



***Извлечение зёрен  
из колосьев, извлечение  
зёрен вытиранием,  
верхняя часть растения,  
неподвижная дека,  
кинематические  
параметры, энергия  
для ускорения,  
потребляемая  
мощность***

*Extraction of grains from  
ears, extraction of grains by  
grinding, upper part of the  
plant, fixed deck, kinematic  
parameters, energy for  
acceleration, power input*

Научная статья  
УДК 631.354.2  
doi:10.35694/YARCX.2021.55.3.015

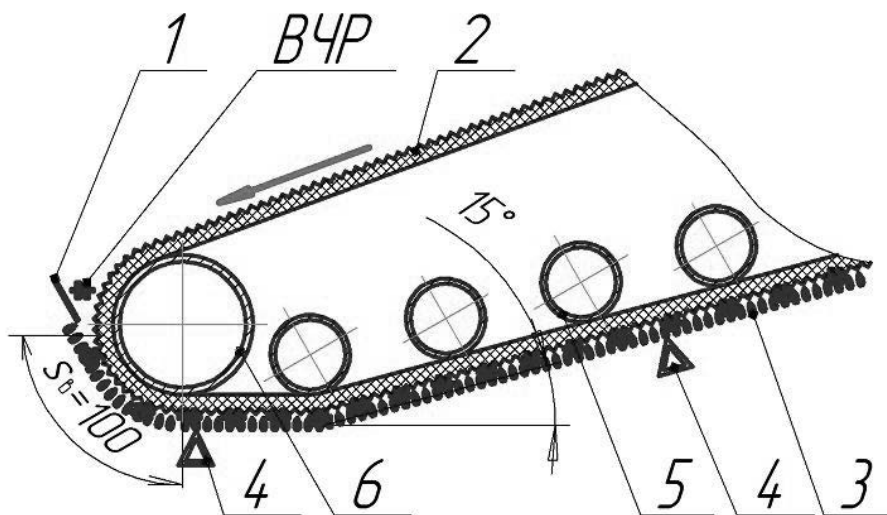
## **ЗАТРАТЫ ЭНЕРГИИ НА УСКОРЕНИЕ ВЕРХНИХ ЧАСТЕЙ РАСТЕНИЙ В ПРОМЕЖУТКЕ МЕЖДУ ЛЕНТОЙ ВЕРХНЕГО ТРАНСПОРТЁРА И ДЕКОЙ**

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

Задачей любого технологического процесса является выполнение заданной работы с необходимым качеством и наименьшими затратами энергии. При уборке зерновых культур зерноуборочными комбайнами наибольшие затраты энергии связаны с выделением зёрен из колосьев. Это обусловлено необходимостью протаскивания соломы через молотильное устройство [1]. Попытки сконструировать комбайн, который производил бы выделение зёрен из колосьев методом вытирания [2], не увенчались успехом. Неудача была связана с тем, что в устройство выделения зёрен по-прежнему направляли колосья вместе с соломой, которая скатывалась в жгуты.

Чтобы выделить зёрна из колосьев методом вытирания, необходимо срезать только верхние части растений. Оставшиеся стебли соломы следует измельчать и, в зависимости от технологии, либо рассеивать по полю, либо погружать в транспортные средства для использования в животноводстве. Такая технология уборки зерновых культур невозможна без совершенствования агротехники их возделывания. Необходимо создание таких условий для растений, при которых их развитие было бы равномерным. Технику и агротехнику следует развивать параллельно.

