

УДК 631.17; 633.1

UDK 631.17; 633.1

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОЛОСА РАСТЕНИЯ С ЗУБЬЯМИ ОДНОБАРАБАННОЙ НАВЕСНОЙ НА КОМБАЙН ЖАТКОЙ ПРИ УБОРКЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ОЧЕСОМ**

**INVESTIGATION OF PLANT STALK INTERACTION WITH TEETH OF ONE-DRUM COMBINE MOUNTED HEADER WHILE HARVESTING OF CROPS THROUGH STRIPPING**

Бурьянов Михаил Алексеевич  
*Северо-Кавказский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Россельхозакадемии, Зерноград, Россия*

Burianov Mikhail Alekseevitch  
*North-Caucasus research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture of Russian Academy of Agriculture, Zernograd, Russia*

В статье приведен метод определения параметров начальной скорости движения зерновки после её отрыва от колоса при очесе зерновых колосовых культур однобарабанной жаткой. Проиллюстрированы зависимости изменения нормальной и тангенциальной составляющих скорости зерновки от параметров и режимов работы жатки и характеристик хлебостоя

In the article, a method of determining of initial ear motion velocity parameters after its separation from the stalk when stripping of grain crops with one-drum header is considered. The dependences of changes of normal and tangential component of ear's velocity upon the parameters and operation regimes of the header and breadstand characteristics are illustrated

Ключевые слова: ОЧЕС, ОДНОБАРАБАННАЯ ЖАТКА, ПАРАМЕТРЫ, РЕЖИМЫ, ОЧЕСЫВАЮЩИЙ ЗУБ, КОЛОС, УДАРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ, ЗЕРНОВКА, СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПОСЛЕ ОТРЫВА

Keywords: STRIPPING, ONE-DRUM HEADER, PARAMETERS, REGIMES, STRIPPING TOOTH, STALK, SHOCK INTERACTION, MOTION VELOCITY AFTER SEPARATION

Рассматриваем очес зерновых колосовых культур протягиванием колосьев через щель или отверстие на граблинах, закрепленных на вращающихся барабанах очесывающего устройства. Очесывающие граблины снабжены зубьями, боковые кромки которых расположены параллельно друг к другу, либо в виде «ласточкиного хвоста» с отверстием в местах их соединения. Зубья, закрепленные на граблине, могут располагаться по радиусу барабана, либо наклонены вперед по ходу вращения барабана (рисунок 1).

