



DOI 10.35694/YARCX.2021.53.1.015

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛОСА ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ ИЗ НЕГО ЗЁРЕН МЕТОДОМ ВЫТИРАНИЯ, КОГДА ДЕКА НЕПОДВИЖНА**

*Извлечение зёрен из колосьев, извлечение зёрен вытиранием, неподвижная дека, кинематические параметры, угловая скорость вала*

*Extraction of grains from ears, extraction of grains by wiping, stationary deck, kinematic parameters, shaft angular rate*

В. А. Николаев (фото)

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры строительных и дорожных машин

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

В. В. Гумённый

доцент кафедры тактики и общевоенных дисциплин

В. В. Капралов

канд. пед. наук, старший преподаватель кафедры тактики и общевоенных дисциплин

В. А. Генералов

преподаватель кафедры тактики и общевоенных дисциплин

ФГБУ МО «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны», г. Ярославль

Для создания теории извлечения зёрен вытиранием необходимо смоделировать процесс. Допустим, колос упал на деку, после чего был зажат между рабочей ветвью верхнего транспортёра и декой [1] строго перпендикулярно направлению движения ветви верхнего транспортёра. Дека комбайнов ЗУКОН имеет большую площадь. Для обеспечения надёжности деки необходима пространственно жёсткая конструкция. Если дека будет совершать колебания [2, 3, 4, 5], то её большая масса вызовет появление значительных сил инерции. Расчёты показали, что даже если коэффициент  $k$  необратимости сил инерции небольшой, потребуется значительная энергия для привода деки. Поэтому следует рассмотреть вариант устройства извлечения зёрен из колосьев методом вытирания, когда дека неподвижна (рис. 1).

Дека не совершает колебаний на гидроцилиндрах поддержки жёлоба. Они лишь прижимают деку к ленте верхнего транспортёра. Приёмная часть деки отсутствует. Колосья, падая со скребков наклонного транспортёра, попадают в промежуток между лентой верхнего транспортёра и декой. Лента верхнего транспортёра придаёт им

