы происходит перемещение хлебной массы от гребенок к специализированному транспортирующему органу: шнековому или цепочно-планчатому транспортеру. Такая схема используется в зерноуборочных комбайнах с очесывающими адаптерами [1, 10, 12] и предназначена для прицепных очесывающих устройств [2, 4, 5, 9].

Вторая схема предложена для создания компактного прицепного очесывающего устройства для уборки зерновых культур. Данная схема предполагает использование очесывающего барабана с гребенками для швырково-пневматического транспортирования очесанной массы непосредственно в прицеп-емкость [6, 9].

В соответствии с функциями, которые выполняет гребенка очесывающего устройства, она должна удовлетворять как требованиям, предъявляемым к очесу растений, так и требованиям к транспортированию хлебной массы. При этом потери зерна не должны превышать норм, установленных агротехническими требованиями к уборке [3, 13].

Одним из основных геометрических параметров гребенки очесывающего барабана, определяющих возможность устойчивого очеса растений и транспортирования вороха, является форма профиля гребенки. Прямолинейная форма представляет собой наиболее простой вариант профиля гребенки.

При рассмотрении движения зерновой массы по гребенке прямолинейного профиля были обозначены возможные негативные процессы [7]. Одним из таких процессов является ранний сброс порции очесанного вороха с гребенки, что приводит к потерям зерна. Для минимизации появления раннего сброса зерновой массы рассмотрены разные варианты установки прямых гребенок: радиально, с наклоном вперед, с наклоном назад. Также получено дифференциальное уравнение движения частицы по гребенке, отклоненной назад [8].

Рассматривая проблему раннего сброса очесанного вороха с гребенки, необходимо отметить частный случай взаимного расположения гребенки и колоса растения в момент очеса. При максимальном смещении зоны очеса конкретного растения к концу гребенки порция очесанного вороха не успевает сформироваться для последующего направленного перемещения по гребенке. При этом неизбежен ранний сброс вороха с гребенки. Назовем указанную зону гребенки критической зоной очеса.

Минимальное расстояние между точкой начала очеса и концом гребенки l_{\min} (рис. 1) зависит от радиуса очесывающего барабана, угловой скорости гребенки, коэффициента трения частицы о поверхность гребенки. Данный параметр можно определить, используя дифференциальное уравнение движения частицы по гребенке [8].

В рамках исследования явления раннего сброса очесанного вороха рассмотрим схемы взаимодействия колоса с гребенкой прямолинейной формы, расположенной радиально, и гребенкой с криволинейной передней поверхностью. Исследование сведем к задаче на равновесие тела на шероховатой поверхности. Данную задачу решим геометрически.

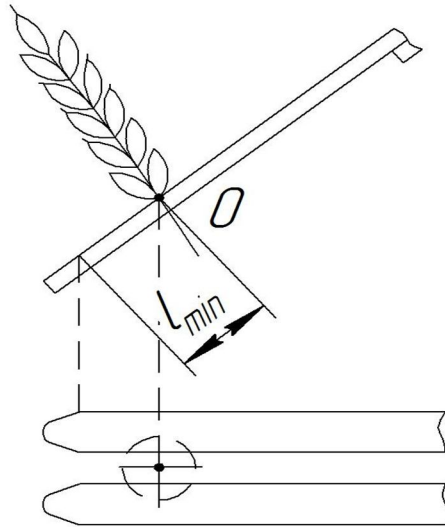


Рис. 1. Схема, поясняющая порядок отсчета минимального расстояния между точкой начала очеса и концом гребенки l_{min}

На рисунке 2 приведена схема взаимодействия гребенки Γ прямолинейной формы с колосом. Точка O гребенки контактирует с колосом. Силу реакции R можно разложить на составляющие: нормальную реакцию N и силу трения F_{mp} . Нормальная реакция N направлена по нормали к поверхности соприкосновения гребенки и колоса и в данном случае перпендикулярна плоскости гребенки. В качестве активной силы выступает сила F , прижимающая гребенку к колосу и действующая по линии скорости гребенки в точке контакта с колосом.

Максимальная сила трения гребенки о колос равна

$$F_{mp} = Nf, \quad (1)$$

где f – коэффициент трения скольжения.

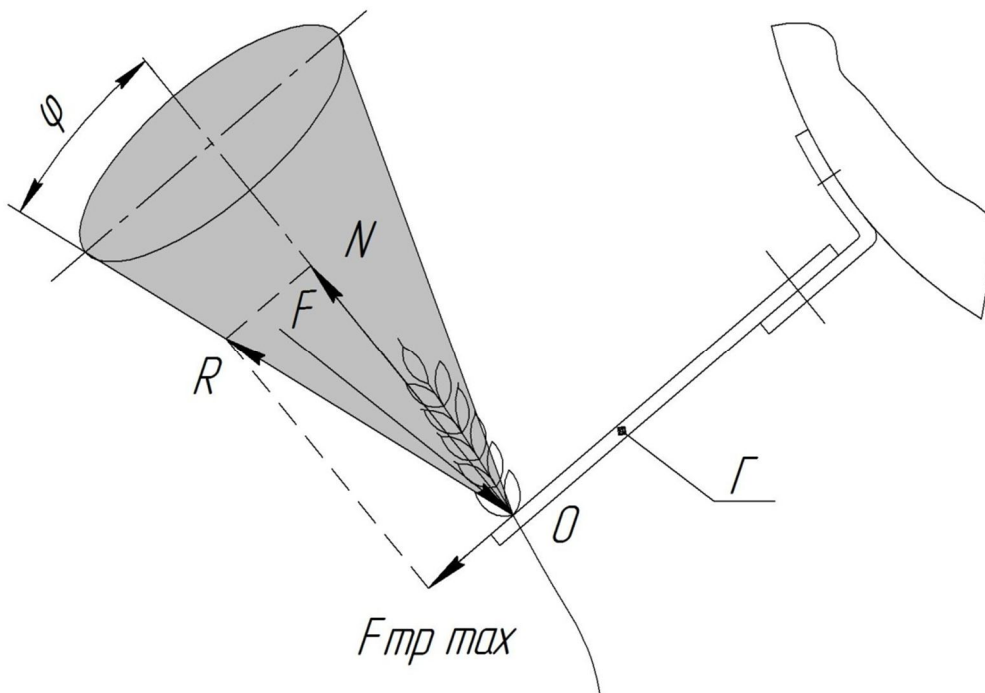


Рис. 2. Схема взаимодействия гребенки прямолинейной формы с колосом

Коэффициент трения стеблей зерновых культур зависит от их влажности и при скольжении по шлифованной стали в среднем равен 0,35 в начале движения [7, 11]. Рассматривая схему взаимодействия колоса с гребенкой, удобно пользоваться такими понятиями, как угол трения φ и конус трения. Для нахождения угла трения φ , являющегося углом между полной реакцией R , построенной на наибольшей силе трения при данной нормальной реакции и направлением нормальной реакции N , воспользуемся известной зависимостью

$$\operatorname{tg} \varphi = f. \quad (2)$$

Угол трения φ для указанного коэффициента трения составит $19,3^\circ$.

Для решения задачи равновесия на схеме показан конус трения, описанный полной реакцией, построенной на максимальной силе трения, вокруг направления нормальной реакции.

Как видно на рисунке 2, активная сила F находится внутри конуса трения. Исходя из условия равновесия тела на шероховатой поверхности колос в данном случае не выводится из равновесия, т. е. в начальный момент воздействия на колос гребенка прямолинейной формы практически не будет скользить относительно колоса. При этом будет происходить разрушение связей зерна с колосом, т. е. начнется процесс очеса.

С учетом указанного частного случая расположения колоса в зоне, приближенной к концу гребенки, порция очесанного материала не успеет сформироваться для последующего направленного движения. При этом неизбежен ранний сброс вороха.

Рассмотрим схему взаимодействия колоса с гребенкой, расположенной радиально и имеющей криволинейную переднюю поверхность и прямой участок у основания (рис. 3).

