

УДК 361.363.001

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ СТЕБЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Косолапов Е.В., Матушкин О.П.

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров, e-mail: evgen-43@yandex.ru

Основу кормовой базы животноводства составляют стебельные корма. В них содержится значительное количество энергии, но из-за наличия трудноперевариваемой клетчатки (до 40%) без предварительной подготовки эти корма плохо поедаются животными. И как следствие – используется лишь 30...35% содержащейся в них энергии. Одним из наиболее важных и распространенных процессов подготовки стебельных кормов к скармливанию является их измельчение, требующее значительных затрат материально-технических средств и труда. Цель исследования – экспериментально обосновать возможность снижения энергозатрат в молотковых измельчителях стебельных кормов за счет совершенствования рабочих органов и оптимизации режимов работы. Взаимодействие молоткового рабочего органа со стебельным материалом в процессе его разрушения характеризуется чрезвычайно сложными явлениями. Только при помощи эксперимента можно понять подлинную физическую картину этого процесса. Исследования прочностных свойств стеблей соломы проводили на разработанной лабораторной установке методом силового взаимодействия рабочего органа с материалом, в соответствии с разработанной методикой, при разрушении пучка соломы из пяти стеблей для трех видов зерновых культур: овес, ячмень, яровая пшеница влажностью 15...18% в двадцатикратной повторности. После реализации опытов и обработки экспериментальных данных рассчитаны оценки коэффициентов регрессии и получены математические модели. Определение оптимальных значений факторов проводили с помощью двумерных сечений. Содержащиеся выводы позволяют на стадии разработки обосновать основные конструктивные параметры и режимы работы молотковых измельчителей стебельных кормов, которые могут быть использованы проектно-конструкторскими организациями и научно-исследовательскими учреждениями.

Ключевые слова: стебельные корма, измельчение, молотковый рабочий орган, силовое взаимодействие, аналого-цифровой преобразователь, эксперимент, оптимальный режим

UTILIZATION OF ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER TO RESEARCH STRENGTH PROPERTIES OF STALK MATERIAL

Kosolapov E.V., Matushkin O.P.

FSFEI HPE «Vyatka State University», Kirov, e-mail: evgen-43@yandex.ru

Stalk feeds are the main food resource in animal farming. These feeds contain much energy, however animals do not eat them well enough without pre-processing as they contain fibers (up to 40%) which are difficult to digest. As a consequence, only 30 to 35% of the energy contained in these stalks is used. One of the most important and widely implemented processes used to prepare stalk fodder to feeding is chaffing or grinding which requires substantial technical and physical effort. The purpose of this study was to conduct experiments in order to prove that it is possible to reduce energy expenditure in hammer mills for grinding stalk feeds by improving hammers proper and optimization of operating modes. Interlocking of a hammer with stalks for the purpose of destruction of the latter involves a number of very complex processes. It is only by experiment that we can understand the true physical pattern of this process. Strength properties of straw stalks were studied using a purpose-built testing unit through the force interaction of a hammer with the material in accordance with the procedure that involved destruction of a batch of straw containing five stalks of three grain varieties, such as oat, barley, summer wheat, moisture 15 to 18%, for twenty replications. After the experiments were conducted and the experimental data were processed, coefficients of regression were estimated to build mathematical models. Optimum parameters were determined using two-dimensional sections. The resulting conclusions make it possible to justify basic design parameters and operating modes of hammer mills on the development stage so that these parameters and modes can be later used by R&D institutions and academic research organizations.

Keywords: stalk feeds, grinding, hammer, force interaction, analog-to-digital converter, experiment, optimum mode

Основу кормовой базы животноводства составляют стебельные корма. В них содержится трудноперевариваемая клетчатка, поэтому без предварительной подготовки эти корма плохо поедаются животными. Одним из наиболее важных и распространенных процессов подготовки стебельных кормов к скармливанию является их измельчение [3, 5].

Измельчители с шарнирно-закрепленными молотками позволяют получать готовый продукт с высокой расщепленностью

частиц, просты в устройстве, надежны, долговечны в эксплуатации, универсальны по отношению к переработке кормов с различными физико-механическими свойствами. Наряду с неоспоримыми преимуществами молотковым дробилкам свойственны и недостатки, главный из которых – высокая энергоёмкость измельчения [4].

Цель исследований – экспериментально обосновать возможность снижения энергозатрат в молотковых измельчителях

стебельных кормов за счет совершенствования рабочих органов и оптимизации режимов работы.

Материал и методы исследований

Исследования прочностных свойств стеблей соломы проведены для трех видов зерновых культур (овес, ячмень, яровая пшеница) в двадцатикратной повторности.

При проведении экспериментальных исследований использованы как стандартные, так и частные методики с применением математического моделирования [1].

Результаты исследований и их обсуждение

Для проведения исследований по взаимодействию молоткового рабочего органа со стебельными материалами нами создан

ротационный копер (рис. 1), который позволяет решить некоторые задачи выявления силового взаимодействия рабочего органа с материалом [2].

В плоскость движения рабочего органа подают образец материала. Электромагнитное устройство 10 представляет собой соленоид, на сердечнике которого закреплена тензобалка. В обмотку соленоида на мгновение подается ток, сердечник выдвигается в плоскость вращения рабочего органа с исследуемым образцом материала, после разрушения которого сердечник возвращается в исходное положение. Сигнал с тензобалки поступает на усилитель и через аналого-цифровой преобразователь (АЦП USB-3) (рис. 2) отражается на мониторе компьютера (рис. 3) в виде напряжения.

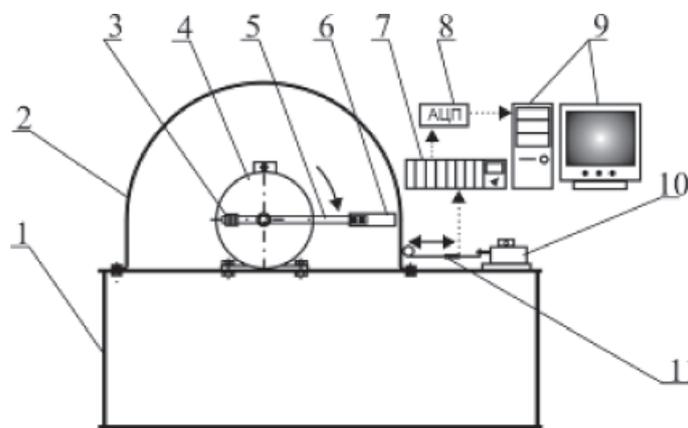


Рис. 1. Схема ротационного копра:

- 1 – рама; 2 – сетчатый кожух; 3 – противовес; 4 – электродвигатель постоянного тока;
- 5 – маховик; 6 – рабочий орган (молоток, нож); 7 – усилитель;
- 8 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 9 – компьютер;
- 10 – электромагнитное устройство; 11 – тензобалка с зажимом



Рис. 2. Общий вид аналого-цифрового преобразователя (USB-3)

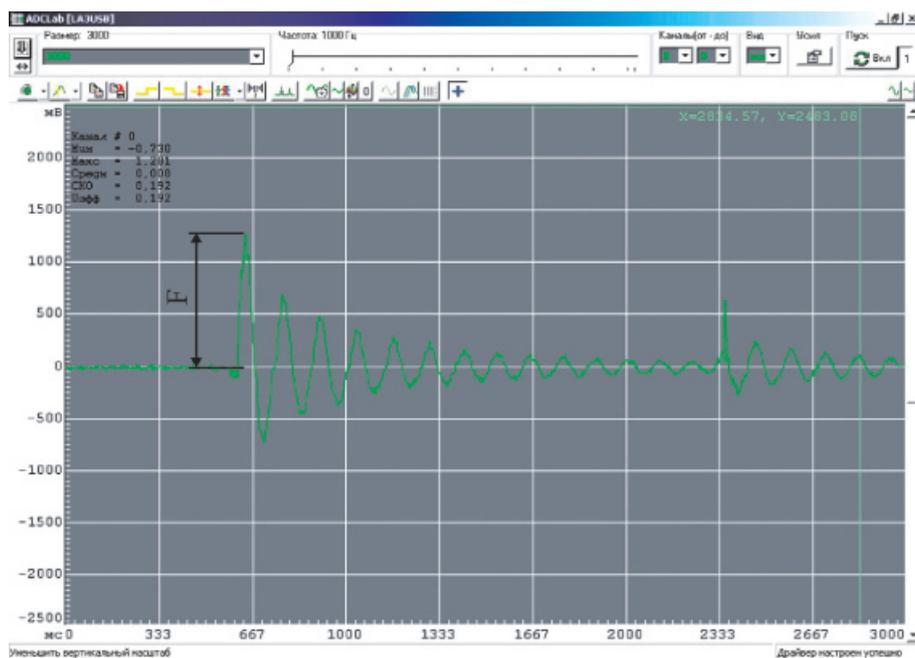


Рис. 3. Фрагмент записи сигнала через аналого-цифровой преобразователь

Исследования прочностных свойств стеблей соломы проводили на лабораторной установке (рис. 1) методом силового взаимодействия рабочего органа с материалом, в соответствии с разработанной методикой, при разрушении пучка соломы из пяти стеблей для трех видов зерновых культур: овес (1), ячмень (2), яровая пшеница (3)

влажностью 15...18% в двадцатикратной повторности. Толщина молотка изменялась от 2 до 6 мм, окружная скорость молотка изменялась от 36,63 до 62,80 м/с.

На основе полученных данных построены зависимости усилия разрушения стеблей от скорости рабочего органа при различной толщине молотка (рис. 4).

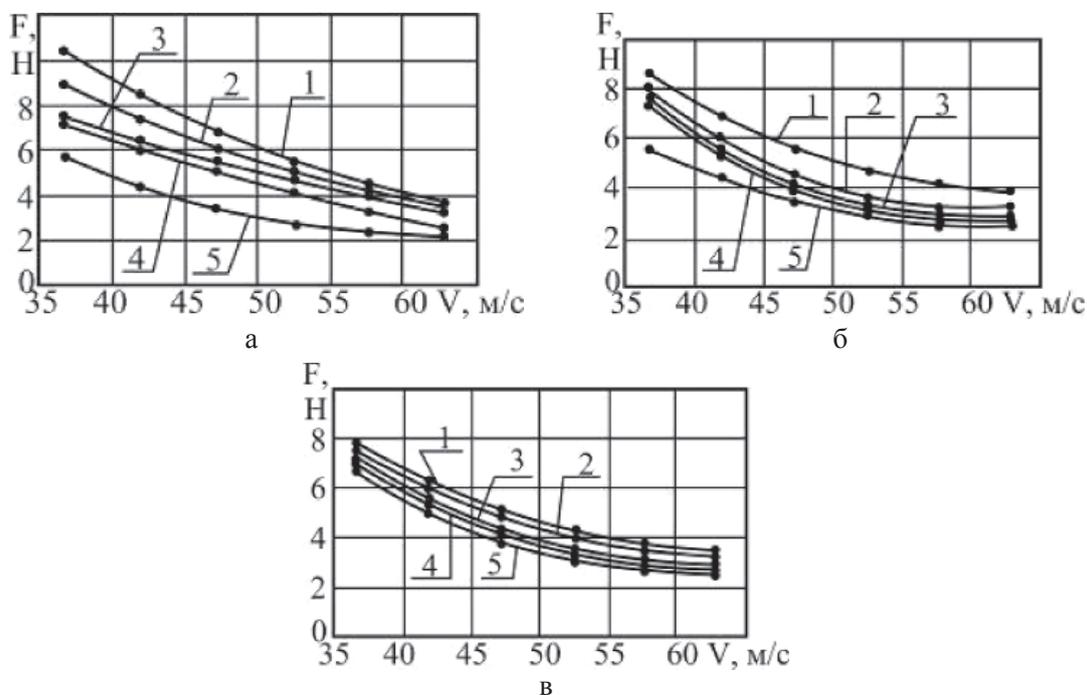


Рис. 4. Зависимости изменения усилия разрушения F от окружной скорости v рабочего органа при толщине молотка $b = 6$ мм (1); 5 (2); 4 (3); 3 (4); 2 мм (5): а – стебли овса; б – стебли ячменя; в – стебли яровой пшеницы

Характер полученных зависимостей показал, что независимо от толщины молотка с повышением окружной скорости рабочего органа усилие разрушения уменьшается.

Для определения оптимальных режимов работы при различной толщине молотков и их окружной скорости реализована матрица плана 3^2 . Факторы и уровни варьи-

рования приведены в таблице. За критерий оптимизации принято усилие разрушения соломы F .

После реализации опытов и обработки экспериментальных данных рассчитаны оценки коэффициентов регрессии и получены математические модели:

$$F_1 = 4,905 + 1,591x_1 - 2,409x_2 - 0,054x_1^2 - 0,623x_1x_2 + 0,646x_2^2; \quad (1)$$

$$F_2 = 3,724 + 1,004x_1 - 2,004x_2 + 0,017x_1^2 - 0,313x_1x_2 + 1,146x_2^2; \quad (2)$$

$$F_3 = 4,069 + 0,496x_1 - 2,399x_2 + 0,091x_1^2 - 0,023x_1x_2 + 1,069x_2^2. \quad (3)$$

Факторы и уровни варьирования

Уровни варьирования	Факторы		
	Обозначение	Толщина молотка b , мм	Окружная скорость рабочего органа v , м/с
		x_1	x_2
Верхний уровень	+1	6	62,80
Базовый уровень	0	4	49,72
Нижний уровень	-1	2	36,63

После реализации опытов произвели проверку воспроизводимости эксперимента. Однородность дисперсий при анализе опытных данных определена с помощью критерия Кохрена, $G(1) = 0,203$, $G(2) = 0,183$, $G(3) = 0,193$. Вычисленные критерии сравнили с табличным, который при числе степеней свободы $f_1 = 19$, $f_2 = 9$ составляет

$$G_{\text{табл}} = 0,214;$$

$$G_{\text{табл}} > G.$$

Отсюда заключаем, что дисперсии однородны.

Оценку коэффициентов регрессии проводили на компьютере с помощью программы STATGRAPHICS Plus. Незначимые коэффициенты исключали из модели, после исключения каждого незначимого коэффициента математическую модель пересчитывали. В результате получены следующие математические модели:

$$F_1 = 4,905 + 1,591x_1 - 2,409x_2 - 0,623x_1x_2 + 0,646x_2^2; \quad (4)$$

$$F_2 = 3,724 + 1,004x_1 - 2,004x_2 - 0,313x_1x_2 + 1,146x_2^2; \quad (5)$$

$$F_3 = 4,069 + 0,496x_1 - 2,399x_2 + 1,069x_2^2. \quad (6)$$

Для проверки адекватности полученной модели регрессии применяли критерий Фишера, для расчета которого находили дисперсию адекватности $S_{\text{ад}}^2$ и дисперсию, характеризующую ошибку опытов $S^2\{y\}$.

Расчетные значения F -критерия равны $F(1) = 1,24$, $F(2) = 1,97$, $F(3) = 0,763$. Табличные значения F -критерия при 5% уровне значимости и числе степеней свободы $f_1 = 4$, $f_2 = 171$ равно $F_{\text{табл}} = 2,37$. Отсюда заключаем, что полученные модели адекватны с 95%-ной вероятностью.

Анализ математических моделей (1), (2), (3) показывает, что на усилие разрушения соломы наибольшее влияние оказывает фактор x_2 – окружная скорость рабочего органа ($b_{1,2} = -2,41$; $b_{2,2} = -2,00$; $b_{3,2} = -2,39$).

Определение оптимальных значений факторов проводили с помощью двумерных сечений. На рис. 5 представлены двумерные сечения поверхности отклика в координатах: толщина молотка и окружная скорость рабочего органа.

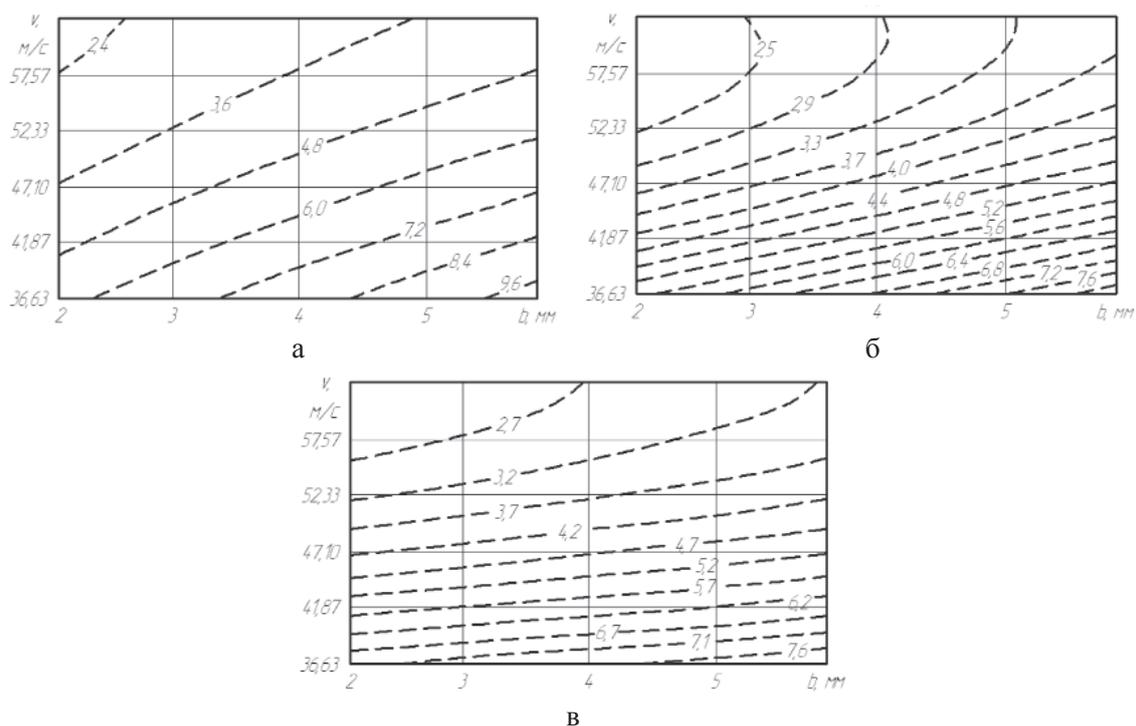


Рис. 5. Двумерные сечения поверхностей отклика, характеризующие влияние исследуемых факторов на усилие разрушения моделей:
а – стебли овса; б – стебли ячменя; в – стебли яровой пшеницы

Вывод

По результатам экспериментальных исследований установлено, что рациональные значения рабочих скоростей молотков, соответствующие минимальному усилию разрушения соломыстых материалов, составляют 58...62,8 м/с при толщине молотков 2...3 мм.

Список литературы

1. Алешкин В.Р., Красиков Д.Ю., Филинков А.С. Основы научных исследований: тетрадь для лабораторных работ. – Киров: Вятская ГСХА. 2005. – 45 с.
2. Косолапов Е.В. Совершенствование конструкции и оптимизация параметров мобильного измельчителя-раздатчика стебельных кормов: дис. ... канд. техн. наук. – Киров, 2007. – 152 с.
3. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.
4. Мохнаткин В.Г., Кошуриков Д.Н., Алешкин А.В., Рылов А.А., Пожарков М.С., Косолапов Е.В., Матушкин О.П., Мохнаткин А.В. Теоретические и экспериментальные исследования бункерных измельчителей стебельных кормов с молотковым ротором: монография. – Киров: Вятская ГСХА, 2011. – 130 с.:ил.
5. Резник Е.И. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 320 с.

References

1. Aleshkin V.R., Krasikov D.Ju., Filinkov A.S. Osnovy nauchnyh issledovaniy: tetrad dlja laboratornyh rabot. Kirov: Vjatskaja GSHA. 2005. 45 p.
2. Kosolapov E.V. Sovershenstvovanie konstrukcii i optimizacija parametrov mobilnogo izmelchitelja-razdatchika stebelnyh kormov: dis. ... kand. tehn. nauk. Kirov, 2007. 152 p.
3. Melnikov S.V. Mehanizacija i avtomatizacija zhivotnovodcheskih ferm. L.: Kolos, 1978. 560 p.
4. Mohnatkin V.G., Koshurnikov D.N., Aleshkin A.V., Rylov A.A., Pojarkov M.S., Kosolapov E.V., Matushkin O.P., Mohnatkin A.V. Teoreticheskie i jeksperimentalnye issledovaniya bunkernyh izmelchitelej stebelnyh kormov s molotkovym rotorom: monografija. Kirov: Vjatskaja GSHA, 2011. 130 p.:il.
5. Reznik E.I. Teorija rezanija lezviem i osnovy rascheta rezhushhijh apparatov. M.: Rossel'hozizdat, 1975. 320 p.

Рецензенты:

Лопарев А.А., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», г. Киров;

Красных А.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой электротехники и электроники, ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров.