

DOI 10.35694/YARCX.2020.50.2.0014



## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗЁРЕН ИЗ КОЛОСЬЕВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ВЫТИРАНИЕМ

В.А. Николаев (фото)

д.т.н., доцент, профессор кафедры строительных и дорожных машин

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», г. Ярославль

В.В. Гумённый

доцент кафедры тактики и общевоеенных дисциплин

В.В. Капралов

к.п.н., старший преподаватель кафедры тактики и общевоеенных дисциплин

В.А. Генералов

преподаватель кафедры тактики и общевоеенных дисциплин

ФГБУ МО «Ярославское высшее военное училище

противовоздушной обороны», г. Ярославль

*Извлечение зёрен из колосьев, извлечение зёрен вытиранием, моделирование процесса, кинематические параметры, зависимости параметров*

*Extraction of grains from ears, extraction of grains by wiping, process modeling, kinematic parameters, parameter dependencies*

При работе зерноуборочных комбайнов около половины мощности двигателя расходуют на извлечение зерна из колосьев зерновых культур. Большие затраты энергии на извлечение зерна из колосьев обусловлены необходимостью протаскивания соломы через молотильное устройство, малым рабочим объёмом между барабаном или ротором и декой, а также извлечением зерна из колосьев зерновых культур преимущественно ударом. При ударе происходит также травмирование зерна. Поэтому задача состояла в разработке зерноуборочного комбайна, извлекающего зёрна из колосьев зерновых культур вытиранием.

Попытки создать такой зерноуборочный комбайн, предпринятые ранее, не увенчались успехом в связи с отсутствием теории извлечения зёрен из колосьев зерновых культур вытиранием. Для создания теории извлечения зёрен вытиранием необходимо смоделировать процесс. В качестве образца для моделирования принята верхняя часть тритикале «Торнадо» с колосом. Средний размер зерновок этих культур 2×3×8 мм. Количество зёрен в колосе тритикале от 50 до 90.

Допустим, колос упал на деку, после чего был зажат между рабочей ветвью верхнего транспортёра и декой [1] строго перпендикулярно направлению движения ветви верхнего транспортёра (рис. 1).

На виде сверху зёрна в колосе расположены в шесть рядов. Совместим центр колоса с пикетом «исходное положение» и обозначим угловые точки колоса А, В, Г, Д, Е. Лента верхнего транспортёра движется равномерно (на рисунке вправо). Дека может быть неподвижна или совершать колебания. Допустим, дека, совершая колебания, начала перемещаться от исходного положения встречно (на рисунке влево). Колос будет перекачиваться между рабочей ветвью верхнего транспортёра и декой. Расстояние между лентой верхнего транспортёра

и декой примем постоянным, равным толщине колоса. Перемещая встречно ленту верхнего транспортёра и деку, проанализируем движение колоса.

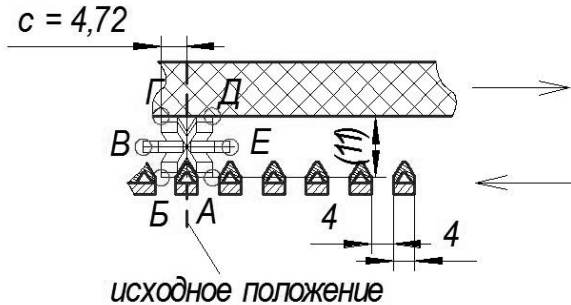


Рисунок 1 – Исходное положение колоса тритикале между лентой верхнего транспортёра и декой

Для эффективного извлечения зерновок колос, при встречном перемещении ленты верхнего транспортёра и деки, должен сделать оборот, то есть повернуться как минимум на 360°. Допустим, что колос не сминается, тогда он будет поворачиваться относительно точек Г, В, Б ... из одного положения в другое (рис. 2). Определим из рисунка углы поворотов колоса из одного положения в другое и перемещение центра колоса.

