

УДК 631.358.3

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

ОЦЕНКА УДАРНОГО ИМПУЛЬСА РЕБРА МОЛОТИЛЬНОГО ВАЛЬЦА ПРИ ОБМОЛОТЕ РИСА

Драгуленко Владислав Владимирович
доцент, канд. техн. наук
SPIN-код: 2088-7914
e-mail vlad400@mail.ru
ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар, РФ

Харитонов Виталий Владимирович
обучающийся группы АХ2132
e-mail kharitonov1404@mail.ru
ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар, РФ

Целью исследования является оценка ударного импульса, создаваемого ребрами молотильного вальца при обмолоте риса, и его влияния на эффективность и качество обработки. В работе использованы теоретические методы, включая анализ импульсного движения стеблевой массы, математическое моделирование и расчеты средней силы удара для трехгранных и четырехгранных вальцов. Основные результаты показывают, что ударный импульс трехгранного вальца выше, чем у четырехгранного при одинаковой угловой скорости, которое указывает на его большую эффективность в процессе обмолота. Исследование подтверждает, что средняя сила удара недостаточна для разрушения зерновок, минимизируя риск дробления риса. Уникальность работы заключается в разработке формулы точного расчета ударного импульса, которая позволяет улучшить настройку молотильных механизмов, снижая потери урожая и повышая качество обмолота

Ключевые слова: ОБМОЛОТ РИСА, МОЛОТИЛЬНЫЕ ВАЛЬЦЫ, УДАРНЫЙ ИМПУЛЬС, ТРЕХГРАННЫЕ ВАЛЬЦЫ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБМОЛОТА, СИЛА УДАРА, КАЧЕСТВО ЗЕРНА

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-204-008>

UDC 631.358.3

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

EVALUATION OF THE IMPACT PULSE OF THE EDGE OF THE THRESHING ROLLER DURING RICE THRESHING

Dragulenko Vladislav Vladimirovich
Senior lecturer
RSCI SPIN-code: 2088-7914
e-mail vlad400@mail.ru
FSAU HE Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Kharitonov Vitaly Vladimirovich
student of the AH2132 group
e-mail kharitonov1404@mail.ru
ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар, РФ

The aim of the study is to evaluate the shock pulse generated by the ribs of the threshing roller during rice threshing, and its effect on the efficiency and quality of processing. The paper uses theoretical methods, including analysis of the impulse motion of the stem mass, mathematical modeling and calculations of the average impact force for triangular and four-sided rollers. The main results show that the impact impulse of a three-sided roller is higher than that of a four-sided roller with the same angular velocity, which indicates its greater efficiency in the threshing process. The study confirms that the average impact force is insufficient to destroy the grains, minimizing the risk of crushing rice. The uniqueness of the work lies in the development of a formula for the exact calculation of the shock pulse, which allows to improve the tuning of the threshing mechanisms, reducing crop losses and improving the quality of threshing

Keywords: RICE THRESHING, THRESHING ROLLERS, IMPACT PULSE, TRIANGULAR ROLLERS, THRESHING EFFICIENCY, IMPACT FORCE, GRAIN QUALITY

Рис является очень важным сельскохозяйственным продуктом, который активно возделывается в Краснодарском крае и занимает обширные площади сельхозугодий. Рис начинают убирать в осенний период, когда в

<http://ej.kubagro.ru/2024/10/pdf/08.pdf>

большинстве своем наблюдаются неблагоприятные погодные условия. Такое положение погодных условий за частую вызывает неравномерное созревание риса. Данное явление связано с большими разрывами в сроке сева в текущем году, высевам сортов имеющих большую продолжительность вегетационного периода.

При уборке и при дальнейшей обработке риса важно получить соответствующую высоким стандартам продукцию высокого качества. Очень важен качественный ассортимент для конечного продукта, что возможно только при соблюдении всех прописанных стандартами норм и правил как при уборке, так при послеуборочной обработке риса-зерна.

Уборка урожая рисовой культуры является самым ответственным этапом во всем процессе выращивания. Очень важно провести уборку риса в короткие сроки, при этом необходимо составить детально и выполнять план уборки риса. В состав такого плана должны входить следующие этапы:

- подготовка техники с учетом погодных условий;
- согласовать варианты уборки при обильном количестве осадков;
- обеспечить места для сохранности полученного урожая и дальнейшей его обработки.

Уборка риса на полях Краснодарского края выполняется отдельно - двухфазно, на первом этапе жатками (СКР – 7 «Кубань» или «Енисей») скашивают и укладывают в валки. В дальнейшем на второй фазе происходит последующий обмолот рисовыми комбайнами («Акрос», Дон-1500, «Полесье») с подборщиками. Очень важно начинать уборку риса, когда будет достигнута полная техническая спелость в метелках 85-90% зерновок.

