

УДК 631.361.022

UDC 631.361.022

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

Technologies and means of agricultural mechanization

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО МОЛОТИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

PRINCIPLE OF DIFFERENTIAL THRESHING DEVICE OPERATION

Трубиллин Евгений Иванович
д-р. техн.наук, профессор
SPIN - код автора: 6414-8130
email: trubilinei@mail.ru

Trubilin Evgeniy Ivanovich
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN code: 6414-8130
email: trubilinei@mail.ru

Богус Азамат Эдуардович
ст. преподаватель кафедры «Процессы и машины в агробизнесе», SPIN - код автора: 9567-1848
email: azamat089@gmail.com

Bogus Azamat Eduardovich
Senior Lecturer
RSCI SPIN code: 9567-1848
email: azamat089@gmail.com

Кузьменко Арсений Дмитриевич
студент
SPIN - код автора: 3632-8067
email: kuzmenkomh1621@gmail.com

Kuzmenko Arseniy Dmitrievich
student
RSCI SPIN - code: 3632-8067
email: kuzmenkomh1621@gmail.com

Котов Дмитрий Алексеевич
студент
SPIN - код автора: 6437-0667
email: kotov.dmitriy.1990@gmail.com
ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия

Kotov Dmitriy Alekseevich
student
RSCI SPIN - code: 6437-0667
email: kotov.dmitriy.1990@gmail.com
Kuban state agrarian university, Krasnodar, Russia

Планетарные механизмы используются для создания рабочего движения исполнительных органов металлургических и горнопроходческих машин. Вальцовые рабочие органы, для привода которых, применяются планетарные механизмы, все чаще находят применение и в конструкциях уборочных машин. Процессы, происходящие в дифференциальных молотильных устройствах уборочных машин, плохо изучены, по причине отсутствия информации о свойствах материала при возникновении в них быстро изменяющихся напряжений. Данная работа является результатом анализа предшествующих как теоретических, так и экспериментальных исследований в области обмолота. Нами описана технологическая схема работы ударно-вибрационного молотильного устройства и принцип его работы. Рассмотрены возможные варианты расстановки вальцов барабана и подбарабанья. Выявлена взаимосвязь между угловыми скоростями барабана, вальцов барабана и подбарабанья. Установка на молотильном устройстве трёхгранных вальцов по предложенной нами схеме дает возможность дополнительной встряски всей обмолачиваемой рисовой массы от 75 до 110 раз в секунду

Planetary mechanisms are used to create the working movement of the Executive bodies of metallurgical and mining machines. Roller working bodies, for the drive of which planetary mechanisms are used, are increasingly being used in the designs of harvesting machines. The processes occurring in the differential threshing devices of harvesting machines are poorly understood, due to the lack of information about the properties of the material in the event of rapidly changing stresses in them. This work is the result of the analysis of previous theoretical as well as experimental studies in the field of threshing. We describe the technological scheme of the shock-vibration threshing device and the principle of its operation. The possible variants of arrangement of drum rolls and drumming are considered. The relationship between the angular velocities of the drum, the drum rolls and the sub-drum is elucidated. Installation of three-sided rollers on the threshing device according to the scheme proposed by us allows additional shaking of the whole threshed rice mass from 75 to 110 times per second

Ключевые слова: УДАРНО-ВИБРАЦИОННОЕ МОЛОТИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО, МНОГОГРАННЫЙ ВАЛЕЦ, УГЛОВАЯ СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ, КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ, РАЗРУШЕНИЕ СВЯЗЕЙ ЗЕРНА, ИНТЕНСИВНЫЙ ОЧЕС,

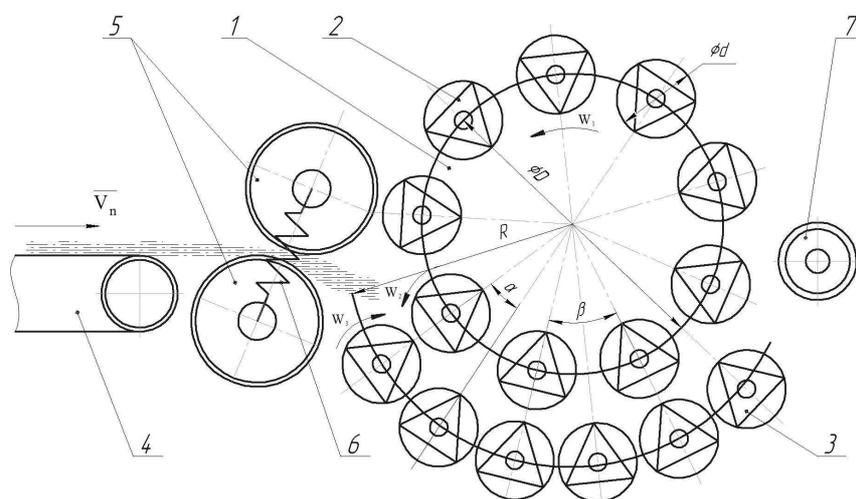
Keywords: SHOCK VIBRATION THRESHING DEVICE, MULTI-FACETED DRUM, ANGULAR VELOCITY OF ROTATION, KINEMATIC RELATIONSHIP, DESTRUCTION OF THE BONDS OF THE GRAIN, INTENSE TOW, ANGLE OF

