

УДК 631.361.43: 664.788

А.В. Гвоздев, канд. техн. наук, доцент,

Т.А. Клевцова, канд. техн. наук, доцент

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Мелитопольский государственный университет»,

г. Мелитополь

e-mail: klevtsova1204@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ТАУТОХРОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ДРОБЛЕНИИ ЗЕРНА

Ключевые слова: зерно, дробилка, прямой удар, таутохронные направляющие

Key words: grain, crusher, direct impact, tautochronous guides

Аннотация: Работа посвящена оптимизации процесса измельчения зерна в дробилке прямого удара посредством внедрения таутохронных направляющих в устройстве предварительной сепарации. Эффективность данной конструкции достигается за счет соответствия радиуса кривизны таутохронных направляющих, в основании конусов, радиусу основания самих конусов. Такое соответствие способствует увеличению кинетической энергии столкновения зерновых частиц различного размера с рабочим органом дробилки. В связи с этим, под брахистохронными сепарирующими поверхностями распределителя фракций рекомендуется установка конусов с направляющими в виде таутохронных кривых.

Summary: The work is devoted to optimizing the grain crushing process in a direct impact crusher by introducing tautochron guides in the pre-separation device. The effectiveness of this design is achieved by matching the radius of curvature of the tautochron guides at the base of the cones to the radius of the base of the cones themselves. This correspondence helps to increase the kinetic energy of the collision of grain particles of various sizes with the working body of the crusher. In this regard, it is recommended to install cones with guides in the form of tautochronous curves under the brachystochronous separating surfaces of the fraction distributor.

Измельчение зерна является ключевым этапом в производстве комбикормов, оказывающим существенное влияние на эффективность производства и качество конечного продукта. Для достижения оптимальных результатов необходимо тщательно оптимизировать процесс измельчения, учитывая тип используемого оборудования, его параметры и методы обработки зерна.

Качество измельчения определяется распределением частиц по размерам и средним размером частиц в гранулометрическом спектре. В настоя-

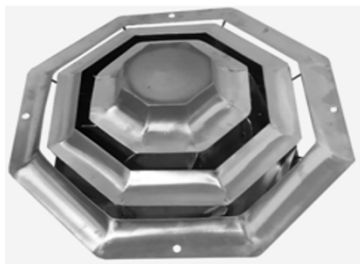
щее время одним из основных направлений совершенствования комбикормовых производств является повышение качества измельчения за счет внедрения новых типов дробилок и применения ступенчатого измельчения, включающего просеивание (сепарацию) и собственно процесс измельчения с использованием инновационных форм рабочих органов и специальных разделяющих поверхностей [1-3].

Нами разработана дробилка прямого удара с предварительной сепарацией зерна на фракции перед дроблением, конструкция которой и результаты экспериментальных исследований приведены в работе [4].

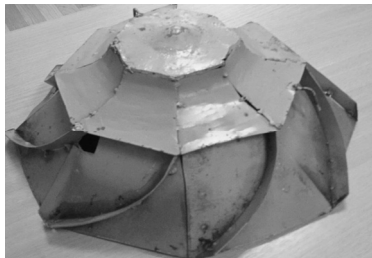
Целью настоящей работы является усовершенствование технологического процесса измельчения зерна в дробилке прямого удара посредством применения таутохронных направляющих в устройстве для предварительной сепарации.

Результаты исследований. Под таутохронным движением понимают такое движение, при котором время перемещения частицы из точек A_1, A_2, A_3 , лежащих на разной высоте кривой, в точку B не зависит от высоты [5]. Другими словами, частица, движущаяся по таутохронной кривой, попадает в точку B за один и тот же промежуток времени T независимо от высоты, с которой она начала свое движение, при одной и той же начальной скорости.

Для обеспечения равномерного и одновременного схода всех фракций с конических поверхностей распределителя фракций на рабочий орган измельчительного устройства необходимо применение направляющих в виде таутохронных кривых. Здесь важным условием является равенство радиуса кривизны этих направляющих в основании конусов радиусу оснований самих конусов [6]. Это способствует увеличению энергии столкновения зерен различного размера с рабочим органом дробилки. В связи с этим, под брахистохронными сепарирующими поверхностями распределителя фракций (рисунок 1,а) установили скатные конусы с направляющими в виде таутохронных кривых (рисунок 1,б).



а)



б)

Рисунок 1. Фото общего вида: а — брахистохронные сепарирующие поверхностями распределителя фракций; б — таутохронные кривые на скатных конусах

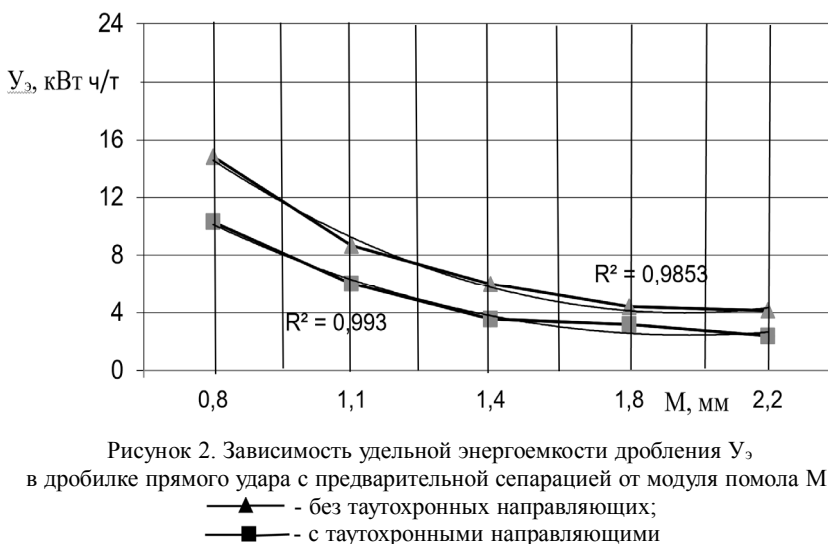
Разработаны блок-схема программы построения развертывания конусов с таутохронными направляющими, листинг исходного кода и процедура экспорта в AutoCAD. Получено свидетельство о регистрации программы для построения развертки конусов с таутохронными направляющими и ее экспорта в AutoCAD [7].

На основе полученной программы разработана методика построения развертки конусов с таутохронными направляющими, что позволит осуществить их изготовление для использования на скатных конусах устройства предварительной сепарации зерна при дроблении в дробилке прямого удара.

Были проведены экспериментальные испытания дробилки прямого удара с усовершенствованной системой предварительной сепарации зерна. Материалом для опытов взята пшеница. Определяли удельную энергоёмкость при измельчении пшеницы на экспериментальной дробилке прямого удара при следующих режимах:

- с предварительной сепарацией, когда пшеницу подавали на измельчение после сепарации на фракции сквозь щелевые отверстия между поверхностями брахистохронного свойства без таутохронных направляющих;
- с предварительной сепарацией, когда пшеницу подавали на измельчение после сепарации на фракции сквозь щелевые отверстия между поверхностями брахистохронного свойства по таутохронным направляющим.

На рисунке 2 представлены зависимости удельной энергоёмкости дробления Y_3 в дробилке прямого удара с предварительной сепарацией от модуля помола M .



Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют, что использование таутохронных направляющих на скатных конусах системы предварительной сепарации зерна позволяет снизить удельную энергоёмкость процесса дробления с получением модуля помола $M=1,8\dots2,2$ мм на $1,2\dots1,7$ кВтч/т.

Таким образом, создание направленных потоков однородных по размерам зерен на измельчение прямым ударом с помощью поверхностей таутохронного свойства позволяет рационально организовать рабочий процесс измельчения, снизить циркулирующую нагрузку в камере измельчения за счет направленного потока однородных частиц на прямой удар, снизить тем самым удельную энергоёмкость, а также повысить качество измельчения.

Использование таутохронных направляющих на скатных конусах системы предварительной сепарации зерна при его измельчении в дробилке прямого удара позволяет рационально организовать рабочий процесс измельчения, за счет направленного потока однородных частиц на прямой удар, снизить тем самым удельную энергоёмкость с получением модуля помола $M=1,8\dots2,2$ мм на $1,2\dots1,7$ кВтч/т, а также повысить качество измельчения.

Список использованной литературы

1. Булатов С.Ю. Совершенствование рабочего процесса кормоприготовительных машин путем обоснования их конструкционных и режимных параметров // Вестник НГИЭИ. 2017. № 2(69). С. 45-53.
2. Федоренко И.Я. Методологические аспекты экспериментальной оптимизации процесса измельчения кормового зерна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 5 (199). С. 101-107.
3. Лопатин Л.А. Исследование и оптимизация рабочего процесса дробилки зерна ударного действия // Вестник НГИЭИ. 2018. № 6 (85). С. 27–36.
4. Клевцова Т.А., Гвоздев А.В., Пупынин А.А. Дробилка прямого удара с предварительной сепарацией зерна для фермерских хозяйств // Техника и оборудование для села. 2025. №8 (338). С. 23- 27.
5. Юлина А.О. Вариационные задачи в работах академика О.И. Сомова. Брахистохрона и таутохрона // Чебышевский сборник. 2024. Т. 25. Вып. 5. С. 216–227.
6. Клевцова Т.А., Гвоздев А.В. Использование таутохронизма при дроблении зерна с предварительной его сепарацией // Сб. статей по материалам IV Международной научно-практической конференции «Технико-технологическое обеспечение инноваций в агропромышленном комплексе. Мелитополь. 2025. С. 478-485.
7. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024682801 от 26.09.2024. Программа построения развертки конусов с таутохронными направляющими и ее экспорта в AUTOCAD. Клевцова Т.А., Гвоздев А.В.