Зачастую применяется послеуборочная обработка зерна стационарно в хозяйствах, которая способствует улучшению качества убранной с полей зерновой массы, ее дозревание и уменьшение влажности. Такой способ

уборки более характерен для селекционных посевов, где очень важно качество и потери принятого зерна.

В большинстве случаев рис в метелке будет созревать неодновременно, что приводит наличию в убранном урожае всегда зерен разной спелости и влажности.



Рисунок 1. Подборка и обмолот рисовых валков комбайном

Такая неравномерность спелости и влажности, несвоевременная подработка зернового вороха, несоблюдение режимов сушки, хранения приводит к значительным потерям и снижению качества зерна риса. Поэтому при обмолоте имеет важное значение настройки вальцовых ударно-вибрационных молотилок.

При обмолоте рисовой массы вальцовым ударно-вибрационным молотильным устройством в начале контакта ребра молотильного вальца со стеблевой массой происходит удар ребра по ней [1]. Слой стеблей при этом будем рассматривать как однородный «стержень» OD , защемленный в точках O и D (рисунок 2) соответственно питающими и молотильными вальцами первой пары. На него действуют активный ударный импульс \bar{S} , и приложенный в точке E , и реактивные импульсы \bar{S}_1 и \bar{S}_2 в точках опоры O и D .

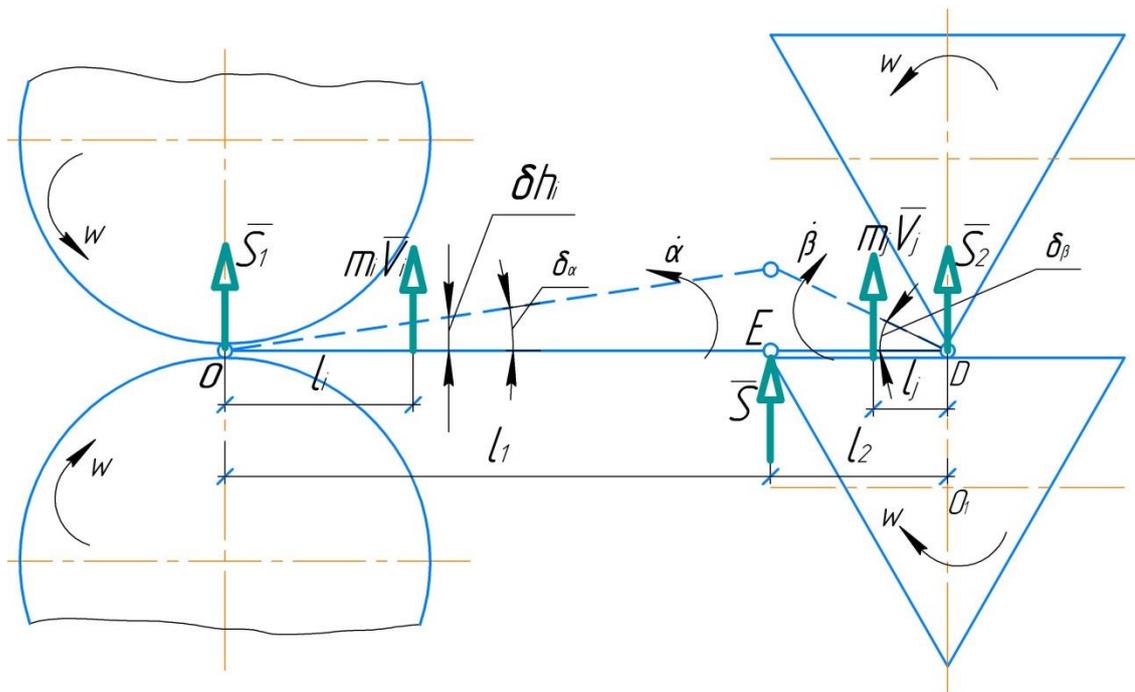


Рисунок 2 – Схема к определению ударного импульса ребра молотильного вальца по стеблевой массе

Воспользуемся общим уравнением импульсного движения [1]:

$$\sum_{i=1}^n [\bar{S}_i - m_i(\bar{V}_i - \bar{V}_{i0})] \delta h_i, \quad (1)$$

где \bar{S}_i – ударный импульс, приложенный к i -той точке системы;

$\bar{V}_i - \bar{V}_{i0}$ – изменение скорости i -той точки системы за время удара;

m_i – масса i -той точки;

δh_i – возможное перемещение i -той точки.