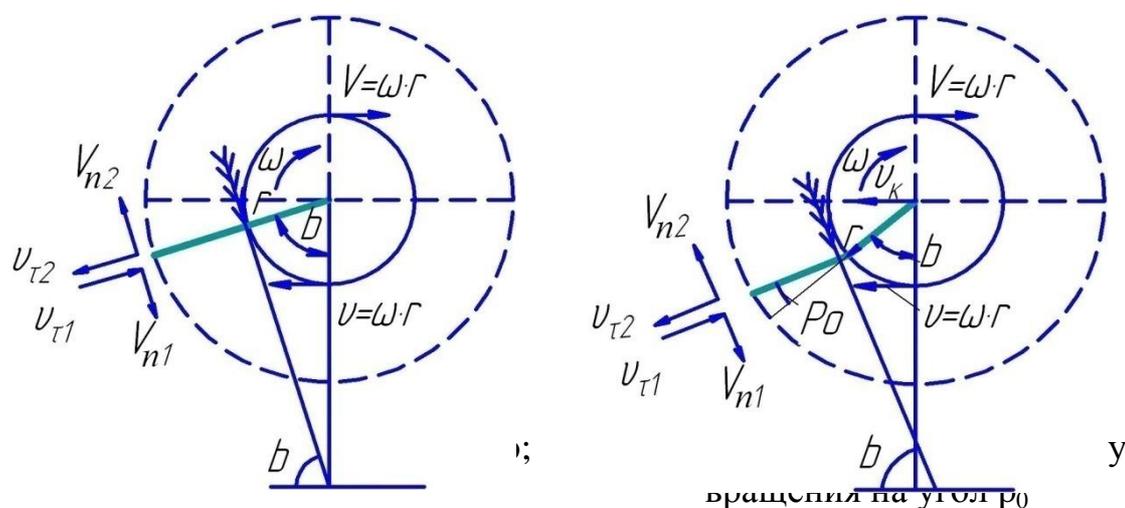


Рисунок 1 - Схема взаимодействия колоса с зубом

Процесс работы очесывающей жатки рассматриваем как ряд последовательных взаимозависимых этапов, в котором выходные параметры предыдущего этапа являются входными данными для последующего. Первый этап, взаимодействие стебля очесываемого растения с зубьями очесывающего барабана подробно рассмотрены Шабановым П.А. в работе [1]. Второй этап, взаимодействие колоса очесываемого растения с зубьями очесывающего барабана был рассмотрен этим же автором в работе [2]. При разработке математической модели процесса взаимодействия колоса с зубьями был рассмотрен вариант, когда очесывающие зубья являются продолжением радиусов барабана, а вектор скорости зерновки после отрыва направлен по касательной к окружности, проведенной через точку контакта колоса с зубом. Третий этап, движение зерновки после отрыва, уже исходя из того, что зерновка после отрыва движется по очесывающему зубу, но с начальной скоростью, равной нулю рассмотрен в работах [3; 4]. При таком допущении игнорируется факт, что зерновка обладает упругими свойствами. Четвертый этап, движение зерновки после ее схода с зуба до момента контакта с внутренней

поверхностью переднего кожуха жатки. В зависимости от угла наклона вектора скорости к поверхности кожуха в точке их контакта, зерновка либо будет скользить по ней по направлению к интегрирующему шнеку, либо произойдет упругий удар в результате которого изменится и величина и направление скорости, Из сказанного выше следует, что для разработки математической модели процесса функционирования навесной на комбайн однобарабанной очесывающей жатки. необходимо иметь математический аппарат, описывающий процесс взаимодействия колоса и зерновки с зубьями очесывающего барабана, чему и посвящена настоящая работа

Рассмотрим процесс взаимодействия колоса и зерновки с зубьями очесывающего барабана.

Стебель растения, попавший между очесывающими зубьями, в процессе их движения по нему колеблется, как показано в работе [1]. Волна, возникающая на стебле при движении по нему торцевых кромок очесывающих зубьев, обеспечивает их контакт до момента встречи с колосом. Отрыв зерновки от колоса при форме зубьев, боковые кромки которых расположены параллельно друг другу, происходит по всей длине зуба. При втором варианте формы зуба, отрыв зерновки происходит в отверстии.

Колос, имея более высокие показатели жесткости, под действием силы инерции контактирует с торцами очесывающих зубьев, а сила, возникающая в процессе его контакта с вращающимися с барабаном, и движущимися вместе с жаткой очесывающими зубьями, отделяет зерновку от колоса. Справедливость такого утверждения подтверждается тем, что выделение зерна из колоса происходит в образованной кромками, расположенных рядом зубьев очесывающей щели, ширина которой на граблинах, эксплуатируемых в условиях производства жаток, как правило, больше, чем толщина колоса, а также результатами

выполненных нами опытов на лабораторной установке, в которых при быстром протаскивании стебля с колосом, через зубья жестко закрепленного на штативе фрагмента неподвижной граблины, выделение зерна из колоса было эпизодическим.

Если, инерционные силы недостаточны для разрушения связи зерна с колосом, а результирующая действующих на него сил в месте контакта будет направлена под углом большим угла трения, то он переместится до упора в торец зубьев, и отделение зерна произойдет на этом участке граблины.

При взаимодействии зубьев с колосом происходит ударное воздействие на зерновку. Стержень, связывающий зерновку с колосом, растягивается до тех пор, пока связь не разрушится, а зерновка до момента разрушения связи будет испытывать сжатие. Величина сжимающего зерновку усилия, равна величине усилия, разрушающего её связь с колосом. В соответствии с теорией удара и учетом того, что масса вращающегося очесывающего барабана многократно больше массы зерновки, импульс силы, необходимый для отделения зерновки от колоса равен разности ее количества движения после удара и до него. Так как зерновка с колосом до удара была неподвижна, то скорость очесывающего зуба, необходимая для ее отделения от колоса, определит величину импульса силы, обеспечивающего как отрыв, так и сжатие зерновки. Известно, что степень связи зерновки с колосом зависит от вида и сорта убираемой культуры стадии ее созревания, влажности и др. Поэтому более достоверные результаты численного значения скорости, при которой обеспечивается отделение зерновки от колоса, можно получить на лабораторной установке, моделируя процесс очеса различных культур.

