

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ В АПК НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Керимов М.А., д.т.н., профессор

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Санкт-Петербург

Керимов М.М., магистрант

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: технология, измельчение, дезинтегратор, функционирование, оптимизация, оперативный контроль.

Key words: technology, grinding, disintegrator, functioning, optimization, operational control.

Аннотация: Измельчение сельскохозяйственного сырья, включая переработку вторичных ресурсов, представляет собой сложный технологический процесс. Мелкодисперсные измельчительные технологии формируют структуру конечного продукта, который лучше усваивается организмом сельскохозяйственных животных и птицы. Разработан измельчитель сельскохозяйственного сырья дезинтеграторного типа. Научная новизна работы заключается в том, что измельчение происходит путем формирования двух встречных круговых потоков сырья с заданной скоростью движения частиц до 900 м/с и возможностью их столкновения в ограниченной зоне. Область применения – предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности любой формы собственности, а также предприятия по выпуску технологического оборудования для кормоприготовления в животноводстве.

Summary: The grinding of agricultural raw materials, including the processing of secondary resources, is a complex technological process. Finely dispersed grinding technologies form the structure of the final product, which is better absorbed by the body of farm animals and poultry. A disintegrator-type shredder for agricultural raw materials has been developed. The scientific novelty of the work lies in the fact that grinding takes place by the formation of two opposite circular flows of raw materials with a given speed of particle movement up to 900 m/s and the possibility of their collision in a limited area. The scope of application is enterprises of the food and processing industry of any form of ownership, as well as enterprises for the production of technological equipment for feed preparation in animal husbandry.

Проектирование измельчительных технологий осуществляется на основе концепций, базирующихся на объемной и поверхностной энергетических теориях [1]. Исследования, проведенные в производственных условиях, показали, что наиболее предпочтительным для сельскохозяйственной практики является поверхностный подход, который предполагает учет квантово-механических особенностей, характерных для частиц, измельчаемых до наноструктурных размеров. Разрушение частиц происходит на атомарном уровне, и продукты измельчения приобретают уникальные свойства [2].

В настоящее время широкое распространение получили различные способы измельчения сельскохозяйственного сырья [3]. Наиболее распространенным является механический способ, который позволяет при невысоких удельных энергозатратах получать конечный продукт с заданными технологическими показателями. Исследование кинетики технологического процесса измельчения зерновых материалов показало, что необходима дальнейшая оптимизация конструктивно-режимных параметров измельчительных установок [4].

Целью данного исследования является выбор и обоснование оптимальных схмотехнических решений в технологиях измельчения сельскохозяйственного сырья.

Объект исследования – технологии измельчения сельскохозяйственного сырья с целью получения конечного продукта с заданными физико-механическими параметрами.

Предмет исследования – закономерности функционирования и эксплуатационные параметры измельчителя дезинтеграторного типа.

Использование двухбарабанных измельчителей для формирования кругового движения определенной части сырья позволяет достигать требуемых показателей функционирования машин. Одна и та же частица сырья в процессе движения будет подвергаться неоднократному воздействию, которое приведет к заданному изменению технологических характеристик продукта. При этом целесообразно для каждого вида производимого продукта заранее задавать объемы частей измельчаемого сырья, которые обеспечат усиление указанного эффекта.

Технологический процесс изготовления порошка с использованием двухбарабанного измельчителя представлен в виде модели на рис. 1.

Для получения нанопорошков используется измельчитель дезинтеграторного типа. Модель функционирования разработанного измельчителя представлена на рисунке 1.

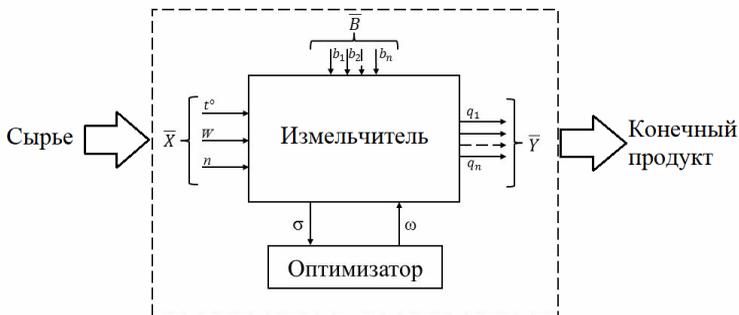


Рисунок 1. Модель функционирования технологического процесса измельчения сельскохозяйственного сырья

Здесь приняты следующие условные обозначения:

– вектор-функция входных параметров; \bar{B} – вектор-функция неуправляемых параметров; \bar{Y} – вектор-функция выходных параметров.

Составляющими вектор-функции приняты $t_{\text{ср}}^{\circ}$ – температура окружающей среды ($^{\circ}\text{C}$); $W_{\text{в.в}}$ – влажность воздуха (окружающей среды), %; n – частота вращения дисков, мин^{-1} .

Составляющими выходного процесса \bar{Y} являются качественные показатели получаемого продукта (размер частиц, температура, уровень гомогенизации и др.).

Оптимизатор анализирует качество функционирования измельчителя по степени дисперсности материала σ и подает управляющий сигнал на систему в виде ω (скорости вращения дисков) при выходе значений σ за пределы установленного технологического допуска.

Продукт из сельскохозяйственного сырья изготавливается разработанным способом с помощью установки, включающей барабан с ограниченной зоной столкновения частиц сырья [5]. Материальные потоки формируются за счет вращения подвижного диска. Вращение диска обеспечивается с помощью электродвигателя. При этом достигаются заданная скорость частиц измельчаемого сырья и оптимальная степень замкнутости зоны их соударения.

