

взаимодействия их с внешними средами, что приводит к повышению стойкости нанокomпозиций к старению. Развитая поверхность наполнителя и упорядоченное расположение полимерных цепей способствует увеличению стойкости нанокomпозиций к вибрационным нагрузкам.

Таким образом, нанонаполнители способствуют увеличению стойкости герметиков к воздействию рабочих жидкостей до 39 %, вибрационным нагрузкам – до 18 % и старению – до 15 %, а также снижению их остаточной деформации до 33 %. Результаты проведенных исследований дают основание полагать, что использование нанонаполнителей позволит увеличить ресурс герметиков более чем в 1,5 раза. Наибольший эффект достигается при использовании в качестве наполнителя углеродных нанотрубок.

УДК 631.354.33

## ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗЕРНА ИЗ КОЛОСА

В. Н. ОЖЕРЕЛЬЕВ, В. В. НИКИТИН

*Представлены методика и результаты лабораторного эксперимента по определению работы на выделение зерна из колоса при использовании знакопеременного характера нагружения связей.*

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

Самая энергоемкая технологическая операция при комбайновой уборке зерна – обмолот. Так, например, на привод традиционного молотильного барабана приходится порядка 40 % от общей мощности двигателя зерноуборочного комбайна [1]. В связи с этим изыскание технических возможностей по уменьшению указанных затрат – актуальная научная и практическая задача.

В качестве одного из наиболее перспективных направлений снижения энергоемкости обмолота можно рассматривать использование молотильных устройств, реализующих знакопеременное нагружение связей зерна с колосом. В связи с тем, что реализовать практически такой способ выделения зерна из колоса удалось только в последние годы, технические, технологические и энергетические параметры процесса изучены недостаточно [2]. В частности, неизвестно минимальное число циклов нагружения, необходимое для гарантированного отделения от стержня колоса всех содержащихся в нем зерен. Кроме того, отсутствуют сведения о влиянии на эффективность обмолота зазора в молотильном пространстве.

В связи с этим авторами разработана экспериментальная установка (рис. 1), позволяющая имитировать знакопеременный характер нагружения связей зерна с колосом и измерять при этом энергетические параметры процесса [3]. Она содержит стойку 9 и закрепленные на ней деку 2 и верхнюю

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев В.А., Андрианов Р.А. Технология полимеров. М.: Высшая школа, 1977. 304 с.
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2005. 416 с.
3. Демьянович Б.А. Ускоренные испытания изделий машиностроения на надежность. М.: Стандарты, 1967. 108 с.
4. Голубев Г.В., Кондаков Л.М. Уплотнения и уплотнительная техника: справочник. М.: Машиностроение, 1986. 464 с.
5. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд А.С. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия, 2000. 672 с.

**Казанцев Сергей Павлович**, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой сопротивления материалов и деталей машин, **Кононенко Александр Сергеевич**, доктор техн. наук, доцент, зав. кафедрой материаловедения и технологии машиностроения, Московский ГАУ: 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 58, тел. (499) 976-06-73.

площадку 3, рабочие поверхности которых выполнены рифлеными и размещены в пространстве так, что образуют молотильную камеру с регулируемым зазором. При этом площадка 3 снабжена приводом 1, за счет чего она может совершать угловые колебания на угол  $\varphi$ .

Энергоемкость процесса выделения зерна из колоса оценивали при обмолоте пшеницы сорта Московская-70. На предварительно откинутую вниз деку 2 укладывали колос 4 и ручкой 5 переводили ее в рабочее положение. Усилие, затраченное на разрушение связей зерна с колосом в результате угловых колебаний площадки 3, фиксировала тензометрическая пластина 10, снабженная датчиками 11, которые передавали сигнал на ноутбук через АЦП L-Card LTR-212 (аналогоцифровой преобразователь) на всем протяжении рабочего процесса.

После осуществления площадкой 3 заданного числа колебаний электромагнит 8, втягивая шток 7, поворачивал защелку 6, резко выводя деку 2 из молотильной камеры вниз. Таким образом исключалось влияние на результаты измерений процессов разгона и торможения колебательных движений, то есть измерения осуществлялись в установившемся режиме.

Опыт спланирован как полнофакторный с тремя уровнями варьирования зазора молотильной камеры (2, 5 и 8 мм) и последовательным увеличением числа колебаний верхней площадки 3 до полного выделения из колоса всех содержащихся в нем зерен. За одно движение верхней площадки принято ее отклонение от своего начального положения на угол поворота  $\varphi = 15^\circ$ . Влажность зерна находилась в пределах 9 %. Каждый вариант опыта проведен в двадцатипятикратной повторности. Всего обработано и учтено 650 колосьев.

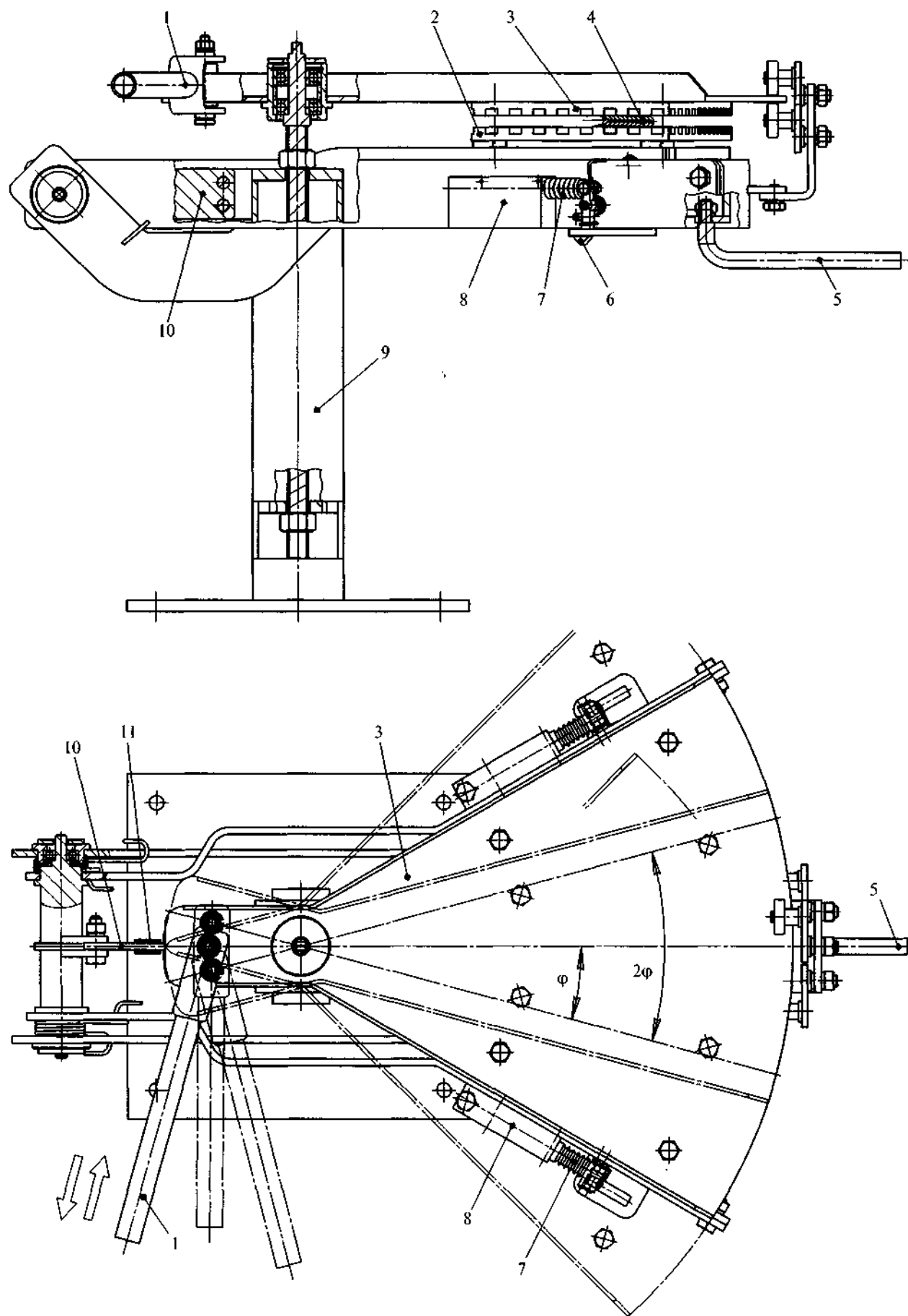


Рис. 1. Схема экспериментальной установки (наименование позиций – в тексте)

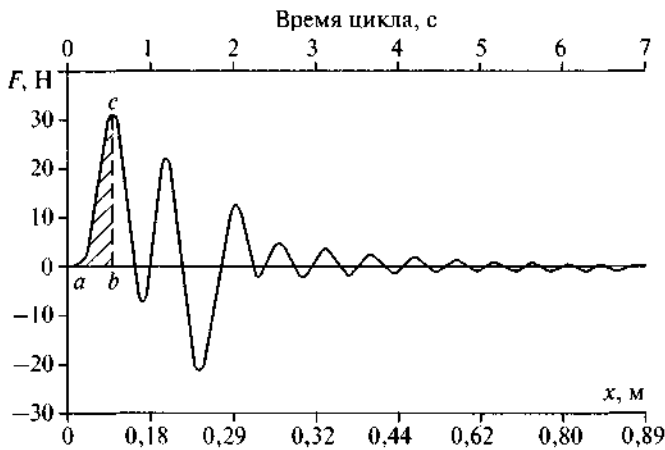


Рис. 2. Изменение усилия выделения зерен за время одного цикла

После обработки результатов эксперимента получена функция регрессии для определения доли выделенных из колоса зерен, %:

$$y = 93,689 + 2,514x_1 - 5,329x_2 + 0,062x_1^2 + 0,239x_2^2 - 0,025x_1x_2, \quad (1)$$

где  $x_1$  — количество колебаний;  $x_2$  — зазор в молотильной камере, мм.

