

ДИНАМИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БАРАБАНА-УСКОРИТЕЛЯ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА С ЗЕРНОВКОЙ

Ожерельев В.Н., Никитин В.В., Адылин И.П.

Брянский государственный аграрный университет, Брянск

Ключевые слова: уборка зерна, зерноуборочный комбайн, молотильный барабан, барабан-ускоритель, ударное взаимодействие, упругость зерновки.

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос переориентации барабана-ускорителя с молотильного воздействия на очесанный зерновой ворох на выделение из него свободного зерна. Рассмотрен процесс ударного воздействия бича на зерновку. Изучены упругие свойства зерновок пшеницы, полученные путем сопоставления высоты их отскока от стальной плиты с высотой падения. Установлено, что в среднем высота отскока составляет 19% от высоты падения. Следовательно, доминирует процесс перехода кинетической энергии свободного падения во внутреннюю энергию материала зерна. В связи с этим зерновка может быть травмирована и даже разрушена. Целесообразно снабдить бичи барабана-ускорителя эластичными накладками.

DYNAMICS OF INTERACTION OF THE ACCELERATOR DRUM OF A GRAIN HARVESTER WITH A GRAIN

Ozherelyev V.N., Nikitin V.V., Adylin I.P.

Bryansk State Agrarian University, Bryansk

Keywords: grain harvesting, grain harvester, threshing drum, accelerator drum, impact interaction, grain elasticity.

Abstract. The article considers the issue of reorientation of the accelerator drum from the threshing effect on the stripped grain heap to the separation of free grain from it. The process of impact action of the beater on the grain is considered. The elastic properties of wheat grains are studied, obtained by comparing the height of their rebound from a steel plate with the height of the fall. It is found that, on average, the rebound height is 19% of the fall height. Consequently, the process of transition of the kinetic energy of free fall into the internal energy of the grain material dominates. In this regard, the grain can be injured and even destroyed. It is advisable to equip the beaters of the accelerator drum with elastic linings.

Перспективная с точки зрения производительности и экономии энергозатрат уборка зерна методом его очеса на корню пока не находит должного применения. Отчасти, это связано с тем, что зерноуборочный комбайн традиционного конструктивного исполнения не приспособлен к эффективной работе с очесанным зерновым ворохом [1, 2].

Проблема вызвана тем, что последний содержит до 80% свободного зерна [3]. При конструировании комбайна традиционно принято рассчитывать на относительно высокую солоmistость поступающей на обмолот массы. При скашивании зерновых традиционной жаткой соотношение между зерном и соломой в среднем варьируется близко к отношению 1:1,5. Поэтому целесообразно было бы свободное зерно из вороха выделить до его поступления в молотилку и направить непосредственно в систему очистки.

Наиболее проработанным является вариант выделения свободного зерна из очесанного вороха на решетчатом днище наклонной камеры комбайна [4].

Проблема может быть решена с меньшими затратами, если брать за основу комбайн с двухбарабанной молотилкой (рис. 1). Для его адаптации на работу с очесанным ворохом достаточно оптимизировать конструкцию переднего баобаана-ускорителя 3 и его подбарабанья 4. По сути, барабан-ускоритель должен быть переориентирован с функции вымолота зерна на его сепарацию. То есть, основная масса свободного зерна должна пройти через отверстия подбарабанья 4, а недомолоченные колосья и имеющиеся куски соломин поступают в зазор между основным молотильным барабаном 1 и подбарабаньем 2 (рис. 1).