На рисунке 2 представлена рабочая зона двухбарабанного измельчителя сельскохозяйственного сырья.

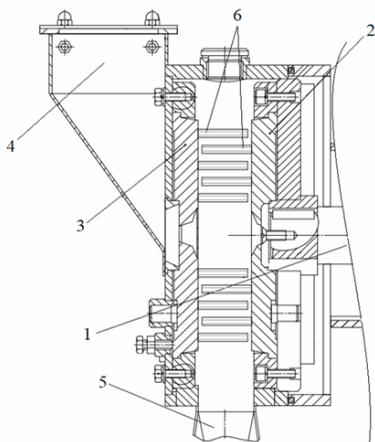


Рисунок 2. Рабочая зона двухбарабанного измельчителя сельскохозяйственного сырья: 1 – вал; 2, 3 – барабаны; 4 – загрузочная воронка; 5 – разгрузочная воронка; 6 – пальцы-била

К конструктивным особенностям установки для измельчения сырья следует отнести:

- технологичность конструкции установки;
- низкое удельное энергопотребление;
- возможность дистанционного управления;
- разнообразие компоновочных решений.

Рабочая зона измельчителя образована внутренними поверхностями стационарной и откидной камер. В камере расположены рабочие органы измельчителя – измельчающие барабаны 2 и 3, а также пальца-била 6.

Измельчаемый материал подается в загрузочную воронку 4, откуда через отверстие в центре неподвижного барабана 3 поступает в рабочую зону между барабанами. Крупность частиц измельченного материала определяется частотой вращения подвижного барабана 2 и расстоянием между пальцами-билами 6.

На разработанном измельчителе получены порошки из таких исходных материалов, как тыква, морковь, свекла, борщевик Сосновского и др. (рис. 3).



Рисунок 3. Порошки из различного сельскохозяйственного сырья

Были проведены испытания порошков при скормливании их КРС и сельскохозяйственной птице на базе учебно-опытного хозяйства по рекомендациям, разработанным учеными СПбГАУ. Результаты испытаний полученных порошков позволяют говорить о перспективности данного направления. Кроме того, по данной технологии можно перерабатывать скоропортящееся с/х сырье.

1. Предложены схемотехнические решения, базирующиеся на информационно-технологических принципах измельчения сельскохозяйственного сырья. Квантово-механический подход к технологическому процессу измельчения реализован при разработке конструкции измельчителя дезинтеграторного типа. Элементом технологической новизны разработанного образца установки является высокая скорость ударов пальцев-бил (до 900 м/с) о частицы измельчаемого материала.

2. Разработана модель функционирования измельчителя дезинтеграторного типа в концепции «вход-выход», учитывающая физико-механические, биологические и химические свойства исходного материала. Указанная модель позволяет формализовать количественные соотношения между различными переменными, наблюдаемыми на объекте исследования, и оптимизировать режимы его работы. Это достигается за счет перехода от конкретных реализаций случайных факторов к статистическим характеристикам функционирования измельчителя дезинтеграторного типа.

3. Управление эксплуатационными параметрами измельчителя-дезинтегратора необходимо осуществлять на основе оперативного контроля показателей качества конечного продукта. Такой контроль позволяет формировать состав результирующего порошка в соответствии с целями его дальнейшего использования и обеспечивает в конечном итоге синергетический эффект функционирования технологического процесса.

4. Усовершенствованная измельчительная технология имеет широкую сферу применения на предприятиях агропромышленного

комплекса и может использоваться при переработке вторичных сырьевых ресурсов, производстве красителей для пищевой промышленности на основе натуральных материалов растительного и животного происхождения, производстве порошков для аддитивных технологий в машиностроении и строительной индустрии.

Список использованной литературы

1. М.А. Керимов Измельчительные технологии: от микроразмерных фракций до наночастиц / Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020 г. №1 (58). – С. 166–171.

2. М. И. Алымов, П. Ю. Гуляев, С. В. Семичев, Консолидация порошковых наноматериалов: обзор тенденций развития и применения, Вестник ЮГУ, 2019 г. Выпуск 4 (55). С. 7–16.

3. A. G. Kulikov, A. E. Blagov, N. V. Marchenkov, V. A. Lomonov, A. V. Vinogradov, Yu. V. Pisarevsky, M. V. Kovalchuk, «Rearrangement of the structure of paratellurite crystals in a near-surface layer caused by the migration of charge carriers in an external electric field», JETP Letters. 107:10(2018), 646-650.

4. К. М. Boyko, V. O. Popov, M. V. Kovalchuk. “Promising approaches to crystallization of macromolecules suppressing the convective mass transport to the growing crystal”, Russian Chem. Reviews, 84:8 (2015), 853-859

5. Патент на полезную модель № 214272 U1 Российская Федерация, МПК В02С 13/14. Измельчитель сельскохозяйственного сырья : №2022116159 : заявл. 15.06.2022 : опубл. 19.10.2022 / М. А. Керимов, В. А. Смелик, А. Д. Павлов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный аграрный университет". – EDN ANUQUJ.

УДК 658.54

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ И ПРЕДПОСЫЛКИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ОЦЕНОК ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Лукашевич А.В., ст. преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск*

Ключевые слова: инновационность, конкурентоспособность, производство, новые технологии, модернизация производства, рецептуры, методология, стратегии развития.