В работе [1] предлагается определять значение «критической» скорости по следующей формуле:

$$V_{\text{êđ}} \approx 4 \sqrt{\frac{EJ_{\text{ñđ}}}{l \left( m_1 + \frac{m_2}{3} \right)}}$$

(1)

где  $m_1$  и  $m_2$  - масса колоса и стебля;

$J_{\text{сп}}$ ;  $E$ ;  $l$  - момент инерции, модуль упругости и длина стебля.

Зная максимальное значение усилия, необходимого для отрыва зерна от колоса окружную скорость можно определить, используя динамическую теорию Г.Герца [5]. В частности метод расчета, основанный на аналогии статического и динамического сжатия, предложен в [6]. Зависимости между максимальным усилием и скоростью соударения зерна приведены в этой работе для пшеницы влажностью 11.5%.

После отрыва от колоса тело зерновки, деформированное в процессе удара, восстанавливает свою форму. Как видно из рисунка 1, зона возможного контакта зерновки с зубом составляет примерно четверть поверхности очесывающего барабана, а отклонение от перпендикуляра, проведенного к плоскости зуба, линии действия отрывающей зерновку от колоса силы, может достигать значений, близких углу трения. Следовательно, вектор скорости зерновки после ее отрыва от колоса не будет перпендикулярен плоскости зуба. Так как направление и скорость движения зерновки после ее отрыва от колоса являются важнейшими характеристиками, обеспечивающими ее перемещение в ложе интегрирующего шнека, для их определения предложен метод, базирующийся на основе гипотезы сухого трения [7]:

$$V_{\tau 2} - V_{\tau 1} = \pm f (V_{n 2} - V_{n 1}) \quad (2)$$

где  $V_{\tau 2}; V_{\tau 1}; V_{n 2}; V_{n 1}$  - тангенциальная и нормальная составляющие

зерновки до и после удара;

$f$  – коэффициент сухого трения колоса по зубу.

Применяя эту гипотезу, полагали, что колос с зерновкой до удара перемещается по закону движения зуба, а зуб остается неподвижным. Тогда скорость движения зерновки с колосом относительно поверхности очесывающего зуба в случае

его радиального расположения:

$$V_{n1} = \omega \cdot r + V_{\hat{e}} \cdot \cos b$$

(3)

$$V_{\tau 1} = V_{\hat{e}} \cdot \sin b \tag{4}$$

где  $\omega$  - частота вращения барабана;

$r$  - радиус-вектор очеса;

$V_{\hat{e}}$  - скорость движения агрегата;

$b$  - угол поворота радиус-вектора от нижнего положения

Коэффициент восстановления скорости:

$$\hat{E} = \frac{V_{n2}}{V_{n1}} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} \tag{5}$$

где  $h_1; h_2$  - высоты падения и «подскока» зерновки при эксперименте.

Тогда нормальная и тангенциальная составляющие зерновки после удара:

<http://ej.kubagro.ru/2011/03/pdf/02.pdf>  $\cdot (\omega \cdot r + V_{\hat{e}} \cdot \cos b)$

(6)

$$V_{\tau 2} = V_{\hat{\epsilon}} \cdot \sin b + f \cdot (\omega \cdot r + V_{\hat{\epsilon}} \cdot \cos b) \cdot (1 - K) \quad (7)$$

Если зубья очесывающего барабана наклонены под углом  $P_0$  то нормальная и тангенциальная составляющие зерновки:

до удара –

$$V_{n1} = \omega \cdot r \cdot \cos P_0 + V_{\hat{\epsilon}} \cdot \cos( b + P_0 ) \quad (8)$$

$$V_{\tau 1} = \omega \cdot r \cdot \sin P_0 + V_{\hat{\epsilon}} \cdot \cos( b + P_0 ) \quad (9)$$

после удара –

$$V_{n2} = K \cdot [\omega \cdot r \cdot \cos P_0 + V_{\hat{\epsilon}} \cdot \cos( b + P_0 )] \quad (10)$$

$$V_{\tau 2} = \omega \cdot r \cdot \sin P_0 + V_{\hat{\epsilon}} \cdot \sin( b + P_0 ) + f (\omega \cdot r \cdot \cos P_0 + V_{\hat{\epsilon}} \cdot \cos( b + P_0 )) \cdot (1 - K) \quad (11)$$

На рисунках 2 и 3 представлены зависимости нормальной и тангенциальной составляющих скорости движения зерновки после отрыва от колоса, вычисленные по зависимостям (10) и (11) при уборке озимой пшеницы, зерно которой отличается упругими свойствами. Величина коэффициента восстановления варьирует в широких пределах даже для одного сорта растения, поэтому оценка степени влияния этого фактора на параметры процесса очеса имеет большое значение.

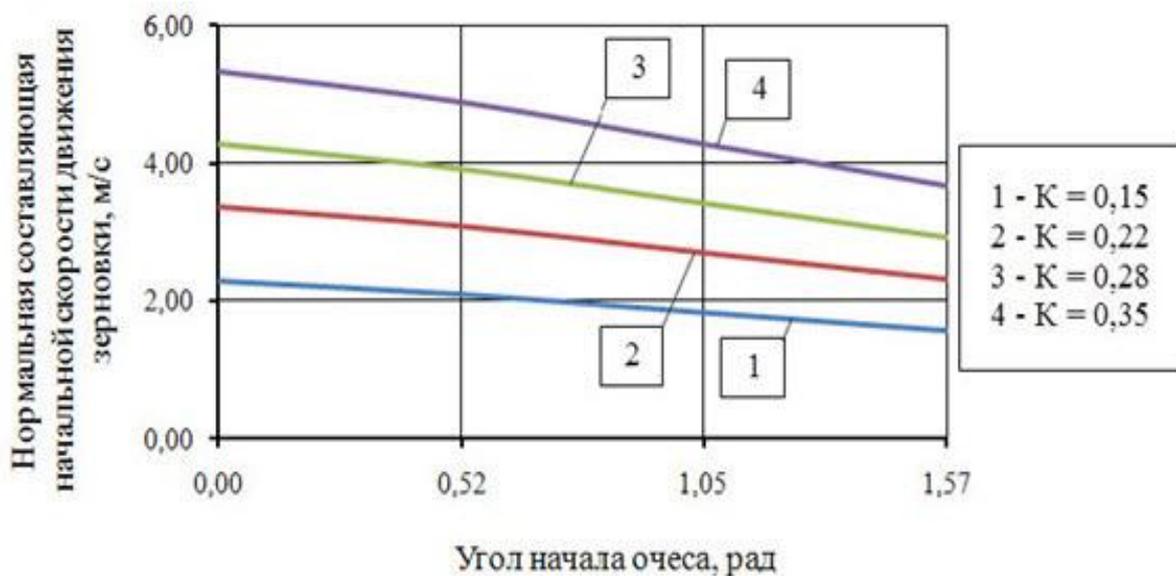


Рисунок 2 Зависимости нормальной составляющей начальной скорости зерновки  $V_{n2}$  от угла начала очеса  $b$ , и коэффициенте восстановления зерновки