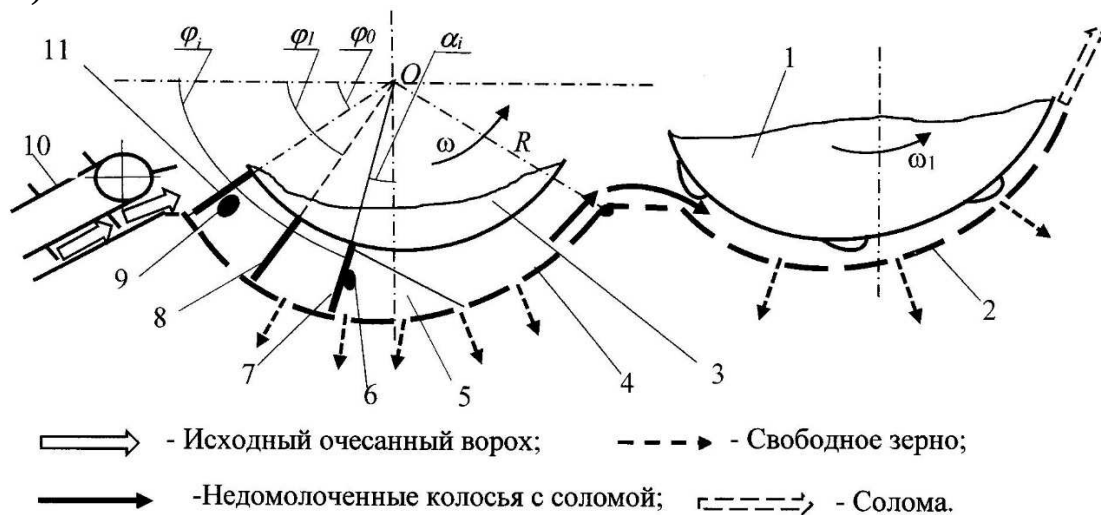


Рис. 1. Процесс выделения из очесанного вороха свободного зерна барабаном-ускорителем зерноуборочного комбайна: 1 – барабан молотильный; 2, 4 – подбарабаны; 3 – барабан-ускоритель; 5 – объем вороха, перемещаемого одним бичом; 6, 9 – зерновки; 7, 8, 11 – бичи барабана-ускорителя; 10 – наклонный плавающий транспортер

Практика работы с уборочной техникой свидетельствует о том, что кроме эффективности отделения зерна от колоса актуальной проблемой является повреждение зерновок. Установлено, что доля дробленого зерна может достигать 5% [6, 7]. Кроме того, значительная часть зерен может получить внутренние повреждения, что может отрицательно отразиться на качестве, например, семенного материала. В связи с этим целесообразно более подробно рассмотреть процесс взаимодействия бича 11 барабана-ускорителя 3 с зерновкой 9.

Во-первых, установим, почему взаимодействие носит ударный характер. Это обусловлено тем, что скорость подачи массы наклонным плавающим транспортером 10 составляет порядка 5 м/с, тогда как окружная скорость молотильного барабана 1 при обмолоте пшеницы достигает 30 м/с. Окружная скорость бича 11 барабана-ускорителя 3 у комбайна КЗС-1218 составляет 80% от

окружной скорости молотильного барабана (то есть, до 24 м/с). Отсюда следует, что бич 1 барабана-ускорителя должен осуществить разгон поступившей массы от наклонного транспортера, в том числе, при его непосредственном ударном взаимодействии с зерновкой 3 (рис. 2).

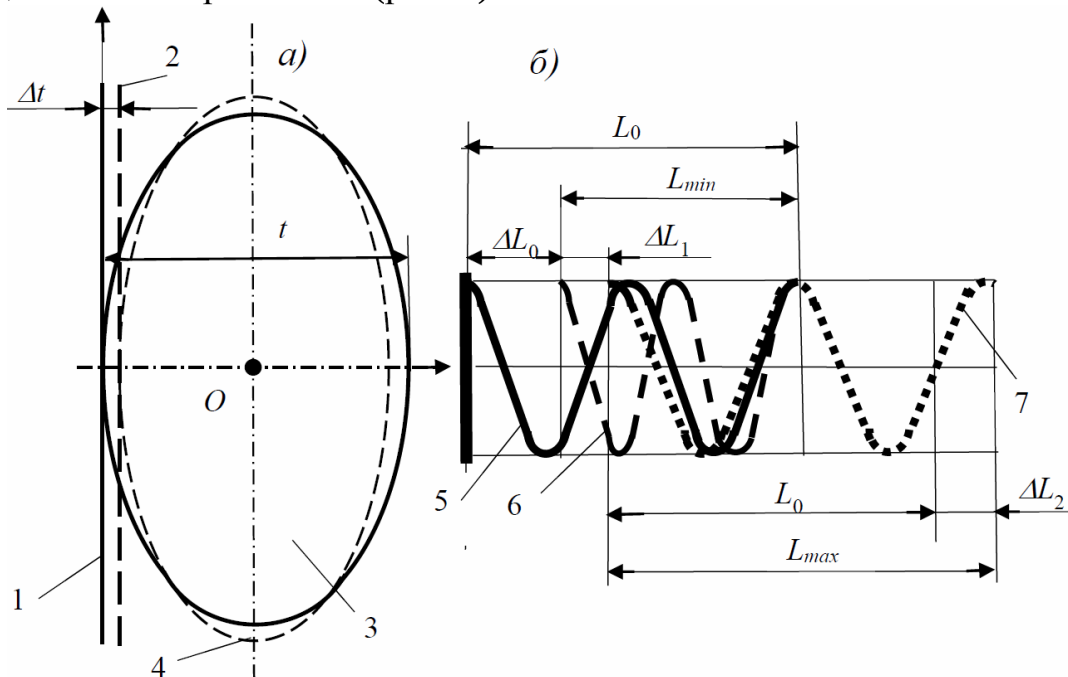


Рис. 2. Упругая деформация зерновки при ударе бича: а – деформация зерновки; б – принципиальная схема колебания; 1, 2 положения бича; 3, 4 – форма зерновки до удара и при ударе, соответственно; 5-7 – фазы колебания пружины

Если условно принять, что зерновка 3 представляет собой квазиупругое тело толщиной t , то для выравнивания скоростей должна произойти трансформация избыточной кинетической энергии бича 1 в энергию упругой деформации зерновки (тело 4). При этом в идеальном случае ее толщина должна временно уменьшиться на $2\Delta t$, с перераспределением избыточного объема по иным пространственным осям.