Сообщим левой $OE = l_1$ и правой $DE = l_2$ частям «стержня» возможные угловые перемещения δ_α и δ_β , отчего i -тая точка «стержня» получит возможное перемещение $\delta h_i = l_1 \delta_\alpha$. Легко установить зависимость

$$l_1 \alpha = l_2 \beta \text{ и } l_1 \delta_\alpha = l_2 \delta_\beta,$$

где $\dot{\alpha}$ и $\dot{\beta}$ – угловые скорости вращения «стержней» OE и DE относительно точек O и D).

Вычислим сумму

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n m_i (\bar{V}_i - \bar{V}_{i0}) \delta h_i &= \sum_1 m_i \alpha l_i \delta h_i + \sum_2 m_j \beta l_j \delta h_j = \\ &= \alpha \sum_1 m_i l_i^2 \delta \alpha + \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2 \alpha \sum_2 m_j l_j^2 \delta \alpha = \alpha \left[J_0 + \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2 J_D \right] \delta \alpha, \end{aligned} \quad (2)$$

где Σ_1 и Σ_2 означают, что суммирование распространяется на части OE и DE «стержня» соответственно;

J_0 и J_D – моменты инерции частей OE и DE «стержня».

Возможное перемещение точки E приложения импульса \bar{S} будет

$$\delta h = l_1 \delta \alpha, \quad (3)$$

а возможные перемещения точек O и D равны нулю.

Подставляя в уравнение (1) значение δh и $\sum_{i=1}^n m_i (\bar{V}_i - \bar{V}_{i0}) \delta h_i$ получим

$$S l_1 \delta h = \alpha \left[J_0 + \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2 J_D \right] \delta h.$$

Откуда

$$S = \frac{l_1 \alpha m}{3}, \quad (4)$$

где m – масса всего стеблевого «стержня» OD .

Для определения реактивного импульса \bar{S} закрепим правую часть «стержня» DE и дадим возможное угловое перемещение $\delta \alpha$ левой его части OD относительно точки E приложения ударного импульса.

Используя уравнение (1), будем иметь, что $S_1 l_1 \delta \alpha - \frac{1}{6} m_1 l_1^2 \delta \alpha = 0$ откуда

$$S_1 = \frac{1}{6} m_1 l_1 \alpha \quad (5)$$

где m_1 – масса левой OE части «стержня».

Аналогично, закрепляя левую часть «стержня» OE и давая возможное угловое перемещение $\delta \beta$ правой части DE , получим:

$$S_2 = \frac{1}{6} m_2 l_2 \beta = \frac{1}{6} m_2 l_1 \alpha \quad (6)$$

где m_2 – масса правой части DE «стержня».

Вычислим величину ударного импульса \bar{S} ребра вальца о стеблевую массу, для чего определим сначала среднее время удара.

Максимальным будем считать время удара, за которое ребро молотильного вальца пройдет путь, равный длине колоска риса, а минимальным – время, за которое ребро вальца пройдет путь, равный толщине колоска. При средней длине колоска риса 7,72 мм и толщине 2,32 мм [2] средний путь, проходимый ребром вальца за время удара, равен 5 мм.

Следовательно, при угловой скорости вальцов $\omega = 188,8 \text{ с}^{-1}$ за время удара длина стебля l_1 , (рисунок 1) от точки подачи O до точки E , с которой контактирует ребро вальца, увеличится на 5 мм, что соответствует повороту вальца на угол $\varphi = 7^{\circ}30'$ (от момента начала контакта ребра со стеблями) и времени поворота $\tau_{\Delta} = 0,0007 \text{ с}$, которое является средним временем удара ребра трехгранного вальца.

Аналогично рассуждая, получим среднее время удара для ребра четырехгранного вальца $\tau_{\square} = 0,00055 \text{ с}$.

Следует отметить, что время удара у ребра четырехгранного вальца меньше, чем трехгранного, так как скорость очеса в начале воздействия ребра на стеблевую массу у четырехгранных вальцов больше, чем у трехгранных.

Нами было определено, что угловые скорости стеблей от воздействия ребер трех- и четырехгранных вальцов за время удара будут равны $\alpha_{\Delta} = 78,4 \text{ с}^{-1}$ и $\alpha_{\square} = 55,5 \text{ с}^{-1}$.