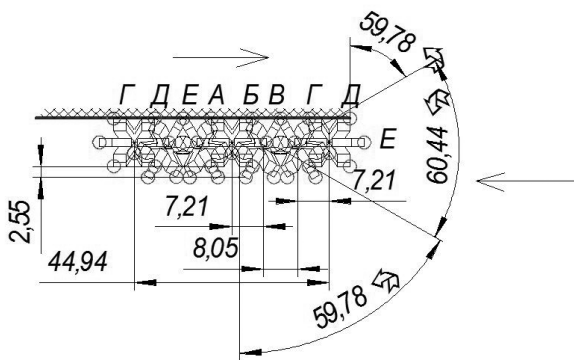


Рисунок 2 – Схема поворота колоса тритикале

Перемещение колоса при его повороте на 360° составит 44,94 мм. Соответственно по этапам 7,21 + 8,05 + 7,21 + 7,21 + 8,05 + 7,21. Из рисунка углы поворота по этапам 59,78° + 60,44° + 59,78° + 59,78° + 60,44° + 59,78°.

Из рисунка 3 определим суммарное перемещение ленты верхнего транспортёра и деки при встречном движении и повороте колоса на 360°.

Из рисунка суммарное перемещение ленты верхнего транспортёра и деки при встречном движении 14,4 + 16,1 + 14,4 + 14,4 + 16,1 + 14,4 = 89,8 мм.

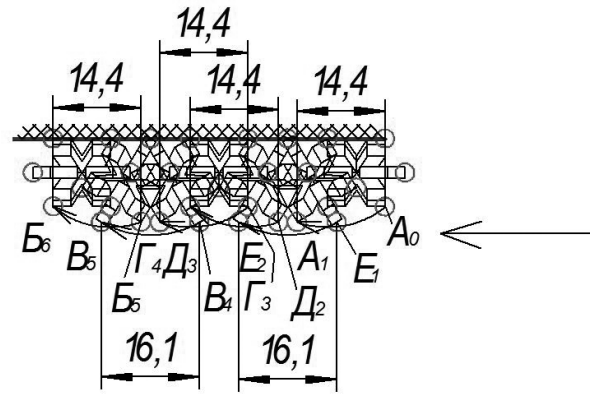


Рисунок 3 – Суммарное перемещение ленты верхнего транспортёра и деки при встречном движении

При встречном перемещении общее перемещение  $S_e$  рабочей ветви верхнего транспортёра и деки:

$$S_e = S_m + S_d, \quad (1)$$

где  $S_m$  – перемещение рабочей ветви верхнего транспортёра;

$S_d$  – перемещение деки.

Из конструктивной компоновки [1] примем амплитуду колебаний деки  $A_d = S_d = 60$  мм. Перемещение деки при встречном движении должно превышать перемещение ленты верхнего транспортёра, чтобы при попутном движении колос совершил поворот в обратную сторону на возможно больший угол для быстрого извлечения зёрен из колоса. Тогда перемещение ленты верхнего транспортёра  $S_m$  за половину периода колебания деки:

$$S_m = 0,5A_d. \quad (2)$$

$$S_m = 30 \text{ мм}; S_e = 90 \text{ мм}.$$

Скорость перемещения колосьев в пространстве между рабочей ветвью верхнего транспортёра и декой должна быть не менее удвоенной скорости перемещения рабочей ветви наклонного транспортёра, иначе перед верхним транспортёром и декой будут скапливаться верхние части растений:

$$v_{em} \geq v_{nm}; v_{em} \geq 1,66 \text{ м/с}.$$

Скорость ленты верхнего транспортёра:

$$v_{em} = \frac{S_m}{\tau_{d0,5}}, \quad (3)$$

где  $\tau_{d0,5}$  – полупериод колебания деки.

Если  $v_{em} = 1,66 \text{ м/с}$ , полупериод колебания деки:

$$\tau_{d0,5} = \frac{S_m}{v_m}; \tau_{d0,5} = 0,018 \text{ с},$$

а период колебания деки  $\tau_d = 0,036$  с.

Угловая скорость ведущего вала верхнего транспортёра:

$$\omega_{em} = \frac{v_{em}}{r_{em}},$$

где  $r_{em}$  – радиус ведущего вала верхнего транспортёра; примем  $r_{em} = 0,05$  м.

$$\omega_{em} = \frac{1,66}{0,05} = 33,2 \text{ рад/с}.$$

Перемещение рабочей ветви транспортёра в любой момент времени  $t$ :

$$s_m = 1,66t, \quad (4)$$

а среднее соотношение угла поворота колоса  $\varphi$  и перемещения рабочей ветви транспортёра:

$$\varphi = 12s_m, \quad (5)$$

поскольку  $360 : 30 = 12$  град/мм.

Примем кривошипно-шатунный привод деки. Так как за половину оборота кривошипа колос делает полный оборот, то в среднем за половину периода колебания деки  $\alpha = 2\varphi$  или

$$\alpha = 6s_m, \quad (6)$$

где  $\alpha$  – угол поворота кривошипа (рис. 4).

Перемещение деки в любой момент времени можно определить из рисунка 4. Радиус полуокружности  $r = 30$  мм, равен половине хода деки.

Перемещение деки:

$$s_d = r(1 - \cos \alpha), \quad (7)$$

или для рассматриваемой конструкции:

$$s_d = 0,03(1 - \cos \alpha). \quad (8)$$

Половина периода колебания деки  $\tau_{d0,5} = 0,018$  с, а период времени перемещения деки из одного положения в другое:

$$t = \frac{\tau_{d0,5}\alpha}{180^\circ}, \quad (9)$$

или для рассматриваемой конструкции:

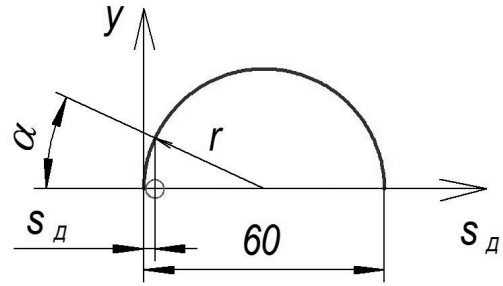


Рисунок 4 – Схема к определению перемещения деки

$$\alpha = 9997t; \quad (10)$$

$$s_d = 0,03(1 - \cos 9997t). \quad (11)$$

На этапе поворота колоса из исходного положения в положение 1 перемещение рабочей ветви верхнего транспортёра и деки при встречном движении  $s_e = 14,4$  мм. Имеем систему уравнений:

$$\begin{cases} s_m = 1,66t \\ s_d = 0,03(1 - \cos 9997t) \\ s_m + s_d = 0,0144 \end{cases}$$

Отсюда  $t_{0-1} = 0,004$  с;  $s_m = 6,8$  мм;  $s_d = 7,4$  мм;  $\alpha \approx 41,2^\circ$ . Перемещение колоса при встречном движении верхнего транспортёра и деки  $s_k = -0,41$  мм, угол поворота колоса  $\varphi = 59,78^\circ$ .

### Вывод

Применение моделирования извлечения зёрен из колосьев зерновых культур вытиранием позволило рассчитать кинематические параметры процесса. Моделирование позволит также рассмотреть перемещение колоса при попутном движении транспортёра и деки и на основе расчётов выявить конструктивные и кинематические параметры транспортёра и деки.

### Литература

1. Пат. 2551106 Российская Федерация. Зерноуборочный комбайн [Текст] / Николаев В.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия». – № 2013148284/13; заявл. 29.10.2013; опубл. 20.05.2015, Бюл. № 14. – 17 с.
2. Орлов, П.И. Основы конструирования [Текст]. Кн. 2 / П.И. Орлов. – М.: Машиностроение, 1988. – 455 с.

### References

1. Pat. 2551106 Rossijskaja Federacija. Zernouborocznyj kombajn [Tekst] / Nikolaev V.A.; zjavitel' i patentoobladelat' FGBOU VPO «Jaroslavskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija». – № 2013148284/13; zjavl. 29.10.2013; opubl. 20.05.2015, Bjul. № 14. – 17 s.
2. Orlov, P.I. Osnovy konstruirovanija [Tekst]. Kn. 2 / P.I. Orlov. – M.: Mashinostroenie, 1988. – 455 s.