Чтобы проиллюстрировать процесс ударного взаимодействия рассмотрим его на примере пружины сжатия (рис. 2б). Удар слева сжимает пружину исходной длины L_0 на величину ΔL_0 , то есть, до длины $L_{\min}$. Поскольку давление с левого торца продолжается, то пружина может распрямляться только вправо на величину ΔL_2 , превышая при этом исходную длину ($L_{\max} > L_0$). Далее сила упругости сжимает пружину с правого торца при продолжающемся перемещении вместе с бичом левого (на величину ΔL_1). При этом амплитуда колебания торцов пружины уменьшается, то есть $\Delta L_2 < \Delta L_0$. Таким образом, процесс выравнивания скорости принимает форму затухающего колебания.

На рисунке 1 процесс разгона зерновки 9 происходит от исходного угла поворота барабана (от горизонтальной оси) φ_0 до угла φ_1 . Поскольку скорости контактирующих тел выравниваются, то при повороте бича на некоторый угол $\varphi_I > \varphi_1$ процесс сжатия перемещаемого бичом объема вороха 5 (в том числе и непосредственно контактирующей с ним зерновки 6) практически прекращается и начинается процесс соскальзывания компонентов вороха в отверстия подбарабана 4.

В отличие от пружины реальная зерновка обладает гораздо меньшими упругими свойствами. В связи с этим при взаимодействии с бичом большая часть кинетической энергии должна переходить в ее потенциальную (внутреннюю) энергию. То есть, закон сохранения энергии для этого случая примет следующий вид

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} - m \frac{(v_2 - v_1)^2}{2} + \Delta E, \quad ,$$

где m – масса зерновки, кг; v_1 – начальная скорость зерновки, м/с; v_2 – скорость бича, м/с; ΔE – дополнительная внутренняя энергия системы, Дж.

Чтобы оценить степень упругости зерна был проведен эксперимент. Зерновку сбрасывали с высоты 123 мм на стальную плиту толщиной 25 мм. Процесс ее падения и отскока фиксировали камерой для скоростной съемки на фоне метрической шкалы. С помощью покадрового просмотра видео устанавливали максимальную высоту отскока. Опыт был выполнен со 150 зернами пшеницы и 170 зернами ячменя. В результате установлено, что высота отскока зерен пшеницы варьируется от 4 до 48% высоты падения. В среднем величина отскока составляла 19,5% от высоты падения.

Вывод. Степень упругости зерен недостаточна для их безущербного контакта с рабочими органами барабана-ускорителя, в связи с чем при переориентации комбайна на работу с очесанным зерновым ворохом целесообразно снабдить бичи эластичными накладками.

Список литературы

1. Бурьянов А.И., Пасечный Н.И. Обоснование класса комбайна для уборки зерновых методом очеса // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2004. – №4 – С. 21-23.
2. Леженкин А.М., Кравчук В.И., Кушнарев А.С. Технология уборки зерновых методом очесывания на корню: состояние и перспективы. – Дослідницьке, 2010. – 400 с.
3. Ожерельев В.Н., Никитин В.В., Алакин В.М., Становов С.Н. Исследование параметров очесанного зернового вороха // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – №1. – С. 7-9.
4. Ожерельев В.Н., Никитин В.В. Сепарация очесанного зернового вороха на решетчатом днище наклонной камеры комбайна // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, №3. – С. 35-40. – doi.org/10.26897/2687-1149-2023-3-35-40.
5. Никитин В.В., Ожерельев В.Н. Влияние угла наклона решетки на эффективность предварительной сепарации очесанного вороха // Инженерные технологии и системы. – 2024. – Т. 34, №1. – С. 26-43.
6. Бурьянов М.А., Бурьянов А.И., Червяков И.В., Горячев Ю.О. Разработка и совершенствование методов обоснования технологии комбайновой уборки зерновых колосовых культур очесом // Вестник аграрной науки Дона. – 2017. – №38. – С. 59-72.
7. Шабанов Н.П. Разработка и обоснование устройства для сепарации очесанного зернового вороха в наклонной камере зерноуборочного комбайна: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Симферополь, 1997. – 26с.

Сведения об авторах:

Ожерельев Виктор Николаевич – д.с.-х.н., профессор, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве;

Никитин Виктор Васильевич – д.т.н., доцент, заведующий кафедрой технического сервиса;

Адылин Иван Петрович – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве.