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 общевоенных дисциплин

ФГБУ МО «Ярославское высшее военное училище

противовоздушной обороны», г. Ярославль

**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*

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 транспортера; 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 транспортера 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 желобом 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 транспортера 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 транспортера 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 транспортера $v_{\text{в.т.}} = 7 \text{ м/с}$. Время ускорения верхней части растения $\tau_B = 0,0143 \text{ с}$. От воздействия ленты верхнего транспортера 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 транспортера и декой $a_B \approx 168 \text{ м/с}^2$; угловая скорость верхних частей растений в конце ускорения $\omega_{\text{в.ч.р.}} \approx 600 \text{ рад/с}$; угловое ускорение $\varepsilon_{\text{в.ч.р.}} = 41958 \text{ рад/с}^2$.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$I_{\text{вчр}} = m_{\text{в}} \rho^2,$$

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

Тогда

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

Усилие, необходимое для придания такого углового ускорения, $F_{\text{вчр}} = \varepsilon_{\text{вчр}} I_{\text{вчр}}$, где угловое ускорение при разгоне $\varepsilon_{\text{вчр}} = 41958 \text{ рад/с}^2$.

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

В зоне ускорения находится $j_{\text{в}} = 67$ шт. верхних частей растений, поэтому суммарная сила $F_{\text{вчр}\Sigma} \approx 1 \text{ Н}$.

Энергия, необходимая для углового ускорения этих верхних частей растений,

$$E_{\text{вчр}\Sigma} = F_{\text{вчр}\Sigma} S_{\text{в}}; E_{\text{вчр}\Sigma} = 0,1 \text{ Дж}.$$

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

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

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

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

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

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

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

$$N_{\Sigma} = N_{\text{в}\Sigma} + N_{\text{вчр}\Sigma}.$$

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

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 транспортера и декой происходит её линейное и угловое ускорение. В результате расчётов энергия, необходимая для ускорения верхних частей растений, расположенных на деке, $E_{\Sigma} = 11,2 \text{ Дж}$, потребляемая мощность $N_{\Sigma} \approx 400 \text{ Вт}$.

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 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.
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'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. – 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 «Jaroslavskaja 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 «Jaroslavskaja GSHA», 2015. – 252 s. – ISBN 978-5-98914-144-9. – Текст : непосредственный.
6. Nikolaev, V. A. Opreделение kinematičeskikh parametrov kolosa pri izvlečenii iz nego zjoren metodom vytiranija, 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

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>