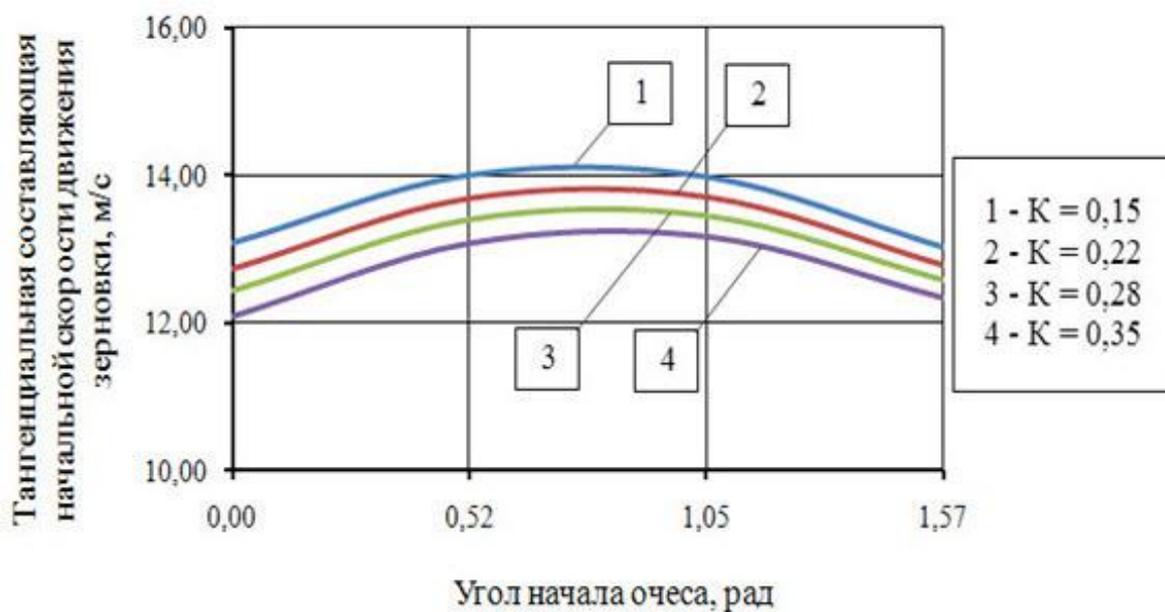


Рисунок 3 Зависимости тангенциальной составляющей начальной скорости зерновки  $V_{t2}$  от угла начала очеса  $b$  и коэффициента восстановления зерновки  $K$

Нормальная и тангенциальная составляющие скорости движения зерновки после отрыва от колоса являются соответственно составляющими ее начальной скорости в процессе движения к интегрирующему шнеку.

В зависимости от формы зуба и очесывающих канавок между ними, тангенциальная составляющая  $V_{\tau 2}$ , будет направлена либо к центру барабана, либо от него по поверхности зуба. При этом в первом случае зерновка встречает торцевой бурт зуба, ударяется и ее скорость гасится. При направлении тангенциальной составляющей от центра вращения барабана она будет являться начальной скоростью движения зерновки по зубу.

Нормальная составляющая  $V_{n2}$  зерновки после удара частично гасится за счет сил трения о стержень колоса и расположенный выше колосок с зернами, а так же создает условия для подскока зерновки на зубе. Как показано выше, движение зерновки по зубу после её отделения от колоса может быть рассмотрено путем составления дифференциального уравнения, схема решения которого предложена [8].

Из представленных зависимостей видно, что минимальное значение нормальной и тангенциальной составляющих при угле начала очеса, равном 1.57 рад.

## ВЫВОДЫ

1. Предложенный метод позволяет оценить влияние параметров, режимов работы очесывающего устройства и характеристик хлебостоя на величину и направление начальной скорости движения зерновки после ее отрыва от колоса.

2. При уборке зерновых культур очесом в нормальных погодных условиях значения тангенциальной составляющей скорости движения зерновки после отрыва от колоса, изменяясь в зависимости от угла начала очеса и <http://ej.kubagro.ru/2011/03/pdf/02.pdf>

ее коэффициента восстановления в диапазоне 12-14.2 м/с. в 2.5-7 раз превышают значения нормальной составляющей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шабанов П. А. Исследование движения стебля с малой жесткостью в процессе очеса / П. А. Шабанов // Совершенствование уборки и послеуборочной обработки зерна: Труды / ЧИМЭСХ.- Челябинск, 1981. Вып.168- С. 28-36.
2. Шабанов П.А. Определение зависимости некоторых параметров очесывающего устройства от состояния стеблестоя / П.А. Шабанов // Комплексная механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства: Сб. статей. / РИСХМ. – Ростов-на-Дону, 1978. – С. 39-47.
3. Шаршунов В.А. Обоснование схем и параметров очесывающего рабочего органа для уборки зернобобовых культур / В.А. Шаршунов, А.А. Миренков, С.В. Лох // Механизация и электрификация. – 1986. - №9. – С. 47-50.
4. Мороз М.М. Обґрунтування параметрів та режимів роботи обчисуючої жатки для збирання зернових колосових культур: Дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Кіровоградський держ. технічний ун-т. — Кіровоград, - 2001. — 185 арк. — Бібліогр.: арк. – С. 133-142.
5. Кильчевский Н.А. Теория соударения твердых тел / Н. А Кильчевский – Киев: Наукова думка. - 1969. – С.
6. Бородин Д. Н. Расчет параметров контактного взаимодействия зерен с/х. культур с поверхностью в зависимости от скорости удара / Д.Н. Бородин, И.С. Седов, С.У. Селимханов // Состояние и перспективы сельскохозяйственного машиностроения. // Материалы международной научно-практической конференции 4-5 марта 2010 г., г. Ростов-на-Дону. В рамках международной агропромышленной выставки «Интерагромаш» 2010. Электронная версия. Ростов-на-Дону. - 2010.
7. Кобринский А.Е. Виброударные системы / А.Е. Кобринский, А.А. Кобринский.- М.: Наука, 1973.-592с.
8. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М.Василенко.- Киев: УАСХН. – 1960.-283с.