Определим ударный импульс \bar{S} ребра вальца по стеблевой массе при подаче массы $Q = 8 \text{ кг/с}$ и скорости подачи питающих вальцов $V_{II} = 1,5 \text{ м/с}$. На 1 м ширины транспортера при этом необходимо уложить 4 кг рисовой массы. Тогда ударный импульс, определяемый по формуле (4), для трех- и

четырёхгранных вальцов длиной 1000 мм при $m = 0,8$ кг соответственно будет:

$$S_{\Delta} = 1,558 \text{ Нс} \text{ и } S_{\square} = 1,22 \text{ Нс}.$$

Ударный импульс ребра трёхгранного вальца больше ударного импульса ребра четырёхгранного, потому что $\alpha_{\Delta} > \alpha_{\square}$.

Находим среднюю ударную силу F_{cp} ребра молотильного вальца по стеблевой рисовой массе:

$$F_{cp} = \frac{S}{\tau}. \quad (7)$$

При обмолоте трех- и четырёхгранными вальцами (длиной 1 м) средняя ударная сила соответственно равна $F_{\Delta} = 2268,6$ Н и $F_{\square} = 2195,0$ Н.

Если удар приходится на колосок риса, то при его средней толщине 2,25 мм на него будет действовать средняя сила трёхгранным вальцом 5,33 Н, четырёхгранным – 5,16 Н.

Определено [3], что при раздавливании колосков риса усилием, направленным по толщине колоска, разрушение его начинается при минимальной силе сжатия, равной 43 Н. Следовательно, в нашем случае, ударная сила недостаточна для разрушения колосков риса, что, несомненно, относится к достоинству многогранных вальцов, так как уменьшается вероятность дробления зерна. Ударная сила вызовет силу трения между ребром и колоском риса, если удар приходится на него.

Зная коэффициент трения скольжения ребра вальца по стеблевой массе, мы определили, что сила трения, вызванная ударной силой от действия ребра трех- и четырёхгранного вальцов, равна 1,83 Н и 1,75 Н соответственно. Учитывая при этом знакопеременный характер воздействия ребер вальцов на рисовую массу, в результате которого ослабляются связи колоска риса с метелкой, можно отметить, что при непосредственном воздействии ребер вальцов на колосок он будет оторван от метелки.

Выводы. 1. Получена формула (4), с помощью которой можно определить величину активного ударного импульса ребра молотильного вальца по стеблевой массе. При $w = 188,8 \text{ с}^{-1}$ средняя ударная сила ребра трехгранного вальца по стеблевой массе равна 5,33 Н, а четырехгранного – 5,16 Н, что достаточно для отрыва колоска риса от метелки и недостаточно для его разрушения.

2. При одинаковой угловой скорости молотильных вальцов величина ударного импульса ребра трехгранного вальца больше, чем четырехгранного, что говорит о большей эффективности обмолота риса трехгранными вальцами по сравнению с четырехгранными.

Литература

1. Драгуленко, В. В. Интенсификация обмолота бобов люцерны / В. В. Драгуленко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар, 24–26 ноября 2015 года / Ответственный за выпуск: А.Г. Коцаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 335-336.

2. Патент № 2479192 С2 Российская Федерация, МПК А01D 45/30. Устройство для сбора семян : № 2011131074/13 : заявл. 25.07.2011 : опубл. 20.04.2013 / В. С. Курасов, В. В. Куцеев, В. В. Драгуленко, С. Г. Руднев ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет".

3. Патент на полезную модель № 128448 U1 Российская Федерация, МПК А01F 11/04. Молотильное устройство для бобов люцерны : № 2012122411/13 : заявл. 30.05.2012 : опубл. 27.05.2013 / В. В. Куцеев, В. В. Драгуленко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет".

References

1. Dragulenko, V. V. Intensifikacija obmolota bobov ljucerny / V. V. Dragulenko // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa : Sbornik statej po materialam IX Vserossijskoj konferencii molodyh uchenyh, Krasnodar, 24–26 nojabrja 2015 goda / Otvetstvennyj za vypusk: A.G. Koshhaev. – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2016. – S. 335-336.

2. Patent № 2479192 C2 Rossijskaja Federacija, MPK A01D 45/30. Ustrojstvo dlja sbora semjan : № 2011131074/13 : zajavl. 25.07.2011 : opubl. 20.04.2013 / V. S. Kurasov, V. V. Kuceev, V. V. Dragulenko, S. G. Rudnev ; zajavitel' Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija "Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet".

3. Patent na poleznuju model' № 128448 U1 Rossijskaja Federacija, MPK A01F 11/04. Molotil'noe ustrojstvo dlja bobov ljucerny : № 2012122411/13 : za-javl. 30.05.2012 : opubl.

27.05.2013 / V. V. Kuceev, V. V. Dragulenko ; zajavitel' Federal'noe gosudarstvennoe bju-dzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet".