

подачи в канал. Дальнейшее увеличение доли зерна, выводимого с решет без подачи в канал, приводит к снижению выделения в нем легковесных компонентов вороха. Это объясняется тем, что, несмотря на рост полноты выделения при уменьшении концентрации вороха в канале, в большей степени уменьшается количество зернового вороха, подаваемого в канал.

Уменьшение концентрации вороха в канале послерешетной аспирации, а следовательно снижение его сопротивления, сказывается и на работе канала дорешетной очистки, обслуживаемого тем же воздушным потоком. Так, при максимальном выделении легковесных компонентов вороха в пневмосепарирующем канале послерешетной аспирации выделение каналом дорешетной аспирации достигает 2,3—2,32 %. В случае, если весь ворох с сортировальных решет направляется в канал послерешетной очистки, выделение легковесных компонентов вороха каналом дорешетной очистки составляет 2—2,05 %.

При удельной нагрузке 160 кг/(ч · дм²), несмотря на ухудшение качественных показателей очистки, особенно размерных характеристик, также подтверждена целесообразность вывода до 30—35 % зернового вороха в основную фракцию из нижнего слоя без дополнительной очистки в канале послерешетной аспирации. При этом по качественным показателям (масса 1000 зерен, содержание полноценного зерна со скоростью витания ≥ 8 м/с

и толщиной $\geq 2,6$ мм) эта часть зерна не уступает зерну, прошедшему очистку в канале. Выделение легковесных компонентов вороха в пневмосепарирующем канале послерешетной аспирации возрастает с 0,56 до 0,68 %, или в 1,21 раза, каналом дорешетной аспирации — с 1,35 до 1,49 %, или в 1,1 раза.

Выводы

При работе двухаспирационных зерноочистительных машин с установкой в одном ярусе трех сортировальных решет в длину в режиме первичной очистки до 30—35 % зерна нижнего слоя может быть выведено с конца сортировальных решет без подачи в канал послерешетной аспирации.

По качественным показателям (масса 1000 зерен, содержание полноценного зерна со скоростью витания ≥ 8 м/с и толщиной $\geq 2,6$ мм) эта часть зерна не уступает зерну, прошедшему очистку в канале послерешетной аспирации.

Вывод части зернового вороха с сортировальных решет без подачи в канал послерешетной аспирации у двухаспирационных зерноочистительных машин с последовательным обслуживанием аспираций одним воздушным потоком позволяет увеличить выделение легковесных компонентов вороха пневмосепарирующим каналом послерешетной аспирации в 1,2—1,23 раза и каналом дорешетной аспирации в 1,1—1,15 раза.

УДК 631.354:33

Влияние угла наклона рифов на энергоемкость молотильного устройства

Д-р с.-х. наук В. Н. ОЖЕРЕЛЬЕВ (Брянский ф-л МИИТ), канд.-ты техн. наук В. В. НИКИТИН, Н. В. СИНЯЯ (Брянская ГСХА, ing@bgsha.com)

Аннотация. Получена зависимость энергоемкости процесса выделения зерна из колоса от угла наклона рифов на рабочих органах молотильного устройства при знакопеременном характере нагружения связей.

Ключевые слова: зерно, молотильное устройство, энергоемкость, обмолот, работа.

Использование в конструкции молотильного устройства зерноуборочного комбайна знакопеременного характера нагружения связей зерна с колосом обеспечивает снижение энергоемкости обмолота в 4—5 раз по сравнению с традиционным барабаном бильного типа [1].

Ввиду того, что реализовать практически такой способ выделения зерна из колоса удалось только в последние годы, технологические и энергетические параметры процесса изучены недостаточно [2]. В частности, неизвестен оптимальный угол наклона рифов на рабочих органах молотильного устройства, обеспечивающий полноту выделения зерна из колоса при минимуме энергозатрат. Кроме того, отсутствуют исчерпывающие данные о дроблении зерна рабочими органами молотилки. Это существенным образом осложняет оптимизацию режимов ее работы.

Разработана экспериментальная установка (рис. 1), позволяющая имитировать знакопеременный характер нагружения связей зерна с колосом и измерять при этом энергетические параметры процесса (пат. РФ № 2483525).

На стойке 1 закреплены дека 2 и верхняя площадка 3, рабочие поверхности которых выполнены рифлеными и размещены в пространстве так, что образуют молотильную камеру с регулируемым зазором. Верхняя площадка снабжена приводом 4, за счет чего может совершать угловые колебания на угол ϕ .

Энергоемкость процесса выделения зерна из колоса оценивали при обмолоте пшеницы сорта "Московская 70". На предварительно откинутую вниз деку укладывали колос 5 и посредством ручки 6 переводили ее в рабочее положение (см. рис. 1). Усилие, затраченное на разрушение связей зерна с колосом в результате угловых колебаний площадки, фиксировала тензометрическая пластина 7, снабженная датчиками, которые передавали сигнал на ноутбук через аналого-цифровой преобразователь (АЦП) L-Card LTR-212 на всем протяжении рабочего процесса.

После осуществления верхней площадкой заданного числа колебаний электромагнит 8, втягивая шток 9, поворачивал защелку 10, резко выводя деку из молотиль-

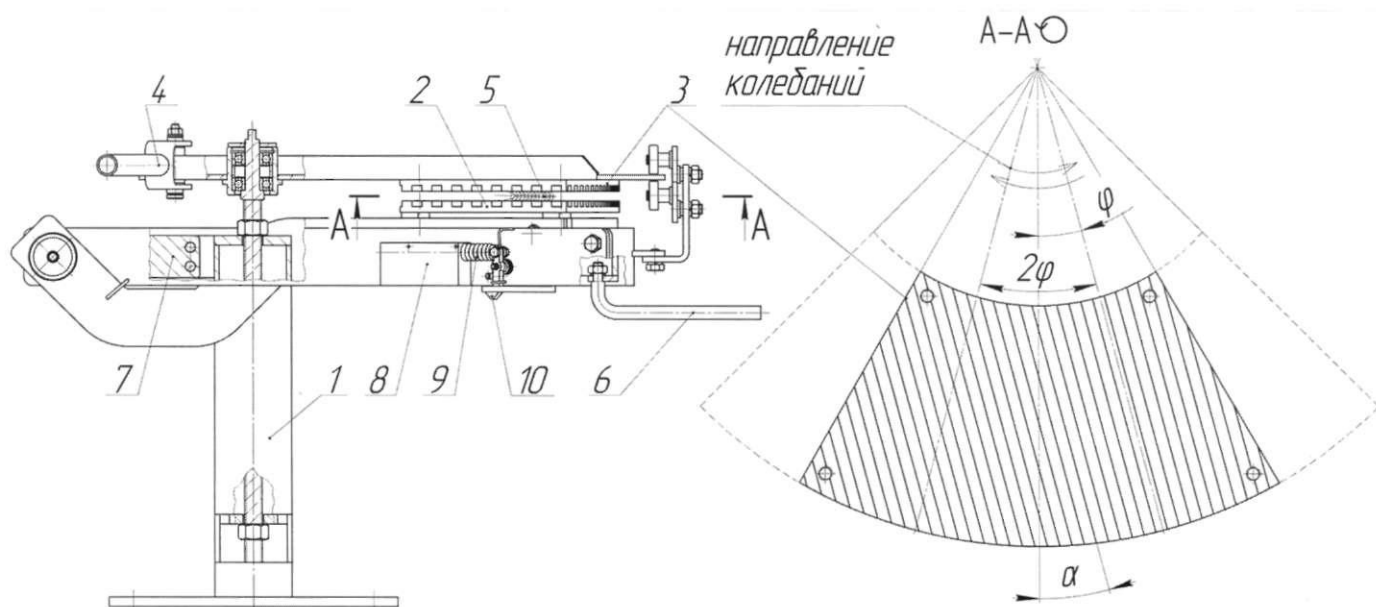


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

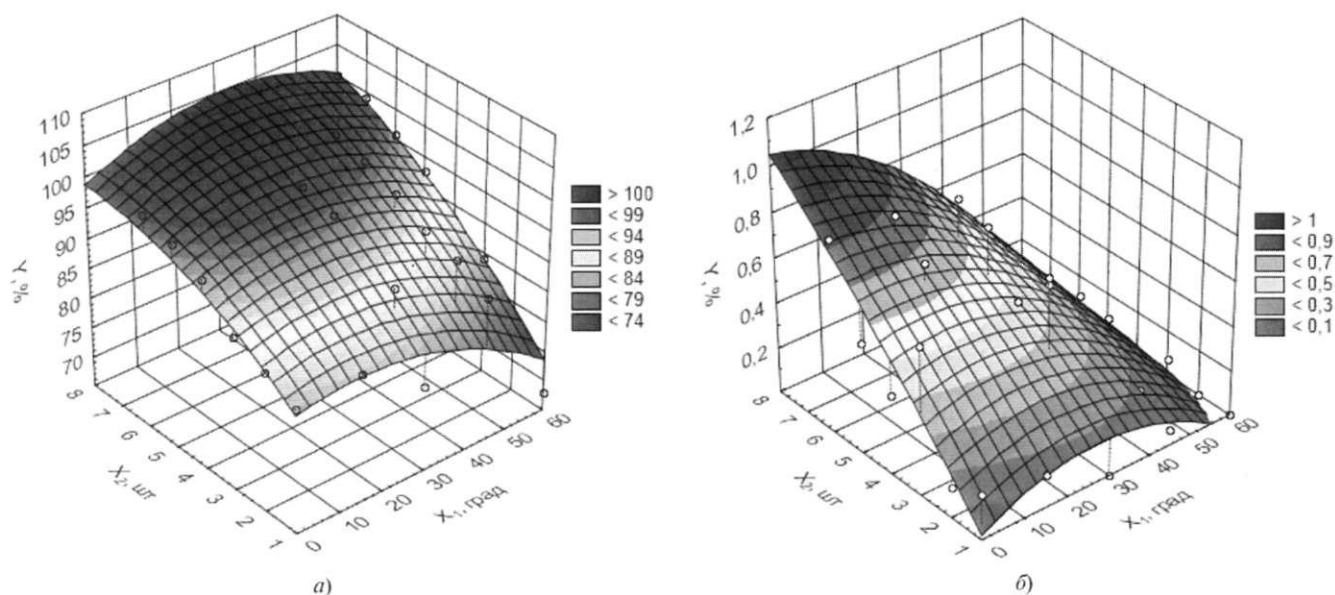


Рис. 2. Поверхность отклика при взаимодействии факторов — угла наклона рифов и количества нагружений связей зерна с колосом

ной камеры вниз. Таким образом исключалось влияние процессов разгона и торможения колебательных движений на результаты измерений, т. е. замеры проводились в установившемся режиме.

Опыт был спланирован как полнофакторный с пятью уровнями варьирования угла α (0; 15; 30; 45 и 60°) наклона рифов верхней площадки и последовательным увеличением числа ее колебаний до полного выделения из колоса всех зерен. При проведении серии экспериментов последовательность изменения угла наклона рифов была случайной. Угол наклона рифов деки был равен нулю. Зазор в молотильной камере составлял 2 мм. Выбор данного параметра обусловлен минимальной энергоемкостью процесса обмолота при проведении предварительных экспериментов [1] и соответствует

зазору на выходе из молотильной камеры большинства современных зерноуборочных комбайнов [3]. За одно движение верхней площадки принято ее отклонение от начального положения на угол поворота $\varphi = 15^\circ$. Влажность зерна находилась в пределах 10,3 %, масса 1000 зерен составляла 48,94 г (определена весовым методом в лаборатории Брянской ГСХА). Каждый вариант опыта проведен в 25-кратной повторности. Всего учтено 800 колосьев.

Полученные данные обработаны в программах Statistica-6 и Excel. В результате построена поверхность отклика, характеризующая зависимость доли выделенных зерен от параметров процесса (рис. 2, а). Уравнение регрессии, наиболее адекватно отражающее характер зависимостей (с коэффициентом детерминации

$R^2 = 84,04 \%$), представляет собой полином второго порядка:

$$y = 80,056 + 0,144x_1 + 4,538x_2 - 0,006x_1^2 + 0,03x_1x_2 - 0,277x_2^2, \quad (1)$$

где y — доля зерен, выделенных из колоса, %; x_1 — угол наклона рифов, град.; x_2 — количество колебаний, шт.

Анализ полученных зависимостей (см. рис. 2, а) свидетельствует о том, что наиболее интенсивное выделение зерна из колоса происходит при угле наклона рифов верхней площадки $\alpha = 30...45^\circ$. В таком положении обеспечивается стопроцентное выделение зерна из колоса за 6 движений. Существенной разницы между углами наклона рифов 0; 15 и 60° не установлено.

Максимальное значение дробления зерна по результатам научных исследований находилось в пределах 0,85 %, что соответствовало $x_1 = 0^\circ$ и $x_2 = 6^\circ$ (рис. 2, б). При этом величина указанного параметра не превышала 1 %, что удовлетворяет агротехническим требованиям для семенного зерна [4]. Наиболее адекватной моделью (с коэффициентом детерминации $R^2 = 91,44 \%$) служит нелинейная регрессия с точкой разрыва. Уравнение регрессии имеет вид:

$$\begin{cases} y = 0,105 + 0,002x_1 + 0,029x_2 - 7,9 \cdot 10^{-5}x_1^2 - \\ - 0,004x_2^2 + 2,3 \cdot 10^{-4}x_1x_2 \text{ при } y \leq 0,301; \\ y = 1,465 + 0,016x_1 - 0,553x_2 - 2,5 \cdot 10^{-4}x_1^2 + \\ + 0,074x_2^2 - 1,3 \cdot 10^{-3}x_1x_2 \text{ при } y > 0,301, \end{cases} \quad (2)$$

где y — дробление зерна, %; x_1 — угол наклона рифов, град.; x_2 — количество колебаний, шт.