Введение. В последнее время в практике конструирования уборочных машин все большее применение находят вальцовые рабочие органы, для привода которых, чаще всего, применяются планетарные и дифференциальные механизмы.

Планетарные механизмы давно используются для создания рабочего движения исполнительных органов металлургических горнопроходческих, сельскохозяйственных [6] и других машин.

Общая схема молотильного устройства

На барабане 1, вращающемся вокруг оси O_1 с угловой скоростью (рисунок 1.) установлены по окружности $\varnothing D$ трех или четырехгранные вальцы с диаметром описанной окружности $\varnothing d$. Вращаясь вместе с барабаном с угловой скоростью ω_1 , вальцы независимо от барабана приводят-ся во вращение с угловой скоростью ω_2 вокруг собственных осей.

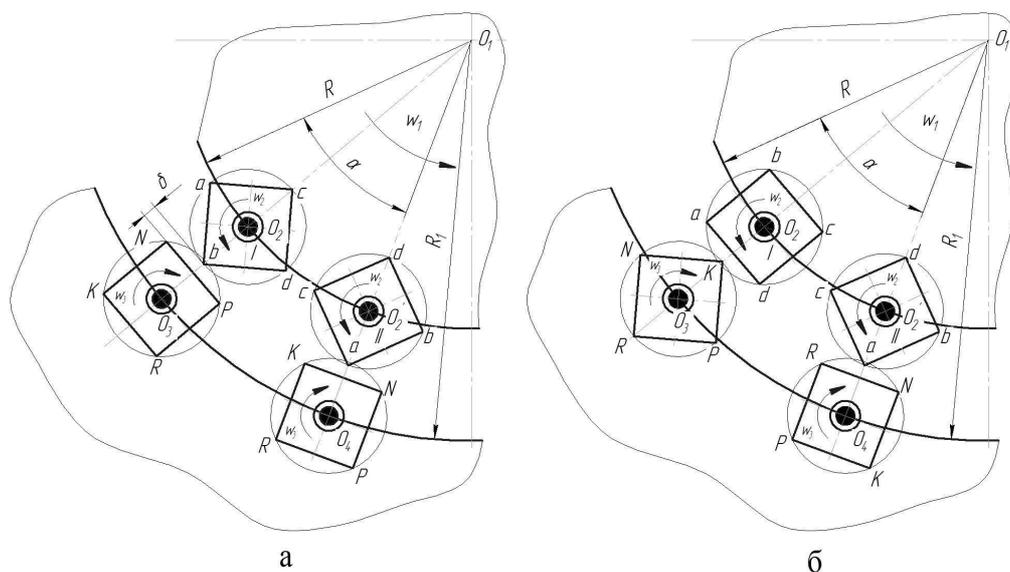


- 1 – молотильный барабан; 2 – многогранный валец барабана;
3 – многогранный валец подбарабанья; 4 - цепочно-планчатый транспор-тер; 5 - питающие вальцы; 6 – пружина; 7 – отбойный битер

Рисунок 1 - Схема работы молотильного аппарата ударно-вибрационного воздействия.

Направления вращения барабана и вальцов на нем совпадают. Вальцы подбарабанья вращаются в сторону, противоположную вращению барабана с угловой скоростью ω_3 , равной угловой скорости вращения вальцов барабана.

Угловые скорости ω_1 , ω_2 , ω_3 барабана, вальцов барабана, подбарабанья должны быть связаны друг с другом и не могут быть назначены произвольно [3]. Для более ясного представления связи между угловыми скоростями барабана и вальцов обратимся к рисунку 2, на которых изображены секторы барабана и подбарабанья с установленными на них вальцами в более крупном масштабе. На барабане изображен один валец, а на подбарабанье два. Исходные положения вальца на барабане обозначено цифрой I, конечное - II.



- а)- ребро вальца подбарабанья взаимодействует с гранью вальца барабана;
- б)- грань вальца подбарабанья взаимодействует с ребром вальца барабана;

Рисунок 2 - К пояснению принципа действия молотильного устройства в зависимости от начальной установки вальцов:

Угловые скорости ω_1 , ω_2 должны быть связаны таким образом,

чтобы за время перехода центра вальца на барабане из положения O_2 в положение O'_2 , то есть при повороте барабана на угол α , равный углу расстановки вальцов подбарабанья, сам валец на барабане вокруг своей оси O_2 повернулся на угол, соответствующий целому числу граней [2].

Из схем видно, что если в положении O_2 с гранью вальца в подбарабанье взаимодействовало ребро b , то в положении O'_2 со следующим вальцом подбарабанья взаимодействует ребро a .

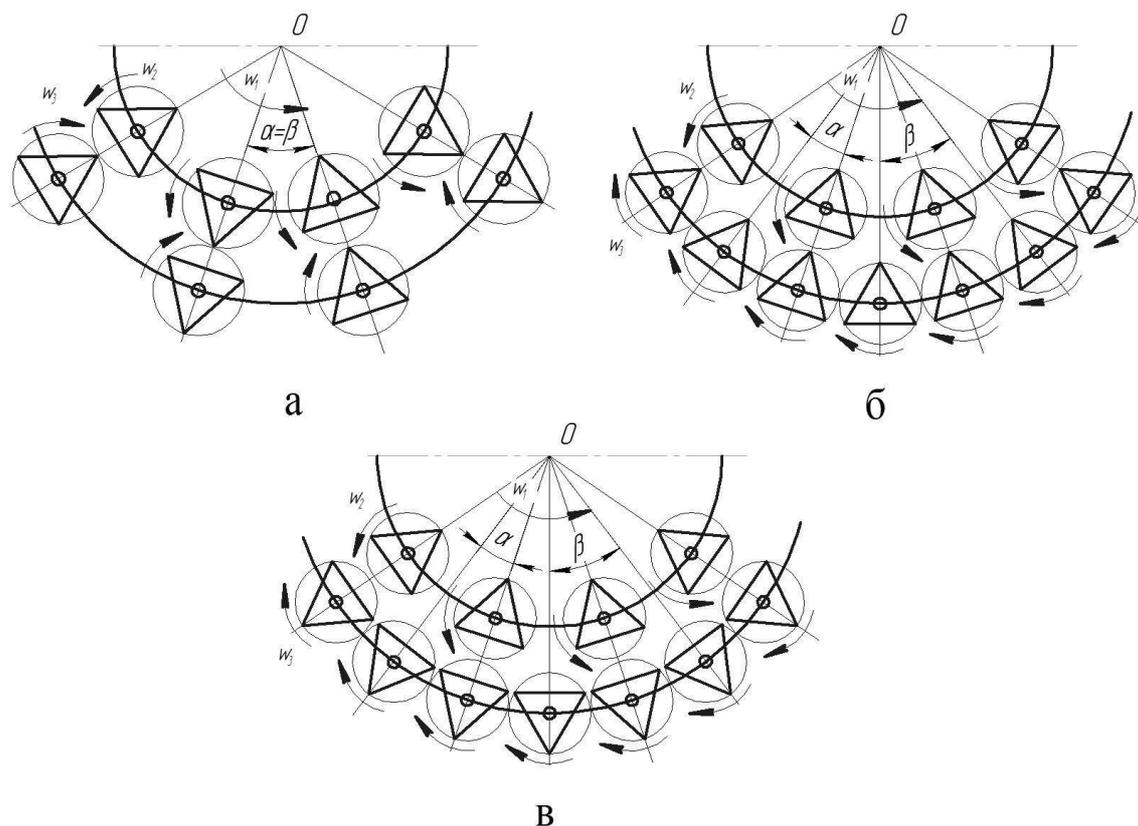
Таким образом, пока центр вальца на барабане описал дугу $O_2O'_2$, его валец повернулся вокруг своей оси на угол $\frac{2\pi}{i}$, где i - число граней вальца.

Однако, число граней (ребер), на которые могут повернуться вальцы, не обязательно должно быть равно единице, как в рассмотренном случае. Но обязательно, чтобы три величины $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ были связаны однозначно.

Установка вальцов в аппарате не произвольна [1]. Возможные варианты их взаимного расположения приведены на рисунке 3. Следует отметить, что вариант a установки вальцов требует обязательно четного их числа на барабане, а варианты b и b осуществимы при любом количестве вальцов на барабане.

Естественно, что выбор варианта взаимного расположения вальцов зависит от физико-механических свойств обмолачиваемой культуры.

При любом варианте установки вальцов молотильного аппарата кинематическая связь угловых скоростей ω_1 и ω_3 должна быть такова, чтобы относительная угловая скорость вальца барабана была равной абсолютной угловой скорости вальца подбарабанья



- а)- углы расстановки вальцов барабана и подбарабанья равны;
 б, в)- угол расстановки вальцов барабана в два раза больше угла расстановки их в подбарабанье

Рисунок 3 - Начальная установка вальцов молотильного аппарата

Несоблюдение этого условия приведет к столкновению вальцов, если их описанные окружности пересекаются, или к хаотическому перемещению обмолачиваемой массы в молотильной щели [5].

Угол расстановки вальцов в подбарабанье равен углу расстановки их на барабане рисунок 3. Зазор между вальцами барабана и подбарабанье δ сделан регулируемым в радиальном направлении, а также позволяет получить постепенно увеличивающийся или уменьшающийся к выходу зазор. Естественно, что в этом случае подбарабанье не будет концентричным барабану.

На рисунках 1, 2, 3 иллюстрирующих принцип работы молотильного аппарата, у всех вальцов зазор постоянный, на схеме видно, что при опре-

деленном зазоре описанные окружности вальцов на барабане и подбарабанные могут не только касаться, но и пересекаться. Поэтому, точная начальная установка вальцов относительно друг друга имеет здесь важное значение.

Для выяснения взаимосвязи между угловыми скоростями барабана, вальцов барабана и подбарабанья обратимся к схеме на рисунке 2.

За время, пока точка O_2 - центр вальца на барабане описывает дугу $O_2O'_2$, вальцы барабана и подбарабанья должны синхронно повернуться относительно своих осей на угол

$$\varphi = \frac{2\pi}{i} m, \quad (1)$$

где m - любое целое число;

i - число граней вальцов.

Время, за которое центр вальца O_2 переместятся в положение O'_2 , равно

$$t_1 = \frac{\cup O_2O'_2}{V}, \quad (2)$$

где $\cup O_2O'_2 = \alpha R$ - длина дуги, м;

$V = \omega_1 R$ - линейная скорость точки O_2 , м/с;

ω_1 - угловая скорость барабана, рад/с;

R - радиус барабана, м.

Подставив в формулу (2) значения величин, получим

$$t_1 = \frac{\alpha R}{\omega_1 R} = \frac{\alpha}{\omega_1}, \quad (3)$$

Время, за которое вальцы повернутся на угол φ , равно

$$t_2 = \frac{\varphi}{\omega_2} = \frac{2\pi m}{i \omega_2}, \quad (4)$$

Так как время t_2 поворота вальцов и t_1 поворота барабана равны

между собой, получим

$$\frac{\alpha}{\omega_1} = \frac{2\pi m}{i\omega_2},$$

откуда

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{2\pi m}{i\alpha}. \quad (5)$$

В равенстве (4) обобщенный параметр m означает число граней или ребер, на которые должны повернуться вальцы барабана и подбарабанья за время, пока барабан повернется на угол α . Величина m может быть и дробным числом, кратным 0,5. Соотношение (5) положено в основу кинематического расчета привода как лабораторной, так и полевого варианта молотильного устройства [4].

Ограничившись приведенным примером, можно представить принцип работы предлагаемого молотильного устройства. Примеры, приведенные для пояснения принципа действия, иллюстрированы чертежами, на которых число граней вальцов равно 3 и 4. Однако, все вышеприведенные рассуждения действительны и в случае установки вальцов с любым числом граней. В дальнейшем, для краткости изложения, предлагаемый молотильный аппарат будем называть дифференциальным.

Работа дифференциального молотильного устройства

Обмолачиваемая рисовая масса, с помощью транспортера 4 и подающих вальцов 5 подводится к молотильному аппарату (рисунок 1.). Окружная скорость подающих вальцов, с которой подается и хлебная масса меньше абсолютной линейной скорости ребер вальцов барабана в $12 \div 20$ раз, что способствует интенсивному очесу рабочими вальцами. Разрушение связей зерна с колосом осуществляется не только за счет очеса, но и удара ребер вальцов по хлебной массе и ее вибрации. Вымолоченные зерна сепарируются между вальцами подбарабанья. После прохождения соломи-

стой массой последней пары вальцов, она с помощью отбойного битера 7 выводится из устройства и направляется на дальнейшую очистку.

Широкий диапазон регулирования угловых скоростей барабана и вальцов ω_2 , то есть регулировка технологического режима работы с помощью двух параметров, а также возможность многовариантной установки вальцов в аппарате способствует применению этого аппарата на обмолоте различных сельскохозяйственных культур.

Нами исследуется молотильный аппарат (рисунок 1.) с 9 вальцами на барабане и 6 вальцами в подбарабанье. Угол расстановки вальцов подбарабанья в 2 раза меньше угла расстановки вальцов барабана, то есть $\beta = 2\alpha$.

Для такого варианта расстановки вальцов подбарабанья все полученные ранее соотношения остаются в силе.

Выводы:

Вариант установки вальцов по схеме (рисунок 3 в.) дает возможность дополнительной встряски всей обмолачиваемой рисовой массы от 75 до 110 раз в секунду трехгранными вальцами, что способствует лучшему выделению зерна из вороха.

Библиографический список

1. Григораш О.В. Расчет мощности и выбор элементов ветроэлектрической установки [Текст] /Григораш О.В., Квитко А.В., Сторожук Т.А.// Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 43, с. 300-303.
2. Бегдай С.Н. Адсорбционные холодильные установки в системах тригенерации [Текст] / Бегдай С.Н., Сторожук Т.А.// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2017, № 8, с. 88-93.
3. Патент РФ № 2197805 МПК⁷ С2 А01С3/00. Устройство для обеззараживания навозных стоков [Текст]/ Т.А. Сторожук, И.А. Потапенко, С.В. Сторожук, Н.В. Когденко// заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Кубанский ГАУ; Заявка:2000124654/13, 27.09.2000. Опубл. 10.02.2003. Бюл. № 4
4. Патент РФ № 2248112 МПК⁷ С2 А01С3/00. Устройство для обеззараживания навозных стоков [Текст] /Т.А. Сторожук, И.А. Потапенко, С.В. Сторожук, А.Л. Кулакова// заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Кубанский ГАУ; Заявка: №2000128866/12, 17.11.2000. Опубл. 20.03.2005.
5. Патент РФ № 2199848 МПК⁷ С2 А01С3/00. Устройство для обеззараживания навозных стоков [Текст] / Т.А. Сторожук, А.Л. Кулакова, И.А. Потапенко, Ю.С. Сторо-

жук; заявитель и патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет (RU) – № 2001116798/13; заявл. 15.06.2001; опубл. 10.03.2003 – 3 с. : ил. 1

6. Сторожук Т.А. Использование программного обеспечения для проектирования линии транспортирования биологических отходов животноводческих ферм [Текст] // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность, 2016, № 2-3 (2627), с.151-155

References

1. Grigorash O.V. Raschet moshchnosti i vybor elementov vetroelektricheskoy ustanovki [Tekst] /Grigorash O.V., Kvitko A.V., Storozhuk T.A.// Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 43, s. 300-303.

2. Begday S.N. Adsorbtsionnyye kholodil'nyye ustanovki v sistemakh trigeneratsii [Tekst] / Begday S.N., Storozhuk T.A.// Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova, 2017, № 8, s. 88-93.

3. Patent RF № 2197805 MPK⁷ S2 A01S3/00. Ustroystvo dlya obezzarazhivaniya navoznykh stokov [Tekst]/ T.A. Storozhuk, I.A. Potapenko, S.V. Storozhuk, N.V. Kogdenko// zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO Kubanskiy GAU; Zayavka:2000124654/13, 27.09.2000. Opubl. 10.02.2003. Byul. № 4.

4. Patent RF № 2248112 MPK⁷ S2 A01S3/00. Ustroystvo dlya obezzarazhivaniya navoznykh stokov [Tekst] /T.A. Storozhuk, I.A. Potapenko, S.V. Storozhuk, A.L. Kulakova// zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO Kubanskiy GAU; Zayavka: №2000128866/12, 17.11.2000. Opubl. 20.03.2005.

5. Patent RF № 2199848 MPK⁷ S2 A01S3/00. Ustroystvo dlya obezzarazhivaniya navoznykh stokov [Tekst] / T.A. Storozhuk, A.L. Kulakova, I.A. Potapenko, YU.S. Storozhuk; zayavitel' i patentoobladatel' Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet (RU) – № 2001116798/13; заявл. 15.06.2001; опубл. 10.03.2003 – 3 с. : ил. 1

6. Storozhuk T.A. Ispol'zovaniye programmnoy obespecheniya dlya proyektirovaniya linii transportirovaniya biologicheskikh otkhodov zhivotnovodcheskikh ferm [Tekst] // Chrezvychaynyye situatsii: promyshlennaya i ekologicheskaya bezopasnost', 2016, № 2-3 (2627), s.151-155.