Исследованием (1) определены оптимальные значения  $x_1 = 6$  и  $x_2 = 2$  мм. Дробление зерна при этом не превышает 0,5 %.

Основной показатель энергоёмкости молотильного устройства — работа, затраченная на выделение одного зерна из колоса [4]. Для ее вычисления используем полученный в результате эксперимента график, по оси абсцисс которого отложены время цикла и соответствующее ему перемещение  $x$ , мм, верхней площадки, а по оси ординат — усилие  $F$ , Н, зафиксированное датчиками (рис. 2). Поскольку движения верхней площадки имели характер гармонических колебаний, то нижняя шкала (перемещение) оказалась неравномерной.

После перехода на равномерную шкалу перемещения работа  $A$ , Дж, затраченная на разрушение связей зерна с колосом за одно движение, вычислена как площадь заштрихованной фигуры  $abc$  с использованием функции регрессии для кривой  $ac$ :

$$F(x) = 1578,9x^2 + 336,31x - 2,216. \quad (2)$$

С учетом (2) работа

$$A = \int_0^{0,077} F(x) dx,$$

откуда после интегрирования  $A \approx 1,06$  Дж.

Разделив полученную работу на усредненное количество зерен, выделенных за одно движение площадки, определили, что при зазоре молотильной камеры 2, 5 и 8 мм работа, затрачиваемая на выделение одного зерна из колоса, составляет соответственно 0,027, 0,030 и 0,035 Дж.

Таким образом, минимальная энергоёмкость выделения зерна из колоса соответствует минимальному зазору в молотильной камере, равному 2 мм.

Для сопоставления полученных результатов с энергоёмкостью молотильного барабана бильного типа воспользуемся данными, характерными для эксплуатируемого и подробно изученного комбайна Дон-1500Б, работающего на обмолоте пшеницы Московская-70.

Согласно методике, предложенной в [4], затраты энергии на выделение зерна из колоса барабаном бильного типа можно рассчитать по следующей формуле:

$$A = \frac{KNm}{q\beta}, \quad (3)$$

где  $K$  — коэффициент, устанавливающий долю мощности, расходуемой на привод барабана, приходящуюся непосредственно на выделение зерна из колоса ( $K = 0,15 \dots 0,18$  [5]);  $N$  — мощность на валу молотильного барабана (40 % от общей мощности двигателя), кВт;  $q$  — пропускная способность молотилки, кг/с;  $m$  — средняя масса одного зерна, г;  $\beta$  — доля массы зерен в ворохе.

При расчете использованы следующие исходные данные: мощность двигателя — 165 кВт; пропускная способность молотилки — 8 кг/с; мощность на валу молотильного барабана —  $165 \cdot 0,4 = 66$  кВт; доля массы зерна в ворохе — 0,5; масса одного зерна — 0,055 г (определяли весовым методом в лаборатории Брянской ГСХА).

С учетом этих данных из (3) найдем  $A = 0,14$  Дж.

Таким образом, по расчетным данным использование в конструкции молотильного устройства зерноуборочного комбайна знакопеременного характера нагружения связей зерен со стержнем колоса снижает энергоёмкость обмолота в 4...5 раз по сравнению с использованием традиционного барабана бильного типа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Липовский М.И. Повышение эффективности обмолота и сепарации грубого вороха в комбайнах для Нечерноземной зоны: дис. ... д-ра техн. наук. Санкт-Петербург, 2000. 444 с.
2. Ожерельев В.Н., Никитин В.В. Перспективные направления снижения энергоёмкости процесса выделения зерна из колоса // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 8. С. 30–31.
3. Устройство для выделения зерна из колоса: пат. № 2483525 РФ, МПК А01F 7/00, А01F 11/00, А01F 12/18 / В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин. № 2012101889/13; заявл. 19.01.2012; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 16. 8 с.
4. Скрипкин Д.В. Совершенствование молотильно-сепарирующего устройства и технологии обмолота зерновых колосовых культур на корню: дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2005. 144 с.
5. Василенко И.Ф. Зерновые комбайны СССР и зарубежных стран. М.: Сельхозгиздат, 1958. 294 с.

**Ожерельев Виктор Николаевич**, доктор с.-х. наук, профессор, кафедра сельскохозяйственных, мелиоративных и строительных машин, **Никитин Виктор Васильевич**, канд. техн. наук, доцент, кафедра механики и основ конструирования, Брянская ГСХА: 243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, 2А, тел. (48341) 24-388.