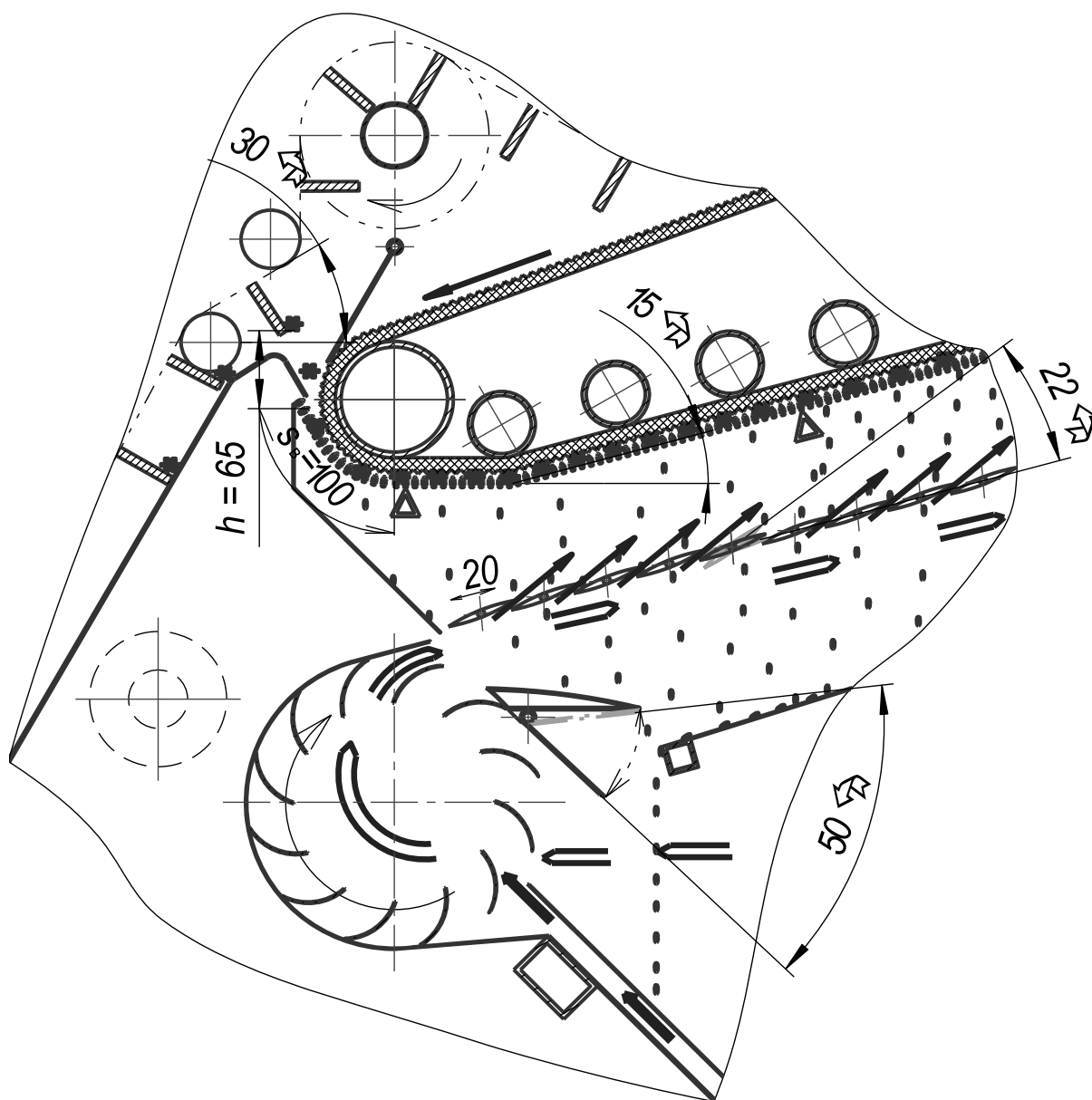


Рисунок 1 – Устройство для извлечения зёрен из колосьев методом вытирания в комбайне ЗУКОН-3, когда дека неподвижна

поступательное и вращательное движение, поэтому выделение зёрен из колосьев начинается сразу при их поступлении на деку. Скорость ленты верхнего транспортёра должна быть достаточной, чтобы колосья не скапливались в промежутке между лентой верхнего транспортёра и декой. При этом каждая верхняя часть растения с колосом должна располагаться на деке отдельно, чтобы процесс извлечения зёрен из колосьев был более эффективным. Рассмотрим кинематику колоса при неподвижной деке (рис. 2).

Предположим, что из исходного положения колос поворачивается сначала относительно точки *A*, затем относительно точек *E*, *D* и так далее. Из

рисунка видно, что колос во время поворота на  $180^\circ$  занимает последовательно три положения, поворачиваясь каждый раз приблизительно на  $60^\circ$ . Перемещение ленты верхнего транспортёра, соответственно: 13 мм; 17 мм, с учётом смещения на 2 мм; 15 мм, в сумме – 45 мм.

Перемещение центра масс колоса за половину оборота 24,5 мм, за оборот –  $l_{0-6} = 0,049$  м, а ленты верхнего транспортёра – 0,09 м. Следовательно, скорости поступательного перемещения центров масс верхних частей растений лентой верхнего транспортёра по деке приблизительно в два раза меньше скорости ленты верхнего транспортёра.

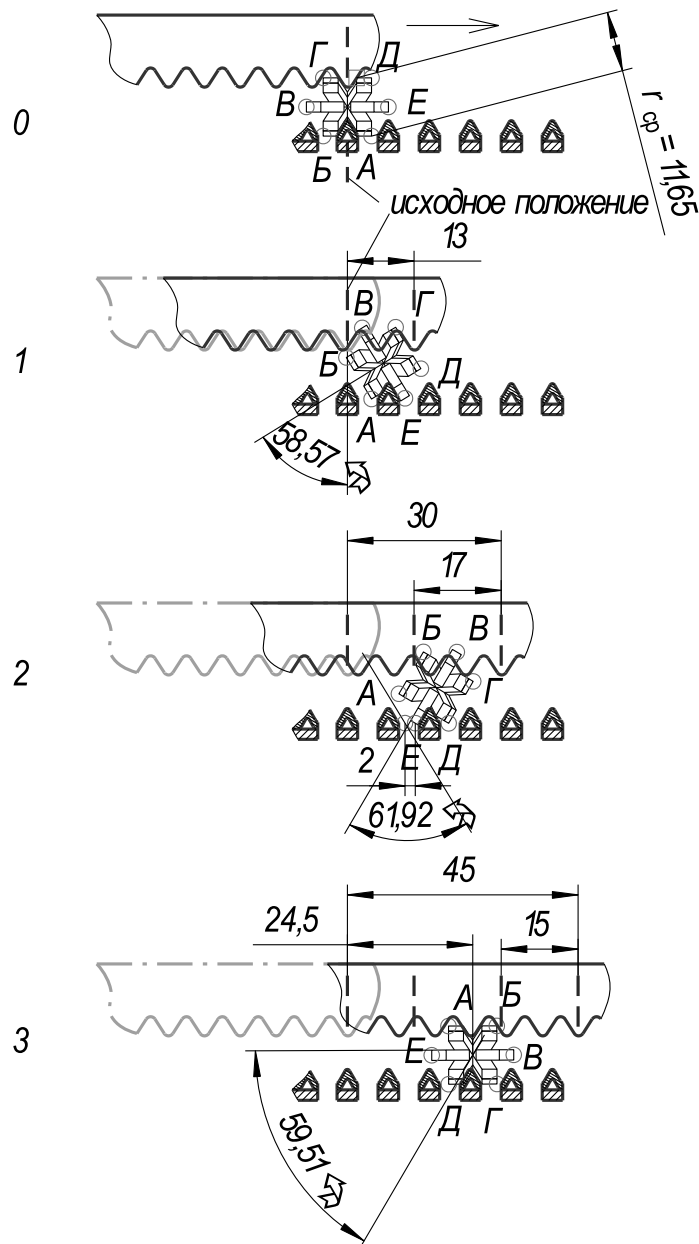


Рисунок 2 – Перемещение колоса по деке лентой верхнего транспортёра

Если количество растений на квадратном метре поля  $N = 600$  шт., ширина захвата жатки 4 метра, скорость комбайна  $v_k = 1$  м/с, в пространство между рабочей ветвью верхнего транспортёра и декой поступит за секунду 2400 верхних частей растений. Если ориентировочные размеры верхней части растения, с учётом неплотной упаковки, примем  $0,2 \times 0,015 \times 0,01$  м, а ширину деки 2 метра, то, условно, в один ряд поперёк деки уложится:  $2 : 0,2 = 10$  верхних частей растений. Верхние части растений, поступающие на деку в секунду, займут длину деки:  $240 \times 0,015 = 3,6$  метра, то есть всю деку. Следо-

вательно, скорость перемещения верхних частей растений по неподвижной деке должна быть около  $v_{в.ч.р} = 3,6$  м/с. Исходя из этого, примем скорость ленты верхнего транспортёра  $v_{в.т} = 7$  м/с.

Длина деки из конструктивной компоновки  $l_d = 3,5$  м. Следовательно, время пребывания верхней части растения на деке около 1 секунды. Время перемещения колоса из положения 0 в положение 1:

$$\tau_{0-1} = \frac{s_{0-1}}{v_{в.т}}, \quad (1)$$

где  $s_{0-1}$  – путь центра масс колоса от исходного положения до положения 1.

$$\tau_{0-1} = \frac{0,013}{7} = 0,00186 \text{ с.}$$

Аналогично:  $\tau_{1-2} = \frac{0,017}{7} = 0,00243 \text{ с.}$

$$\tau_{2-3} = \frac{0,015}{7} = 0,00214 \text{ с.}$$

Соответственно, при дальнейшем повороте колоса:

$$\tau_{3-4} = 0,00186 \text{ с.}; \tau_{4-5} = 0,00243 \text{ с.};$$

$$\tau_{5-6} = 0,00214 \text{ с.}$$

Время поворота колоса на  $360^\circ$   
 $\tau_{0-6} = 0,0128 \text{ с.}$

Количество оборотов верхней части растения на деке:

$$n_{вчд} = \frac{l_d}{l_{0-6}}, \quad (2)$$

где длина деки из конструктивной компоновки  $l_d = 3,5 \text{ м.}$ ; перемещение центра масс колоса за оборот  $l_{0-6} = 0,049 \text{ м.}$

$$n_{вчд} \approx 71.$$

Определим скорость верхней части растения в момент падения в промежуток между лентой верхнего транспортёра и декой. Скорость верхней части растения на сходе со скребка наклонного транспортёра  $v_{нт} = 0,83 \text{ м/с}$  направлена под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рис. 1). Пренебрегая сопротивлением воздуха, вычислим параметры полёта верхней части растения как материальной точки, до падения в промежуток между лентой верхнего транспортёра и приёмной частью деки [5]. Горизонтальную дальность полёта определим по формуле:

$$x = \frac{v_{нт}^2}{g} \sin 2\alpha; x = 0,057 \text{ м.}$$

Высота траектории над горизонталью:

$$H = \frac{v_{нт}^2}{2g} \sin^2 \alpha; H = 0,007 \text{ м.}$$

Общая высота падения верхней части растения  $H_\Sigma = H + h.$

$H_\Sigma = 0,007 + 0,065 = 0,072 \text{ м.}$  В то же время  $H_\Sigma = \frac{g\tau^2}{2}$ , поэтому время падения верхней части растения в промежуток между лентой верхнего транспортёра и декой

$$\tau = \sqrt{\frac{2H_\Sigma}{g}}; \tau = 0,1212 \text{ с.}$$

Скорость верхней части растения в момент попадания в промежуток между лентой верхнего транспортёра и декой:

$$v_b = g\tau; v_b \approx 1,2 \text{ м/с.}$$

Так как скорость ленты верхнего транспортёра  $v_{вТ} = 7 \text{ м/с}$ , после падения она ускоряет верхние части растений. Среднее время  $\tau_b$ , в течение которого происходит это ускорение, следует уточнить экспериментальным путём. Допустим, ускорение верхней части растения в промежутке между лентой верхнего транспортёра и декой происходит на криволинейной части деки. Для расчёта примем путь, на котором происходит ускорение верхних частей растений  $s_b = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$  (см. рис. 1), а время ускорения  $\tau_b = \frac{0,1}{7} = 0,0143 \text{ с.}$

Ускорение верхних частей растений после попадания в промежуток между лентой верхнего транспортёра и декой:

$$a_b = \frac{v_{вчр} - v_b}{\tau_b}; a_b \approx 168 \text{ м/с}^2.$$

Угловая скорость верхних частей растений после ускорения:

$$\omega_{вчр} = \frac{v_{вчр}}{r_{ср}}, \quad (3)$$

где  $r_{ср} = 11,65 \text{ мм}$  – средний радиус вращения колоса, из рисунка 2.

$$\omega_{вчр} \approx 600 \text{ рад/с.}$$

Угловое ускорение при разгоне:

$$\varepsilon_{вчр} = \frac{\omega_{вчр} - \omega_0}{\tau_b}. \quad (4)$$

$$\varepsilon_{вчр} = 41958 \text{ рад/с}^2.$$

При ускорении колоса угловое ускорение достигает очень большого значения. Точно колебания угловой скорости при вращении колоса вычислить сложно, так как его центр вращения блуждает, а радиус вращения меняется.

Угловая скорость вала привода верхнего транспортёра:

$$\omega_{тр} = \frac{v_{вТ}}{r_{тр}}, \quad (5)$$

где радиус ведущего вала верхнего транспортёра  $r_{тр} = 0,05 \text{ м.}$

$$\omega_{тр} = 140 \text{ рад/с.}$$

В комбайнах ЗУКОН-2, ЗУКОН-3 для привода верхнего транспортёра применены гидромоторы.