Для выделения зёрен из колосьев методом вытирания создан комбайн [3]. В нём срезанные верхние части растений транспортёр поднимает вверх. При этом ввиду вибрации цепей транспортёра происходит ориентация верхних частей растений, преимущественно, перпендикулярно продольной оси комбайна. С планок транспортёра верхние части растений скользят по лотку 1 (рис. 1) и попадают между декой 3 и лентой верхнего транспортёра 2. Лента верхнего транспортёра перемещается по роликам 5, вокруг поворотного ролика 6 и ведущего ролика (не показан). Дека опирается на каркас деки 4. Каркас деки встроен в жёлоб для сбора зерна. Жёлоб подвешен на гидроцилиндрах поддержки жёлоба. Штоковые полости гидроцилиндров поддержки жёлоба сообщаются с гидропневмоаккумулятором. Путём регулирования давления в гидропневмоаккумуляторе оператор может изменять усилие прижатия деки к нижней ветви ленты верхнего транспортёра. Лента верхнего транспортёра придаёт



1 – лоток; 2 – лента верхнего транспортёра; 3 – дека; 4 – каркас деки; 5 – ролик;  
6 – поворотный ролик; ВЧР – верхняя часть растения.

Рисунок 1 – Схема выделения зёрен из колосьев вытиранием в промежутке между лентой верхнего транспортёра и декой

верхним частям растений поступательное и вращательное движение, поэтому выделение зёрен из колосьев начинается сразу при их поступлении на деку [4; 5].

Существуют два варианта исполнения устройства для извлечения зёрен из колосьев: с декой, совершающей колебания, и с неподвижной декой. Если дека совершает колебания, выделение зёрен из колосьев происходит более интенсивно [4; 5], однако затраты энергии на выделение зёрен велики. Это связано с преодолением сил инерции деки, обладающей вместе с каркасом деки и жёлобом значительной массой. Если дека неподвижна (см. рис. 1), выделение зёрен из колосьев происходит менее интенсивно [6]. Необходимо определить затраты энергии и мощность, необходимую для выделения зёрен из колосьев при неподвижной деке.

Движение верхней части растения между лентой верхнего транспортёра и декой разделим на два этапа. Первый этап – ускорение верхней части растения, второй – равномерное движение. Определим затраты энергии на ускорение верхних частей растений в промежутке между лентой верхнего транспортёра и декой. Для расчёта примем путь, на котором происходит ускорение верхних частей растений,  $s_B = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$  (см. рис. 1).

В результате исследования кинематики верхней части растения [6] получена скорость ленты верхнего транспортёра  $v_{в.т} = 7 \text{ м/с}$ . Время ускорения верхней части растения  $\tau_B = 0,0143 \text{ с}$ . От воздействия ленты верхнего транспортёра верхняя часть растения получает как линейное, так и угловое ускорение. Кинематические параметры

на участке ускорения верхней части растения [6]: ускорение верхних частей растений после попадания в промежуток между лентой верхнего транспортёра и декой  $a_B \approx 168 \text{ м/с}^2$ ; угловая скорость верхних частей растений в конце ускорения  $\omega_{в.ч.р} \approx 600 \text{ рад/с}$ ; угловое ускорение  $\varepsilon_{в.ч.р} = 41958 \text{ рад/с}^2$ .

Допустим, масса верхней части растения  $m_B = 0,01 \text{ кг}$  [5]. Сила, необходимая для линейного ускорения верхней части растения лентой верхнего транспортёра,  $F_6 = a_B m_B$ ;  $F_6 = 1,68 \text{ Н}$ .

Исходя из принятых размеров верхней части растения [5], в зоне ускорения находится  $j_6 = 0,1 : 0,015 \times 10 = 67$  шт. верхних частей растений, поэтому суммарная сила  $F_{6\Sigma} = 67F_6$ ;  $F_{6\Sigma} \approx 112 \text{ Н}$ . Энергия, необходимая для ускорения этих верхних частей растений,

$$E_{6\Sigma} = F_{6\Sigma} s_B.$$

Из рисунка 1 путь, на котором происходит ускорение верхних частей растений,  $s_B = 0,1 \text{ м}$ . Тогда  $E_{6\Sigma} = 11,2 \text{ Дж}$ .

В секунду на ленту верхнего транспортёра поступает 2400 верхних частей растений [5], поэтому мощность, необходимая для поступательного ускорения верхних частей растений,

$$N_{6\Sigma} = \frac{2400}{67} E_{6\Sigma}; N_{6\Sigma} \approx 400 \text{ Вт}.$$

Так как радиус ведущего вала верхнего транспортёра  $r_{мп} = 0,05 \text{ м}$ , вращающий момент, необходимый для ускорения верхних частей растений,

$$M_{мп.уск} = F_{6\Sigma} r_{мп}; M_{мп.уск} = 5,6 \text{ Нм}.$$

Для придания вращения верхним частям растений, без учёта их взаимного влияния, также требуется энергия. Момент инерции верхней части растения [6]:

$$I_{\varepsilon_{чр}} = m_{\varepsilon_{чр}} \rho^2,$$

где  $\rho$  – радиус инерции верхней части растения, примем  $\rho = 0,006$  м.

Тогда

$$I_{\varepsilon_{чр}} = 0,01 \cdot 0,006^2 = 3,6 \cdot 10^{-7} \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Усилие, необходимое для придания такого углового ускорения,  $F_{\varepsilon_{чр}} = \varepsilon_{\varepsilon_{чр}} I_{\varepsilon_{чр}}$ , где угловое ускорение при разгоне  $\varepsilon_{\varepsilon_{чр}} = 41958$  рад/с<sup>2</sup>.

$$F_{\varepsilon_{чр}} \approx 0,015 \text{ Н}.$$

В зоне ускорения находится  $j_6 = 67$  шт. верхних частей растений, поэтому суммарная сила  $F_{\varepsilon_{чр\Sigma}} \approx 1$  Н.

Энергия, необходимая для углового ускорения этих верхних частей растений,

$$E_{\varepsilon_{чр\Sigma}} = F_{\varepsilon_{чр\Sigma}} S_{\varepsilon_6}; E_{\varepsilon_{чр\Sigma}} = 0,1 \text{ Дж}.$$

В секунду на ленту верхнего транспортёра поступает 2400 верхних частей растений, поэтому мощность, необходимая для углового ускорения верхних частей растений,

$$N_{\varepsilon_{чр\Sigma}} = \frac{2400}{67} E_{\varepsilon_{чр\Sigma}}; N_{\varepsilon_{чр\Sigma}} = 3,5 \text{ Вт}.$$

Так как радиус ведущего вала верхнего транспортёра  $r_{мп} = 0,05$  м вращающий момент, необходимый для углового ускорения

верхних частей растений,  $M_{мп \text{ уг уск}} = F_{\varepsilon_{чр\Sigma}} r_{мп}$ ;  $M_{мп \text{ уг уск}} \approx 0,05$  Нм.

Общий вращающий момент, необходимый для ускорения верхних частей растений,  $M_{\Sigma} = M_{мп \text{ уск}} + M_{мп \text{ уг уск}}$ .

Так как вращающий момент, необходимый для углового ускорения верхних частей растений, незначительный, им можно пренебречь. Тогда  $M_{\Sigma} = 5,6$  Нм. Общая энергия, необходимая для ускорения верхних частей растений на деке,  $E_{\Sigma} = E_{\varepsilon_{\Sigma}}$ ;  $E_{\Sigma} = 11,2$  Дж.

Общая мощность на привод ленты верхнего транспортёра, необходимая для ускорения верхних частей растений,

$$N_{\Sigma} = N_{\varepsilon_{\Sigma}} + N_{\varepsilon_{чр\Sigma}}.$$

Мощность, необходимая для углового ускорения верхних частей растений, незначительная, поэтому  $N_{\Sigma} \approx 400$  Вт.

#### Вывод

Для извлечения зёрен вытиранием следует развивать параллельно как технику, так и агротехнику. Извлечение зёрен из колосьев методом вытирания, когда дека неподвижна, является энергетически более целесообразным в сравнении с вариантом конструктивного исполнения комбайна, у которого дека совершает колебания. После попадания верхней части растения в промежуток между лентой верхнего транспортёра и декой происходит её линейное и угловое ускорение. В результате расчётов энергия, необходимая для ускорения верхних частей растений, расположенных на деке,  $E_{\Sigma} = 11,2$  Дж, потребляемая мощность  $N_{\Sigma} \approx 400$  Вт.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. 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.
2. Кленин, Н. И. Обоснование параметров устройства для двухстороннего очёса растений / Н. И. Кленин. – Текст : непосредственный // Сборник научных трудов. – Москва, 1995. – С. 41–46.
3. Патент № 2551106 Российская Федерация, МПК А01D 41/02 (2006.01), А01D 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.
4. Николаев, В. А. Моделирование процесса извлечения зёрен из колосьев зерновых культур вытиранием / В. А. Николаев, В. В. Гумённый, В. В. Капралов, В. А. Генералов. – Текст : непосредственный // Вестник АПК Верхневолжья. – 2020. – № 2 (50). – С. 79–82. – DOI 10.35694/YARCX.2020.50.2.0014. – ISSN 1998-1635.
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.
6. Николаев, В. А. Определение кинематических параметров колоса при извлечении из него зёрен методом вытирания, когда дека неподвижна / В. А. Николаев, В. В. Гумённый, В. В. Капралов, В. А. Генералов. –

Текст : непосредственный // Вестник АПК Верхневолжья. – 2021. – № 1 (53). – С. 87–91. – DOI 10.35694/YARCX.2021.53.1.015. – ISSN 1998-1635.

#### References

1. Klenin, N. I. Sel'skohozjajstvennyye mashiny : uchebnik dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij, obuchajushhihsja po napravleniju «Agroinzheneriya» / N. I. Klenin, S. N. Kiselev, A. G. Levshin. – Moskva : KolosS, 2008. – 815 s. : il. – ISBN 978-5-9532-0455-2. – Текст : непосредственный.
2. Klenin, N. I. Obosnovanie parametrov ustrojstva dlja dvuhstoronnego ochjosa rastenij / N. I. Klenin. – Текст : непосредственный // Sbornik nauchnyh trudov. – Moskva, 1995. – S. 41–46.
3. Patent № 2551106 Rossijskaja Federacija, MPK A01D 41/02 (2006.01), A01D 41/00 (2006.01). Zernouborochnyj 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 «Jaroslavskaia gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija». – 17 s. – Текст : непосредственный.
4. Nikolaev, V. A. Modelirovanie processa izvlechenija zjoren iz kolos'ev zernovyh kul'tur vytiraniem / V. A. Nikolaev, V. V. Gumennyj, V. V. Kapralov, V. A. Generalov. – Текст : непосредственный // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. – 2020. – № 2 (50). – S. 79–82. – DOI 10.35694/YARCX.2020.50.2.0014. – ISSN 1998-1635.
5. Nikolaev, V. A. Sovershenstvovanie zernouborochnogo kombajna : konstruktivnaja komponovka, teorija i raschet : monografija. Chast' 1 / V. A. Nikolaev. – Jaroslavl' : Izd-vo FGBOU VPO «Jaroslavskaia GSHA», 2015. – 252 s. – ISBN 978-5-98914-144-9. – Текст : непосредственный.
6. Nikolaev, V. A. Opredelenie kinematcheskikh parametrov kolosa pri izvlechenii iz nego zjoren metodom vytiraniija, kogda deka nepodvizhna / V. A. Nikolaev, V. V. Gumennyj, V. V. Kapralov, V. A. Generalov. – Текст : непосредственный // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. – 2021. – № 1 (53). – S. 87–91. – DOI 10.35694/YARCX.2021.53.1.015. – ISSN 1998-1635.

## Официальный сайт ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА:

[www.yaragrovuz.ru](http://www.yaragrovuz.ru)

РУБРИКИ САЙТА:

- Сведения об образовательной организации –
- Агросоветник – Образование – Абитуриенту –
- Наука и международная деятельность
- (в том числе научный журнал «Вестник АПК Верхневолжья») –
- Дополнительное образование – Факультеты

Все выпуски журнала «Вестник АПК Верхневолжья» в полнотекстовом формате,  
требования к оформлению рукописей, контакты на страничке:

<http://yaragrovuz.ru/index.php/nauka-i-mezhdunarodnaya-deyatelnost/zhurnal-vestnik-apk-vekhnevolzhya>

