

Обоснование параметров малогабаритной молотилки для обмолота початков кукурузы

Хажметова Залина Лиуановна

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет»

Адрес: 360030, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 1 «в»

E.mail: a.khazhmetova@mail.ru

Шекихачев Юрий Ахметханович

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет»

Адрес: 360030, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 1 «в»

E.mail: shek-fmer@mail.ru

Хажметов Лиуан Мухажевич

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет»

Адрес: 360030, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 1 «в»

E.mail: hajmetov@yandex.ru

Шекихачева Людмила Зачиевна

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет»

Адрес: 360030, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 1 «в»

E.mail: sh-ludmila-z@mail.ru

Одно из ведущих мест среди зерновых и кормовых культур занимает кукуруза. Из нее производят около 3500 видов продукции. Эта культура имеет большое значение как высоко энергетический корм для всех видов животных и птиц. В процессе производства зерна кукурузы наиболее трудоемким является сбор урожая – 60...80% от общих трудозатрат. В последнее наиболее трудоемким этапом сбора кукурузы является обмолот початков, качество которого характеризуется двумя основными показателями – травмированием зерна и недомолотом початков. На данный момент разработано большое количество молотилок различных по принципам и технологическими схемами обмолота. Существующие молотилки имеют большую производительность и предназначены для обмолота значительных объемов початков кукурузы. Однако в структуре выращивания кукурузы значительное место занимают небольшие посевы в частном секторе. После сбора початков кукурузы их обмолачивают вручную или изготавливают разнообразные ручные и механические молотилки. Кроме того, в настоящее время, когда еще недостаточно изучена физическая природа процесса обмолота молотилками кукурузы и недостаточно разработана их теория, распределение молотилок по принципу обмолота ударом или перетиранием является не полным. В связи с этим в статье обоснована конструктивно-технологическая схема малогабаритной молотилки, обеспечивающей обмолот початков кукурузы в обертке при минимальном травмировании зерен. В результате теоретических исследований установлены рациональные значения конструктивно-технологических параметров разработанного молотильного устройства: влажность початков 12...22%; частота вращения молотильного барабана 300...400 мин⁻¹; высота зубьев 12...18 мм; шаг зубьев 3...8 мм..

Ключевые слова: кукуруза, початок, молотилка, обмолот, семена, травмирование, эффективность

Введение

Обработка початков семенной кукурузы после уборки одна из важнейших и энергетических операций.

В технологиях послеуборочной обработки урожая кукурузы наиболее важные и энергоемкие – очистка и обмолот початков. Аналитические

материалы свидетельствуют об отсутствии в настоящее время машин, обеспечивающих обмолот початков кукурузы в обертке с соблюдением предъявляемых требований (Елизаров, 2005).

Известные на данный момент конструкции кукурузных молотилок характеризуются высокой энергоемкостью, имеют низки производительность и

эффективностью сортирования конечного продукта на фракции. Принцип их работы основан на сжатии зерен, что сопровождается их травмированием. Кроме того, молотильные устройства не способны обмолачивать початки кукурузы в обертке.

Как известно, травмированный семенной материал снижает урожайность сельскохозяйственных культур, вследствие чего имеет место значительный недобор зерна¹. Как следствие – существенные потери всего зернового производства России (Arazhev, et al., 2019; Бумбар & Кувшинов, 2017; Курасов & Погосян, 2015; Курасов, Куцеев, Самурганов, 2013; Петунина, 2006; Петунина, 2007; Кувшинов, Бумбар, & Лонцева, 2018).

Следует отметить, что травмирование семян особо заметно влияет на урожайность в холодные и влажные весенние периоды, которые характерны для Северо-кавказского региона, являющейся основным производителем семян кукурузы.

В связи с изложенным, усовершенствование технологии послеуборочной переработки кукурузы с разработкой инновационного молотильного устройства, позволяющего обмолачивать початки кукурузы в обертке с минимальным травмированием семян является актуальной.

Принцип работы известных устройств для обмолота урожая кукурузы заключается в том, что происходит затягивание в рабочее пространство между барабаном и декой, и одновременное ее сжатие, которое сопровождается травмированием зерен, в результате чего снижается их всхожесть (Кувшинов & Бумбар, 2018; Петунина, Короткин, Курасов, & Плешаков, 2018; Погосян, 2017; Смольников & Бумбар, 2019).

Накопленный опыт показывает, что вальцовые молотилки более целесообразно использовать в процессе селекции и первичного семеноводства. Однако эти молотилки не способны обмолачивать початки кукурузы в обертке (Измайлов & Евтушенков, 2016; Курасов, Погосян, & Цыбулевский, 2018; Погосян, 2015; Погосян & Курасов, 2016; Погосян, 2017а; Погосян, 2017б).

Из анализа способов, устройств и рабочих органов дробилок початков кукурузы и научных трудов

ученых было установлено, что влияние конструкции рабочих органов молотилки на производительность, затраты мощности на обмолот, а также качество обмолоченного зерна и изучения их недостаточно. Поэтому возникла необходимость либо модернизации существующих молотилок, либо разработки новых конструкций, а также оптимизации их геометрических параметров и режимов эксплуатации.