### Вывод

Несмотря на многочисленные попытки преодолеть недостатки зерноуборочных комбайнов с

извлечением зёрен из колосьев ударом, затраты энергии на этот процесс уменьшить не удалось [3; 4]. Большие затраты энергии на извлечение зерна из колосьев ударом обусловлены, в частности, необходимостью протаскивания соломы через молотильное устройство. В ходе разработки варианта зерноуборочного комбайна, срезающего верхние части растений, пришли к выводу о целе-

сообразности извлечения зёрен вытиранием. Однако это конструктивное решение должно быть теоретически обосновано. Извлечения зёрен из колосьев методом вытирания, когда дека неподвижна, позволит уменьшить затраты энергии в сравнении с вариантом конструктивного исполнения комбайна, у которого дека совершает колебания.

### **Литература**

1. Патент № 2551106 Российская Федерация, МПК A01D 41/02 (2006.01), A01D 41/00 (2006.01). Зерноуборочный комбайн : № 2013148284 : заявл. 29.10.2013 : опубликовано 20.05.2015, Бюл. № 14 / Николаев В. А. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия». – 17 с. – Текст : непосредственный.
2. Николаев, В. А. Моделирование процесса извлечения зёрен из колосьев зерновых культур вытиранием. – Текст : непосредственный / В. А. Николаев, В. В. Гумённый, В. В. Капралов, В. А. Генералов // Вестник АПК Верхневолжья. – 2020. – № 2 (50). – С. 79–82. – DOI 10.35694/YARCX.2020.50.2.0014. – ISSN 1998-1635.
3. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные машины : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Агроинженерия» / Н. И. Кленин, С. Н. Киселев, А. Г. Левшин. – Москва : КолосС, 2008. – 815 с. : ил. – ISBN 978-5-9532-0455-2. – Текст : непосредственный.
4. Кленин, Н. И. Обоснование параметров устройства для двухстороннего очёса растений / Н. И. Кленин. – Текст : непосредственный // Сборник научных трудов. – Москва, 1995. – С. 41–46.
5. Николаев, В. А. Совершенствование зерноуборочного комбайна : конструктивная компоновка, теория и расчет : монография. Часть 1 / В. А. Николаев. – Ярославль : Изд-во ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА», 2015. – 252 с. – ISBN 978-5-98914-144-9. – Текст : непосредственный.

### **References**

1. Patent № 2551106 Rossijskaja Federacija, MPK A01D 41/02 (2006.01), A01D 41/00 (2006.01). Zernouborocnyj kombajn : № 2013148284 : zajavl. 29.10.2013 : opublikovano 20.05.2015, Bjul. № 14 / Nikolaev V. A. ; patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija «Jaroslavskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija». – 17 s. – Tekst : neposredstvennyj.
2. Nikolaev, V. A. Modelirovanie processa izvlechenija zjoren iz kolos'ev zernovyh kul'tur vytiraniem. – Tekst : neposredstvennyj / V. A. Nikolaev, V. V. Gumennyj, V. V. Kapralov, V. A. Generalov // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. – 2020. – № 2 (50). – S. 79–82. – DOI 10.35694/YARCX.2020.50.2.0014. – ISSN 1998-1635.
3. Klenin, N. I. Sel'skohozjajstvennye mashiny : uchebnik dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij, obuchajushhihsja po napravleniju «Agroinzhenerija» / N. I. Klenin, S. N. Kiselev, A. G. Levshin. – Moskva : KolosS, 2008. – 815 s. : il. – ISBN 978-5-9532-0455-2. – Tekst : neposredstvennyj.
4. Klenin, N. I. Obosnovanie parametrov ustrojstva dlja dvuhstoronnego ochjosa rastenij / N. I. Klenin. – Tekst : neposredstvennyj // Sbornik nauchnyh trudov. – Moskva, 1995. – S. 41–46.
5. Nikolaev, V. A. Sovershenstvovanie zernouborocnogo kombajna : konstruktivnaja komponovka, teorija i raschet : monografija. Chast' 1 / V. A. Nikolaev. – Jaroslavl' : Izd-vo FGBOU VPO «Jaroslavskaja GSHA», 2015. – 252 s. – ISBN 978-5-98914-144-9. – Tekst : neposredstvennyj.