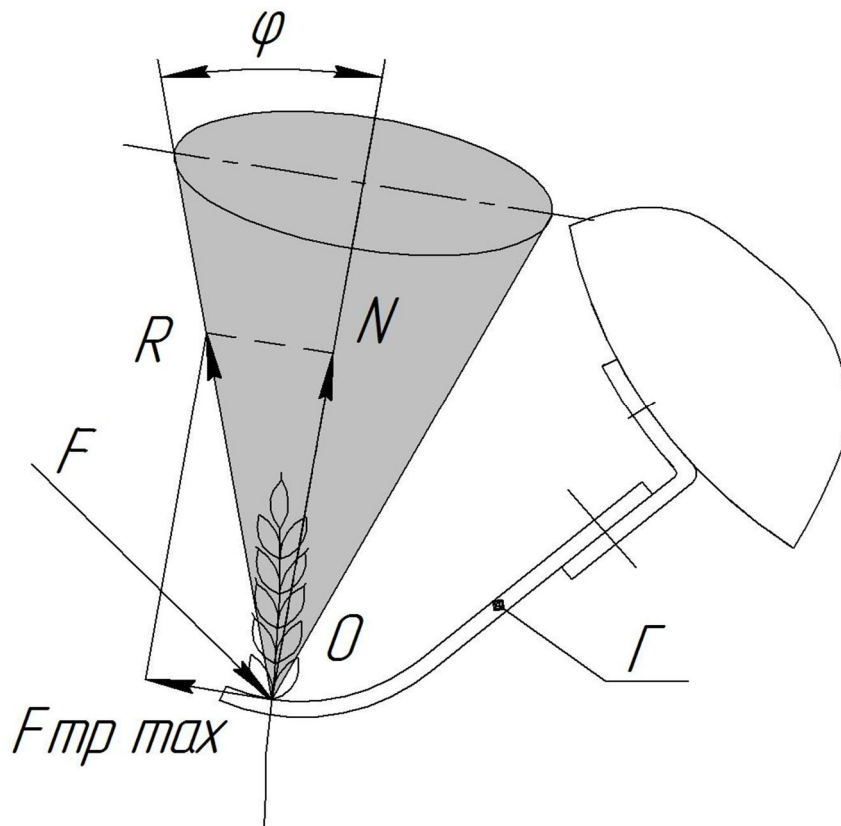


Рис. 3. Схема взаимодействия гребенки с криволинейной передней поверхностью

Изменение профиля гребенки, т. е. появление криволинейной передней поверхности, отогнутой вперед, напрямую влияет на взаимное расположение конуса трения и

активной силы. В данном случае активная сила не проходит внутри конуса трения или по его образующей и колос не находится в равновесии.

Согласно представленной схеме точка O колоса, контактирующая с гребенкой, имеет возможность двигаться по гребенке к ее основанию на определенном участке. Данный участок определяется формой профиля криволинейного участка.

На рисунке 4 показано перемещение колоса под действием активной силы F из точки O в точку O_1 . В точке O_1 образующая конуса совпадает с направлением действия активной силы F . Система гребенка – колос переходит в положение равновесия, скольжение колоса прекращается, начинается процесс очеса.

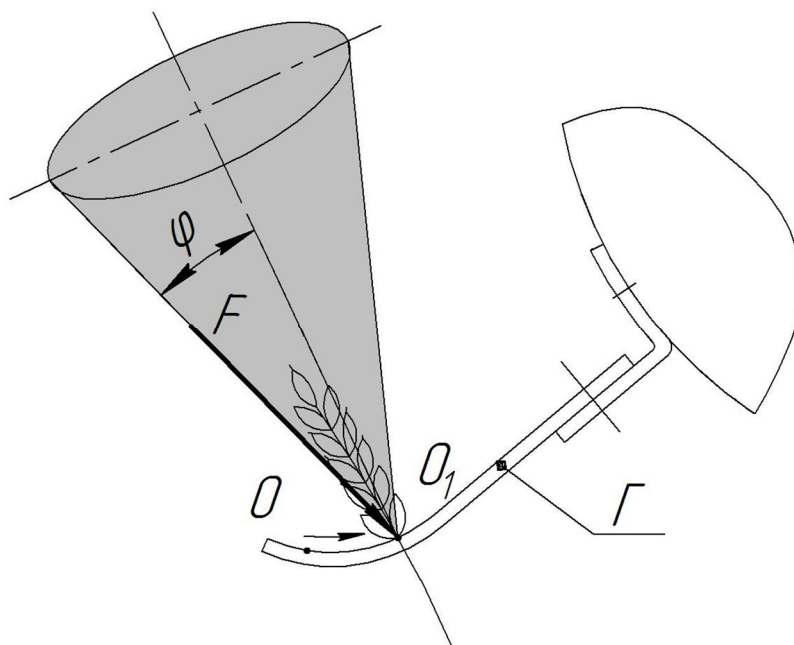


Рис. 4. Схема перемещения колоса из точки O в точку O_1

Преимущество данного типа профиля гребенки состоит в следующем. В частном случае расположения зоны начала взаимодействия конкретного растения с очесывающим барабаном в критической зоне до начала очеса происходит процесс скольжения колоса по гребенке в рабочую зону очеса. Под рабочей зоной очеса понимается зона гребенки, в которой очесанный материал успевает сформироваться в порцию вороха для последующего направленного перемещения по гребенке и нормального выброса.

Заключение

Анализ начала процесса взаимодействия гребенки и колоса позволил выделить две характерные зоны гребенки: критическую зону очеса и рабочую зону очеса. Расположение и размеры данных зон можно определить, используя дифференциальное уравнение движения частицы по гребенке.

В результате изучения начального этапа процесса взаимодействия гребенок двух различных профилей и колоса в критической зоне гребенки сделаны следующие выводы.

Прямолинейная форма гребенки не допускает скольжения стебля из критической зоны в рабочую зону очеса. Вследствие этого возможен ранний сброс очесанного вороха с гребенки.

Преимущество гребенки с криволинейной передней поверхностью состоит в возможности скольжения колоса по гребенке в рабочую зону очеса и формировании порции вороха для последующего направленного перемещения по гребенке и нормального выброса.

Библиографический список

1. Ковлягин Ф.В. Уборка зерновых культур методом очеса / Ф.В. Ковлягин, Г.Г. Маслов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1991. – № 8. – С. 5–6.
2. Леженкин А.Н. Машина с очесывающим устройством / А.Н. Леженкин // Сельский механизатор. – 2004. – № 12. – С. 9.
3. Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства : учебник / А.П. Тарасенко, В.Н. Солнцев, В.П. Гребнев и др. – Москва : КолосС, 2006. – 552 с.
4. Пат. 160947 Российская Федерация (на полезную модель), МПК А01D 41/08 (2006.01). Прицепная уборочная машина / Солнцев В.Н., Ахматов А.А., Пивоваров А.А. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ. – № 2015141606/13, заявл. 30.09.2015 ; опубл. 10.04.2016, Бюл. № 10. – 3 с.
5. Пат. 2299550 Российская Федерация, МПК А01D 41/08 (2006.01). Прицепная уборочная машина / Бурьянов А.И. и др.; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации и электрификации сельского хозяйства. – № 2005136845/12; заявл. 25.11.2005 ; опубл. 27.05.2007, Бюл. № 15. – 6 с.
6. Пат. 2656414 Российская Федерация, МПК А01D 7/10, А01D 41/08 (2006.01). Прицепное очесывающее устройство / Савин В.Ю., Алакин В.М., заявитель и патентообладатель Савин В.Ю., Алакин В.М. – № 2016140996 ; заявл. 18.10.2016 ; опубл. 05.06.2018, Бюл. № 11. – 5 с.
7. Сабликов М.В. Сельскохозяйственные машины. Ч. 2. Основы теории и технологического расчета / М.В. Сабликов. – Москва : Колос, 1968. – 296 с.
8. Савин В.Ю. Выбор основных параметров барабана очесывающего устройства / В.Ю. Савин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2 (53). – С. 100–104.
9. 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.
10. Солнцев В.Н. Технологии и технические средства в сельском хозяйстве : учеб. пособие / В.Н. Солнцев, В.И. Орбинский. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – 302 с.
11. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин : учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения ; под ред. Е.С. Босого. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1978. – 568 с.
12. Уборка зерновых культур методом очеса / П.А. Шабанов и др. // Техника в сельском хозяйстве. – 1985. – № 8. – С. 12.
13. Уборка урожая комбайнами «Дон» / М.К. Комарова (сост.). – Москва : Росагропромиздат, 1989. – 220 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Владимир Юрьевич Савин – кандидат технических наук, доцент кафедры тепловых двигателей и гидромашин Калужского филиала ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», Россия, г. Калуга, e-mail: savin.study@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 06.01.2019

Дата принятия к печати 28.01.2019

AUTHOR CREDENTIALS

Affiliations

Vladimir Yu. Savin, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Heat Engines and Hydraulic Machines, Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Russia, Kaluga, e-mail: savin.study@yandex.ru.

Received January 06, 2019

Accepted January 28, 2019