В связи с вышеизложенным, выдвинута научная гипотеза: повышение качества обмолота кукурузных початков можно достичь путем определения оптимальных параметров и режимов эксплуатации малогабаритного молотильного устройства, обеспечивающего выдавливание зерен кукурузы из початка силами трения между початками и инерционными силами.

Результаты и их обсуждение

Предлагаемая молотилка представлена^{2,3} на Рисунке 1. Условно разделим процесс обмолота на три фазы. Первая фаза – загрузка початков в приемный бункер. Вторая фаза – початки располагаются на поверхности диска молотильного аппарата. В течение этой фазы происходит обмолот початков. В конце этой фазы обмолоченный материал подается на выгрузку. Третья фаза – обмолоченный материал выгружается из молотильного устройства.

В ходе второй фазы (Рисунок 2) початки, которые поступили на диск молотильного аппарата в результате действия центробежных сил, заполняют полость цилиндрического барабана.

В данном случае процесс обмолота не зависит от взаимного расположения початков. Допустим, что початок подается на диск, который не имеет начальной скорости. Тогда движение початка будет происходить под действием сил трения F и центробежных сил P_e :

$$F = f_1 mg \quad (1)$$

$$P_e = mr_0 \omega^2 \quad (2)$$

где f_1 – коэффициент трения в системе «зерно-диск»; m – масса початка, кг; g – ускорение

¹ Федоренко, В. Ф., Буклагин, Д. С., Колчина, Л. М., Мишуров, Н. П., Гольяпин, В. Я., & Кузьмина, Т. Н. (2009). Машины для селекции, сортоиспытания и первичного семеноводства полевых культур: Каталог. М.: ФГБНУ Росинформагротех.

² Хажметов, Л. М., Шекихачев, Ю. А., Апажев, А. К., Ашибоков, Д. У., Фиапшев, А. Г., Кильчукова, О. Х., Хажметова, З. Л., Нотов, Р. А., & Тарчокова, М. А. (2014). Патент РФ № 146606. Малогабаритная молотилка для обмолота початков кукурузы в обертке. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ.

³ Хажметова, З. Л., Шекихачев, Ю. А., & Хажметов, Л. М. (2016). Инновационная технология и технические средства для обмолота початков кукурузы. В Каталог инновационных разработок КБГАУ (с. 21-22). Нальчик: КБГАУ.

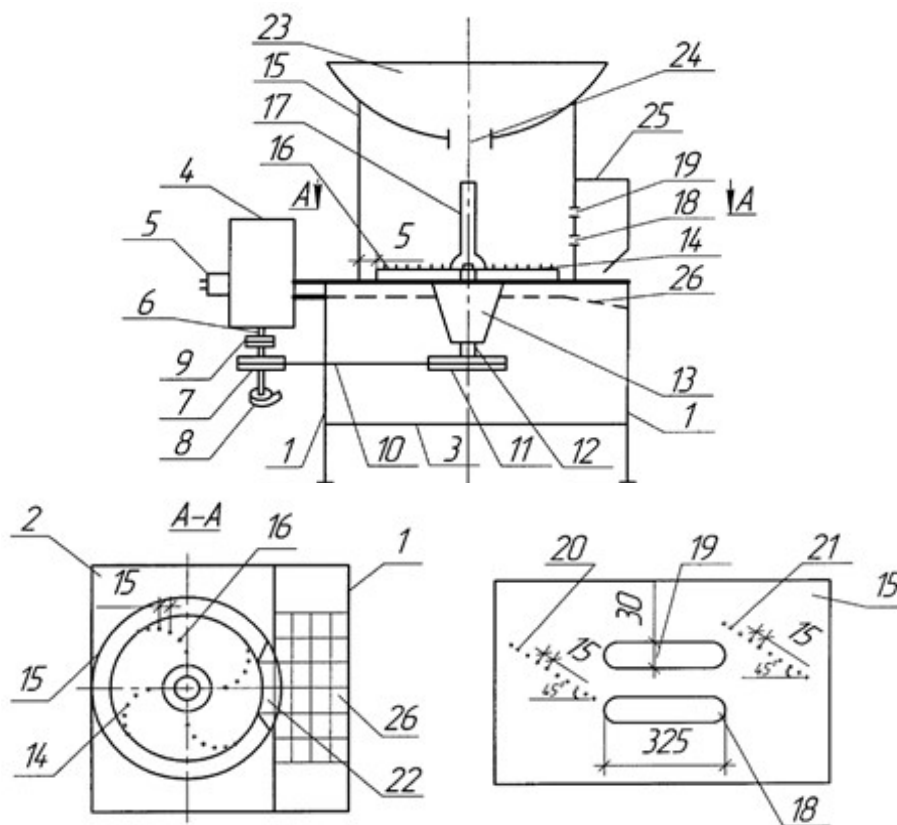


Рисунок 1. Схема молотилки: 1 – стойка; 2 – основание; 3 – перемычка; 4 – привод; 5 – пульт управления; 6 – вал привода; 7 – шкив ведущий; 8 – вентилятор; 9 – муфта; 10 – ременная передача; 11 – шкив ведомый; 12 – вал; 13 – подшипниковый узел; 14 – обмолачивающий барабан; 15 – цилиндрический барабан; 16, 20, 21 – зубья; 17 – стержень; 18, 19 – пазы; 22 – вырез

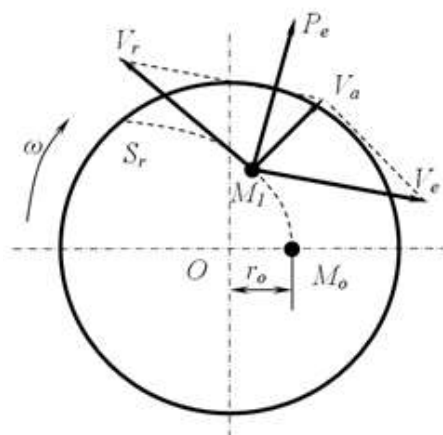


Рисунок 2. Процесс движения початка по поверхности диска

силы тяжести, m/c^2 ; r_o – расстояние между центром диска и точкой контакта початка с диском, м; ω – угловая скорость вращения диска, c^{-1} .

Уравнение равновесия точки M_0 таково:

$$P_e - F = 0 \quad (3)$$

Учитывая выражения (1) и (2) из уравнения (3) имеем:

$$mr_o\omega^2 - f_1mg = 0 \quad (4)$$

Отсюда угловая скорость вращения диска будет равна:

$$\omega = \sqrt{\frac{f_1g}{r_o}}. \quad (5)$$

С учетом того, что

$$\omega = \frac{\pi n_{\min}}{30}, \quad (6)$$

получим зависимость для расчета минимального числа оборотов диска:

$$n_{\min} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{f_1g}{r_o}}. \quad (7)$$

При превышении этого значения початки будут перемещаться по поверхности диска по траектории, имеющей спиралевидную форму S_r . После встречи початка с зубом возможны два варианта: или початок движется вдоль зуба, или происходит упру-

гий удар. Эти варианты определяются величиной угловой скорости диска и физико-механическими свойствами початка (Курасов, Погосян, Плешаков, Самурганов, 2017; Труфляк, 2007; Цримов, 2007).

На початок, движущийся по поверхности диска, действуют следующие силы (Рис. 3):

– тяжести:

$$G = mg;$$

– центробежная:

$$P_e = m\omega^2;$$

– трения:

$$F = fmg;$$

– Кориолиса:

$$F_{\dot{\varepsilon}} = 2m\omega V_r,$$

где V_r – скорость относительного движения початка, м/с.

Движение початка в направлении зубьев будет описываться дифференциальным уравнением вида:

$$m\ddot{\varepsilon} = P_e - F - F_{\dot{\varepsilon}}, \quad (12)$$

Учитывая выражения (9), (10) и (11), имеем:

$$m\ddot{\varepsilon} = mr\omega^2 - f_1mg - 2m\omega\dot{\varepsilon}, \quad (13)$$

или

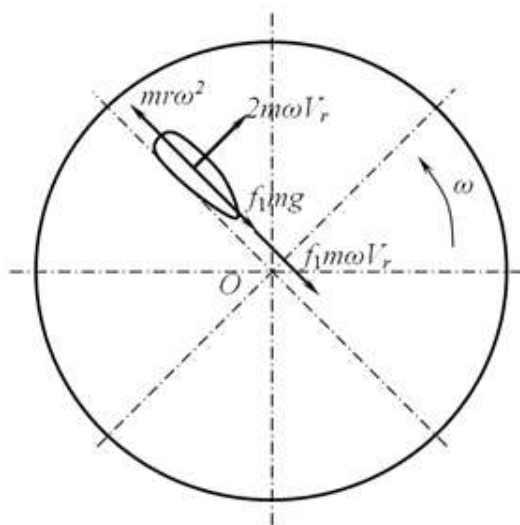


Рисунок 3. Схема действующих на початок сил

$$\ddot{\varepsilon} = r\omega^2 - f_1g - 2\omega\dot{\varepsilon}. \quad (14)$$

С учетом того, что

$$r = \varepsilon + r_0, \quad (15)$$

где ε – путь початка вдоль зубьев, м,

можно записать:

$$m\ddot{\varepsilon} = m\omega^2(\varepsilon + r_0) - f_1mg - 2m\omega\dot{\varepsilon}, \quad (16)$$

или

$$\ddot{\varepsilon} = \omega^2\varepsilon + \omega^2r_0 - f_1g - 2f_1\omega\dot{\varepsilon}, \quad (17)$$

или

$$\ddot{\varepsilon} + 2f_1\omega\dot{\varepsilon} - \omega^2\varepsilon = \omega^2r_0 - f_1g. \quad (18)$$

Характеристическое уравнение левой части линейного неоднородного уравнения второго порядка (18) имеет вид:

$$\lambda^2 + 2f_1\lambda\omega - \omega^2 = 0. \quad (19)$$

Корнями являются значения, рассчитываемые по выражениям:

$$\lambda_1 = \omega(\sqrt{1 + f_1^2} - f_1), \quad (20)$$

$$\lambda_2 = -\omega(\sqrt{1 + f_1^2} + f_1). \quad (21)$$

Таким образом, общим решением уравнения (18) таково:

$$\varepsilon = C_1e^{\lambda_1 t} + C_2e^{\lambda_2 t}, \quad (22)$$

где C_1 и C_2 – произвольные постоянные.

Частное решение дифференциального уравнения определится при $\varepsilon = B$ с учетом того, что $\dot{\varepsilon} = 0$ и $\ddot{\varepsilon} = 0$. Имеем:

$$\omega^2 B = r_0\omega^2 - f_1g. \quad (23)$$

Из (23) имеем:

$$B = r_0 - \frac{f_1g}{\omega^2}. \quad (24)$$

Тогда с учетом (24) дифференциальное уравнение (18) перепишем в виде:

$$\varepsilon = C_1e^{\lambda_1 t} + C_2e^{\lambda_2 t} + r_0 - \frac{f_1g}{\omega^2}. \quad (25)$$

При $t = 0$, $\varepsilon = \dot{\varepsilon} = 0$:

$$\varepsilon = \left(\frac{f_1 g}{\omega^2} - r_o \right) \left[\left(\frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} \right) (\lambda_2 e^{\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{\lambda_2 t}) - 1 \right]. \quad (26)$$

Таким образом, скорость относительного движения початка вдоль зубьев молотильного аппарата будет равна:

$$\dot{\varepsilon} = V_r = \left(\frac{f_1 g}{\omega^2} - r_o \right) \left[\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{\lambda_1 t} - e^{\lambda_2 t}) \right]. \quad (27)$$

При перемещении початков по секторам к краям молотильного аппарата, они при соприкосновении с зубьями перемещаются вверх, опрокидываются, вследствие чего происходит заполнение пространства между защитным кожухом и аппаратом.

Обмолот осуществляется в результате того, что початки совершают сложное движение под воздействием сил трения и сил, возникающих при их взаимном зацеплении. Кроме того, початки поворачиваются вокруг своей оси и зубьев (Рисунок 4).

В процессе обмолота возникают силы P_1 и P_2 , равные:

$$\bar{P}_1 = \bar{F} + \bar{F}_k, \quad (28)$$

$$\bar{P}_2 = \bar{P}_e + \bar{G}. \quad (29)$$

Разрушение зерновой ножки произойдет при соблюдении условия:

$$\operatorname{tg} 2\alpha > \frac{2 \operatorname{tg} \phi}{1 - \operatorname{tg}^2 2\phi} = \frac{2f}{1 - f^2}. \quad (30)$$

Эффективность обмолота початков определяется направлением центробежной силы, причем чем они ближе к краю диска, тем больше ее влияние (Цримов А.З., 2007). В случае действия центробежной силы выше центра початка, процесс обмолота существенно интенсифицируется, что имеем место при условии:

$$r_n < a < d_n, \quad (31)$$

где r_n и d_n – соответственно, радиус и диаметр початка, м.

Обрушенные зерна высыпаются через щель между диском и цилиндрическим барабаном и по выгрузному желобу поступают на дальнейшую обработку, а стержни через выгрузное окно удаляются из аппарата (Рисунок 5). При этом стержень массой m движется под действием силы тяжести G и силы сопротивления воздуха R_0 по уравнению:

$$m \ddot{X} = -R_0 (\dot{X})^2. \quad (32)$$

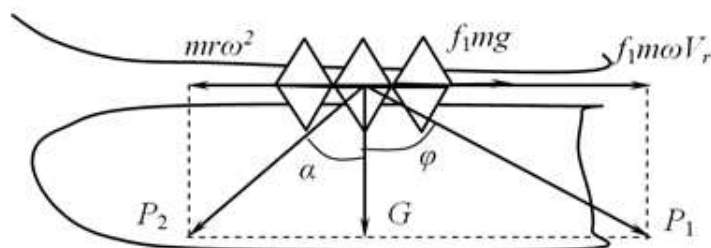


Рисунок 4. Схема действующих сил при обмолоте початков

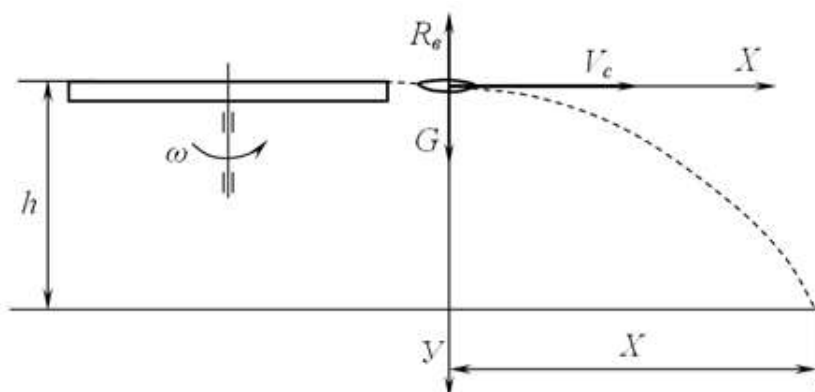


Рисунок 5. Схема к установлению дальности полета стержня

Сила R_0 равна:

$$R_0 = k \frac{\gamma}{g} F (\dot{X})^2, \quad (33)$$

где k – коэффициент сопротивления воздуха; γ – удельный вес воздуха, кг/м³; F – миделево сечение стержня, которое равно:

$$F = \frac{\pi d_c^2}{4}, \quad (34)$$

где d_c – диаметр стержня, м.

Из уравнения (32) имеем:

$$\ddot{X} = -\frac{k\gamma\pi d_c^2}{4mg} (\dot{X})^2 = -k_n (\dot{X})^2, \quad (35)$$

где k_n – коэффициент парусности:

$$k_n = -\frac{k\gamma\pi d_c^2}{4mg}. \quad (36)$$

Решим уравнение (35) методом понижения его порядка. Для этого примем $\dot{X} = V$. В этом случае:

$$\ddot{X} = \frac{dV}{dX} V. \quad (37)$$

Подставив (37) в (35), получим:

$$V \frac{dV}{dX} = -k_n V^2, \quad (38)$$

или

$$\frac{dV}{dX} = -k_n V.$$

Разделяем переменные:

$$\frac{dV}{V} = -k_n dX. \quad (39)$$

Результат интегрирования уравнение (39):

$$\ln V = -k_n X + \ln C_3,$$

или

$$\ln V = \ln e^{-k_n X} + \ln C_3,$$

где C_3 – произвольная постоянная.

Потенцируя (40), получим:

$$V = C_3 e^{-k_n X}. \quad (41)$$

Постоянная C_3 определится с учетом того, что при $X = 0$ скорость стержня $V = V_c$. Таким образом, уравнение полета стержня в окончательном виде таково:

$$V = V_c e^{-k_n X}. \quad (42)$$

Определим дальность полета стержня X . Для этого запишем уравнение (42) в следующей форме:

$$\frac{dX}{dt} = V_c e^{-k_n X}, \quad (43)$$

или

$$e^{k_n X} dX = V_c dt.$$

В результате интегрирования имеем:

$$\frac{1}{k_n} e^{k_n X} = V_c t + C_4, \quad (44)$$

где C_4 – произвольная постоянная.

Постоянная C_4 определится при $t = 0$ и $X = 0$:

$$C_4 = \frac{1}{k_n}. \quad (45)$$

Учитывая (45), уравнение (44) запишется в виде:

$$\frac{1}{k_n} e^{k_n X} = V_c t + \frac{1}{k_n}. \quad (46)$$

Осуществив некоторые преобразования, отсюда получим:

$$k_n X = \ln(k_n V_c t + 1). \quad (47)$$

Выражение (47) позволяет получить уравнение дальности полета стержня:

$$X = \frac{\ln(k_n V_c t + 1)}{k_n}. \quad (48)$$

Пренебрегая сопротивлением воздуха, время падения стержня будет равно:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad (49)$$

где h – высота падения стержня, м.

С учетом этого, уравнение дальности полета стержня примет вид:

$$X = \frac{\ln\left(k_n V_c \sqrt{\frac{2h}{g}} + 1\right)}{k_n}. \quad (50)$$

Зерно кукурузы можно считать не вполне упругим телом (Труфляк, 2007; Цримов, 2007), поэтому максимальную силу его удара о зубья можно рассчитать по выражению:

$$P_{\max} = P_{yn} + P_{nl}, \quad (51)$$

где P_{yn} и P_{nl} – силы, соответственно, упругой и пластической деформации, Н.

Используя полуэмпирические методы оценки силы удара и учитывая высокие упругие свойства кукурузных зерен, силой пластической деформации можно пренебречь. С учетом этого, зависимость (51) перепишется в виде:

$$P_{\max} = P_{yn} = \phi \lambda^{1.5}, \quad (52)$$

где ϕ – упруго-геометрический коэффициент, равный.

$$\phi = \frac{n_{\phi}}{\eta \sqrt{\sum K}}, \quad (53)$$

где $n_{\phi} = \frac{1}{\sqrt{8k^3}}$; $\eta = \frac{E_1(1-\mu_2^2) + E_2(1-\mu_1^2)}{E_1 E_2}$; $\sum K = \frac{1}{\rho_{11}} + \frac{1}{\rho_{12}}$; A_1 и A_2 – модули упругости, соответ-

ственно, зерна и материала зуба, Па; μ_1 и μ_2 – коэффициенты Пуассона, соответственно, зерна и материала зуба; $\sum K$ – суммарная кривизна в окрестности контакта зерна и зуба, м; k – коэффициент, определяемый физико-механическими свойствами зерна; ρ_{11} и ρ_{12} – главные радиусы кривизны зерна, м.

Таким образом, максимальная сила удара будет равна:

$$P_{yn} = \frac{(1,14n_{\phi}E)^{0,4}}{\left(\frac{2(\alpha^2 + \gamma^2)}{\alpha^2 \gamma^2 B_z} + \frac{1}{r}\right)^{0,2}} \cdot (1,25mV^2)^{0,6}, \quad (54)$$

где $\hat{A}_z$ – ширина зерна, м; α и γ – коэффициенты, определяемые физико-механическими свойствами зерна.

Выводы

Разработано малогабаритное молотильное устройство, позволяющее производить обмолот початков кукурузы с оберткой и без при минимальном травмировании зерен.

Установлены рациональные конструктивно-технологические параметры разработанного устройства: влажность початков 12...22%; частота вращения молотильного барабана 300...400 мин⁻¹; высота зубьев 12...18 мм; шаг зубьев 3...8 мм.

Литература

- Бумбар, И. В., & Кувшинов, А. А. (2017). К оценке обмолота початков кукурузы бильным барабаном зернового комбайна. *Дальневосточный аграрный вестник*, 3, 183-191.
- Елизаров, В. П. (2005). *Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве: Сборник*. М.: Росинформ-агротех.
- Измайлов, А. Ю., & Евтюшенков, Н. Е. (2016). Механизация селекционно-опытной работы. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*, 4, 4-9.
- Кувшинов, А. А., & Бумбар, И. В. (2018). Совершенствование обмолота кукурузы в условиях Амурской области. В *Материалы всероссийской научно-практической конференции «Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития»* (ч. 1, с. 109-111). Благовещенск: Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та.
- Кувшинов, А. А., Бумбар, И. В., & Лонцева, И. А. (2018). Совершенствование обмолота кукурузы зерноуборочным комбайном в условиях Амурской области. *АгроЭкоИнфо*, 1, 40.
- Курасов, В. С., Куцеев, В. В., & Самурганов, Е. А. (2013). *Механизация работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве кукурузы: Монография*. Краснодар: КубГАУ.
- Курасов, В. С., Погосян, В. М., & Цыбулевский, В. В. (2018). Параметры кукурузной селекционной вальцовой молотилки. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 136, 1-14. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-136-001>
- Курасов, В. С., Погосян, В. М., Плешаков, В. Н., & Самурганов, Е. Е. (2017). Исследование движения кукурузного початка в вальцовой молотилке. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*, 69, 315-318.
- Курасов, В. С., & Погосян, В. М. (2015). Основные направления совершенствования аппаратов для обмолота семенной кукурузы. В *Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Инновационные направления в научной и образовательной деятельности»* (с. 83-84). Смоленск: ООО «НОВАЛЕНСО».
- Петунина, И. А. (2006). *Обмолот початков кукурузы: Монография*. Краснодар: КубГАУ.
- Петунина, И. А. (2007). *Очистка и обмолот початков кукурузы: Монография*. Краснодар: КубГАУ.
- Петунина, И. А., Короткин, А. В., Курасов, В. С., & Плешаков, В. Н. (2018). Расчет параметров установки для очистки початков семенной кукурузы. *Сельский механизатор*, 10, 10-11.

- Погосян, В. М. (2015). Селекционная однопочатковая молотилка. *Инновации в сельском хозяйстве*, 2, 145-149.
- Погосян, В. М., & Курасов, В. С. (2016). Обмолот початков кукурузы трехвальцовой молотилкой на этапе селекции. *International Scientific and Practical Conference World Science*, 5(1), 11-13.
- Погосян, В. М. (2017). Тенденции развития аппаратов для обмолота кукурузы. В *Сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции преподавателей Кубанского ГАУ по итогам НИР за 2016 г.* (с. 313-314). Краснодар: КубГАУ.
- Погосян, В. М. (2017а). Обмолот кукурузного початка в вальцовой молотилке. В *Сборник статей по материалам XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края* (с. 436-437). Краснодар: КубГАУ.
- Погосян, В. М. (2017б). Анализ технических средств обмолота початков кукурузы. *Наука Кубани*, 3, 4-11.
- Смольников, Г. К., & Бумбар, И. В. (2019). Совершенствование обмолота кукурузы зерноуборочным комбайном. В *Тезисы докладов всероссийской научно-практической конференции «Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития»* (с. 54). Благовещенск: ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ.
- Труфляк, Е. В. (2007). *Физико-механические свойства кукурузы: Монография*. Краснодар: КубГАУ.
- Цримов, А. З. (2007). *Параметры и режимы работы кукурузной молотилки* (Дисс. канд. техн. наук). Нальчик: ФГОУ ВПО «Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия».
- Apazhev, A. K., Shekikhachev, Y. A., Hazhmetov, L. M., Fiaphev, A. G., Shekikhacheva, L. Z., Napov, Y. S., Hazhmetova, Z. L., & Gabachiyev, D. T. (2019). Scientific justification of power efficiency of technological process of crushing of forages. *Journal of Physics: Conference Series*, 1399(5), 055002. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1399/5/055002>

Substantiation of the Parameters of a Small-Sized Thresher for Threshing Corn Cobs

Zalina L. Khazhmetova

FSBEI HE "Kabardino-Balkarian State Agrarian University"

1 "v", Lenin Ave., Nalchik, 360030, KBR

E-mail: a.khazhmetova@mail.ru

Yuri A. Shekihachev

FSBEI HE "Kabardino-Balkarian State Agrarian University"

1 "v", Lenin Ave., Nalchik, 360030, KBR

E-mail: shek-fmep@mail.ru

Liuan M. Khazhmetov

FSBEI HE "Kabardino-Balkarian State Agrarian University"

1 "v", Lenin Ave., Nalchik, 360030, KBR

E-mail: hajmetov@yandex.ru

Lyudmila Z. Shekikhacheva

FSBEI HE "Kabardino-Balkarian State Agrarian University"

1 "v", Lenin Ave., Nalchik, 360030, KBR

E-mail: sh-ludmila-z@mail.ru

One of the leading places among grain and fodder crops is maize. About 3,500 types of products are produced from it. This crop is of great importance as a high-energy food for all species of animals and birds. In the process of corn grain production, the most labor-intensive is harvesting - 60 ... 80% of the total labor costs. In the latter, the most labor-intensive stage of corn harvesting is the threshing of the cobs, the quality of which is characterized by two main indicators - injury to the grain and under-threshing of the cobs. At the moment, a large number of threshers have been developed, different in principles and threshing technological schemes. The existing threshers have a large capacity and are designed to thresh large volumes of corn cobs. However, in the structure of maize cultivation, a significant place is occupied by small crops in the private sector. After the corn cobs are harvested, they are threshed by hand or a variety of hand and mechanical threshers are made. In addition, at the present time, when the physical nature of the process of threshing corn with threshers has not yet been sufficiently studied and their theory has not been sufficiently developed, the distribution of threshers according to the principle of threshing by blow or grinding is not complete. In this regard, the article substantiates a constructive and technological scheme of a small-sized thresher, which provides threshing of corn cobs in a wrapper with minimal injury to the grains. As a result of theoretical studies, rational values of the design and technological parameters of the developed threshing device have been established: moisture content of the cobs 12 ... 22%; threshing drum rotation frequency 300 ... 400 min⁻¹; the height of the teeth is 12 ... 18 mm; tooth pitch 3 ... 8 mm.

Keywords: corn, ear, thresher, threshing, seeds, injury, efficiency

References

- Bumbar, I. V., & Kuvshinov, A. A. (2017). K otsenke obmolota pochatkov kukuruzy bil'nyim barabanom zernovogo kombaina [To the evaluation of the threshing of corn cobs with the beater drum of a grain harvester]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik* [Far Eastern Agrarian Bulletin], 3, 183-191.
- Elizarov, V. P. (2005). *Iskhodnye trebovaniya na bazovye mashinnye tekhnologicheskie operatsii v rastenievodstve: Sbornik* [Initial requirements for basic machine technological operations in crop production: Collection]. Moscow: Rosinformagrotekh.
- Izmailov, A. Yu., & Evtyushenkov, N. E. (2016). Mekhanizatsiya selektsionno-opytnei raboty [Mechanization of selection and experimental work]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaistva* [Mechanization and Electrification of Agriculture], 4, 4-9.
- Kuvshinov, A. A., & Bumbar, I. V. (2018). Sovershenstvovanie obmolota kukuruzy v usloviyakh Amurskoi oblasti [Improving the threshing of corn

- in the conditions of the Amur region]. In *Materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Agropromyshlennyy kompleks: problemy i perspektivy razvitiya»* [Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Agroindustrial Complex: Problems and Development Prospects"] (Part. 1, pp. 109-111). Blagoveshchensk: Izd-vo Dal'nevostochnogo gos. agrarnogo un-ta.
- Kuvshinov, A. A., Bumbar, I. V., & Lontseva, I. A. (2018). Sovershenstvovanie obmolota kukuruzy zernouborochnym kombainom v usloviyakh Amurskoi oblasti [Improving the threshing of corn with a combine harvester in the conditions of the Amur Region]. *AgroEkoInfo* [AgroEcoInfo], 1, 40.
- Kurasov, V. S., Kutseev, V. V., & Samurganov, E. A. (2013). *Mekhanizatsiya rabot v seleksii, sortoispytanii i pervichnom semenovodstve kukuruzy: Monografiya* [Mechanization of work in breeding, variety testing and primary seed production of corn: Monograph]. Krasnodar: KubGAU.
- Kurasov, V. S., Pogosyan, V. M., & Tsybulevskii, V. V. (2018). Parametry kukuruznoi selektsionnoi val'tsovoi molotilki [Parameters of corn selection roller thresher]. *Politematicheskii setevoy elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University], 136, 1-14. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-136-001>
- Kurasov, V. S., Pogosyan, V. M., Pleshakov, V. N., & Samurganov, E. E. (2017). Issledovanie dvizheniya kukuruznogo pochatka v val'tsovoi molotilke [Investigation of the movement of an ear of corn in a roller thresher]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Kuban State Agrarian University], 69, 315-318.
- Kurasov, V. S., & Pogosyan, V. M. (2015). Osnovnye napravleniya sovershenstvovaniya apparatov dlya obmolota semЕННОИ kukuruzy [The main directions of improvement of devices for threshing seed corn]. In *Sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Innovatsionnye napravleniya v nauchnoi i obrazovatel'noi deyatel'nosti»* [Collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference "Innovative directions in scientific and educational activities"] (pp. 83-84). Smolensk: OOO "NOVALENSO".
- Petunina, I. A. (2006). *Obmolot pochatkov kukuruzy: Monografiya* [Threshing corn cobs: Monograph]. Krasnodar: KubGAU.
- Petunina, I. A. (2007). *Ochistka i obmolot pochatkov kukuruzy: Monografiya* [Cleaning and Threshing Corn Cobs: Monograph]. Krasnodar: KubGAU.
- Petunina, I. A., Korotkin, A. V., Kurasov, V. S., & Pleshakov, V. N. (2018). Raschet parametrov ustanovki dlya ochistki pochatkov semЕННОИ kukuruzy [Calculation of plant parameters for cleaning seed corn cobs]. *Sel'skii mekhanizator* [Rural Machine Operator], 10, 10-11.
- Pogosyan, V. M. (2015). Seleksionnaya odnopochatkovaya molotilka [Selection single cob thresher]. *Innovatsii v sel'skom khozyaistve* [Agricultural innovation], 2, 145-149.
- Pogosyan, V. M., & Kurasov, V. S. (2016). Obmolot pochatkov kukuruzy trekhval'tsovoi molotilko na etape seleksii [Threshing of corn cobs with a three-roll thresher at the breeding stage]. *International Scientific and Practical Conference World Science*, 5(1), 11-13.
- Pogosyan, V. M. (2017a). Tendentsii razvitiya apparatov dlya obmolota kukuruzy [Maize Threshing Machine Development Trends]. In *Sbornik statei po materialam 72-i nauchno-prakticheskoi konferentsii prepodavatelei Kubanskogo GAU po itogam NIR za 2016 g.* [Collection of articles based on the materials of the 72nd scientific-practical conference of teachers of the Kuban GAU following the results of research for 2016] (pp. 313-314). Krasnodar: KubGAU.
- Pogosyan, V. M. (2017b). Obmolot kukuruznogo pochatka v val'tsovoi molotilke [Threshing a corn cob in a roller thresher]. In *Sbornik statei po materialam KHI Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoi 95-letiyu Kubanskogo GAU i 80-letiyu so dnya obrazovaniya Krasnodarskogo kraia* [Collection of articles based on the materials of the XI All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University and the 80th anniversary of the founding of the Krasnodar Territory] (pp. 436-437). Krasnodar: KubGAU.
- Pogosyan, V. M. (2017). Analiz tekhnicheskikh sredstv obmolota pochatkov kukuruzy [Analysis of technical means for threshing corn cobs]. *Nauka Kubani* [Science of the Kuban], 3, 4-11.
- Smol'nikov, G. K., & Bumbar, I. V. (2019). Sovershenstvovanie obmolota kukuruzy zernouborochnym kombainom [Improving the threshing of corn with a combine harvester]. In *Tezisy dokladov vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Agropromyshlennyy kompleks: problemy i perspektivy razvitiya»* [Abstracts of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Agroindustrial Complex: Problems and Development Prospects"] (p. 54). Blagoveshchensk: FGBOU VO Dal'nevostochnyi GAU.
- Truflyak, E. V. (2007). *Fiziko-mekhanicheskie svoystva kukuruzy: Monografiya* [Physical and mechanical properties of corn: Monograph]. Krasnodar: KubGAU.
- Tsrimov, A. Z. (2007). *Parametry i rezhimy raboty kukuruznoi molotilki* (Diss. kand. tekhn. nauk) [Parameters and operating modes of the corn thresher]

- (Master's thesis)]. Nal'chik: FGOU VPO «Kabardino-Balkarskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya.
- Apazhev, A. K., Shekikhachev, Y. A., Hazhmetov, L. M., Fiaphev, A. G., Shekikhacheva, L. Z., Напов, Y. S., Hazhmetova, Z. L., & Gabachiyev, D. T. (2019). Scientific justification of power efficiency of technological process of crushing of forages. *Journal of Physics: Conference Series*, 1399(5), 055002. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1399/5/055002>