Основной показатель, позволяющий оценить энергоемкость молотильного устройства, — это работа, затраченная на выделение одного зерна из колоса [1]. Для ее вычисления используем полученный в результате эксперимента график, по оси абсцисс которого отложены время цикла и соответствующее ему перемещение верхней площадки, а по оси ординат — усилие, зафиксированное датчиками (рис. 3). Поскольку движения верхней площадки имели характер гармонических колебаний, то нижняя шкала (перемещение) оказалась неравномерной.

После перехода на равномерную шкалу перемещения работа, затраченная на разрушение связей зерна с колосом за одно движение, вычислена как площадь заштрихованной фигуры abc . Вычленив кривую ac из графика и аппроксимировав ее по перемещению (равномерной шкале), получим следующее уравнение регрессии:

$$F = -5710,2x^2 - 392,37x + 3,5706, \quad (3)$$

где F — сила, Н; x — линейное перемещение верхней площадки, м.

В результате вычисления площади фигуры abc с помощью программы MathCAD имеем:

$$A = \int_a^b F(x) dx = \int_0^{0,07} (-5710,2x^2 - 392,37x + 3,5706) dx = 1,76, \quad (4)$$

где A — работа, Дж; a и b — пределы интегрирования (см. рис. 3).

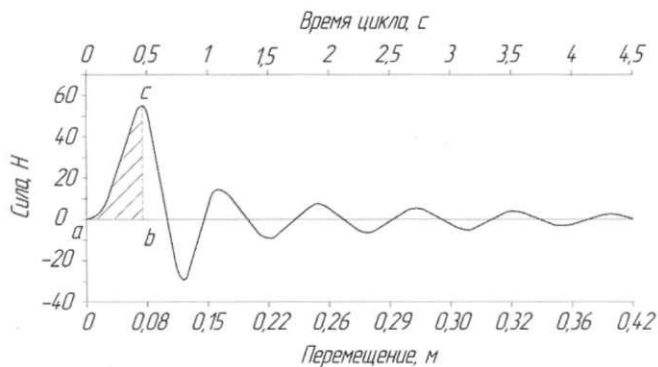


Рис. 3. График регистрации параметров АЦП

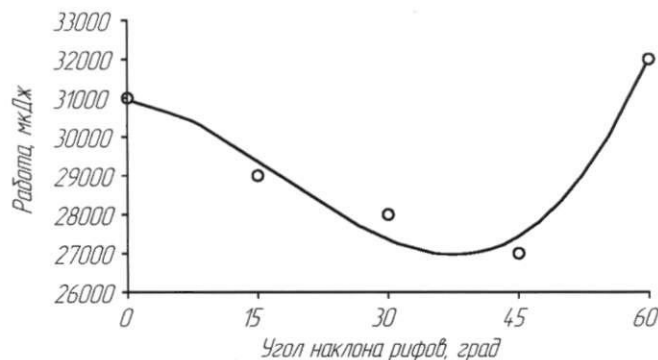


Рис. 4. Зависимость работы, затраченной на выделение одного зерна пшеницы, от угла наклона рифов

Разделив искомую площадь на количество зерен, выделенных за одно движение площадки, окончательно получаем: при угле наклона рифов 0; 15; 30; 45 и 60° работа, затрачиваемая на выделение одного зерна из колоса, составляет соответственно 0,031; 0,029; 0,028; 0,027 и 0,032 Дж (рис. 4).

Уравнение регрессии, наиболее адекватно отражающее характер зависимостей (с коэффициентом детерминации $R^2 = 95,93 \%$), представляет собой полином третьего порядка:

$$A = 0,124x^3 - 6,667x^2 - 27,778x + 30\,900, \quad (5)$$

где A — работа, мкДж; x — угол наклона рифов, град.

Анализ полученных данных (см. рис. 4) свидетельствует о том, что минимальная энергоемкость процесса выделение зерна из колоса соответствует углу наклона рифов верхней площадки, равному 45° .

Список литературы

1. Ожерельев В. Н., Никитин В. В. Энергоемкость выделение зерна из колоса // Техника в сельском хозяйстве. — 2013, № 4.
2. Ожерельев В. Н., Никитин В. В. Перспективные направления снижения энергоемкости процесса выделение зерна из колоса // Тракторы и сельхозмашины. — 2012, № 8.
3. Ожерельев В. Н. Современные зерноуборочные комбайны. — М.: Колос, 2008.
4. Халанский В. М., Горбачев И. В. Сельскохозяйственные машины. — М.: КолосС, 2004.