

УДК 338.3:339.634

**РАЗРАБОТКА ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ ЦИЛИНДРО-КОНУСНО-
ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ ДЛЯ СУХИХ РАСТИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Дмитрий Алексеевич Баранов¹

студент

Анастасия Игоревна Скоморохова¹

аспирант

Юрий Викторович Родионов^{1,2}

доктор технических наук, профессор

rodionow.u.w@rambler.ru

Дмитрий Вячеславович Никитин^{1,2}

кандидат технических наук, доцент

¹Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов, Россия

²Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В работе предложена схема двухступенчатого измельчения сухих растительных материалов с вакуумной транспортной системой доставки порошков между ступенями. Такая конструкция позволяет производить предварительное измельчение непосредственно на участках переработки. Приведены формулы для расчета на различных ступенях мельницы. Предложена методика расчета мелющих тел цилиндро-конусной шаровой мельницы растительных материалов с вакуумным отводом, позволяющая улучшить заданную степень помола.

Ключевые слова: измельчение, растительные материалы, вакуумный отвод частиц, двухступенчатая цилиндрико-конусная шаровая мельница, жидкостно-кольцевой вакуумный насос.

Введение. Измельчение является процессом уменьшения размеров частиц твердого тела до требуемых размеров путём механического воздействия. По размерам итогового продукта различают два типа измельчения - помол и дробление. Всего различают 4 вида помола: сверхтонкий (меньше 40 мкм), тонкий (100 - 40 мкм), средний (500 - 100 мкм) и грубый (1000 - 500 мкм).

Например, размер частиц в муке тонкого помола в среднем равен 40-50 мкм, хотя может достигать и 190 мкм. Сами помолы подразделяют на разовые и повторительные. Первые названы так потому, что при них зерно через первую прокатку в измельчительной машине становится мукой. При данных помолах получают обойную муку. В современном мире чаще используются повторительные помолы. Это помолы, при которых зерно только через несколько прокаток превращается в муку. Этот метод позволяет получить как можно больше материала без отходов. Используя этот метод получают 4 сорта муки: первого, второго, высшего и обойного. Сорт муки определяется соотношением содержащихся в нем анатомических частей зерна. Также различают 3 вида сортовых помолов – односортовые, двухсортовые и трехсортовые. Для каждого помола и сорта муки установлен определенный *выход* муки (в % от массы переработанного зерна). Выходы пшеничной муки для различных сортов: обойная - 96 %, второго и первого сорта (односортовые) - 85 % и 72% соответственно, двух и трех-сортовая - 75 и 78 %.

В промышленности для измельчения применяют несколько видов измельчителей. Рассмотрим некоторые из них.

Щековая дробилка. Основными достоинствами щековых дробилок являются: простота и надежность конструкции, а также широкая область их применения, они очень компактны и легки в обслуживании, к недостаткам относятся вибрация и шум.

Конусная дробилка. Достоинствами этих дробилок являются высокая производительность, уравновешенная работа и высокая степень измельчения. Недостатки: более сложная и дорогая конструкция в сравнении с щековыми дробилками и более сложное обслуживание.

Валковая дробилка. Эти дробилки имеют широкую область применения, высокую степень измельчения и производительность. Недостатками является сильный износ молотков и плит и сложность монтажа, также при работе молотковые дробилки сильно греются вследствие чего не пригодны для измельчения многих видов сухих материалов.

Отражательная дробилка: Подобные дробилки имеют высокую степень измельчения и однородность продукта на выходе, а недостатками является повышенный износ, большое количество пыли и точная балансировка роторов.

Барабанная мельница: Эти мельницы обладают компактной конструкцией и могут измельчать материал в различном диапазоне. Недостатками являются сложность конструкции и большие расходы при эксплуатации.

Вибрационные мельницы. Такие мельницы используют для сухого и мокрого измельчения, а также имеют высокую степень измельчения. Но вибрационные мельницы не применимы для измельчения материалов с низкими температурами размягчения и плавления. Недостатками является то, что при работе происходит большое попадание частиц мелющих тел в материал, а также у них низкая производительность.

Струйные мельницы. Достоинства: высокая энергонапряженность и эффективность измельчения. Недостатки: большой расход энергоносителя и высокая энергоемкость процессов, необходимость равномерного питания материалом и поддержания постоянного аэродинамического режима работы мельницы. Также недостатком является высокая стоимость всего процесса измельчения.

Цель работы: снижение энергозатрат, повышение производительности и повышение качества производства порошков из растительного сырья ЦЧР для использования в функциональных продуктах питания.

Методы и методики: Измельчением растительных материалов занимались следующие ученые: А.Н. Александров [1] и Г.С. Ходаков. [2]

Сейчас данная установка модифицируется вакуумным отсосом, которым занимаются следующие ученые: Родионов Ю. В. [3] и Никитин Д. В. [4]

В данный момент на кафедре «МИГ» ФГБОУ ВО «ТГТУ» разработана двухступенчатая цилиндро-конусно-шаровая мельница сухих растительных материалов с вакуумным насосом. Дальнейшей разработкой является описание методики расчета и введение в конструкцию пневмотранспорта.

Основная часть

С целью уменьшения энергозатрат и повышения качества измельчения сухих растительных материалов применяем двухступенчатую мельницу для растительных сухих материалов с вакуумным отводом частиц. была предложена следующая схема:

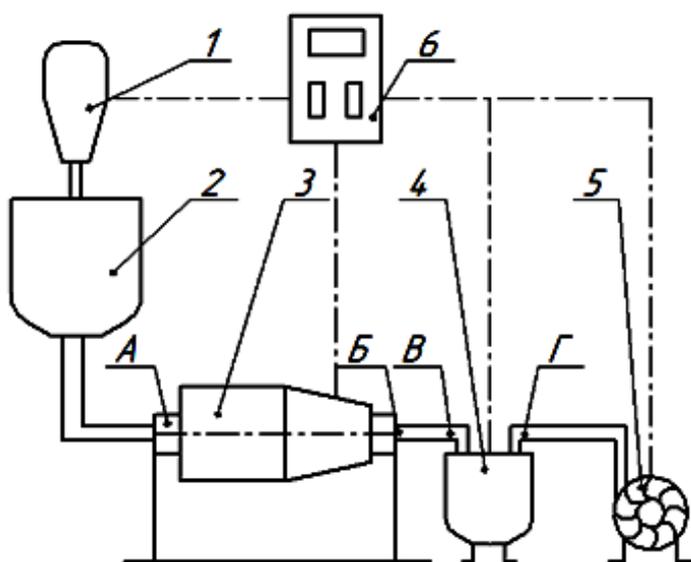


Рисунок 1 - Существующий вариант двухступенчатой мельницы

Измельчение первой ступени можно производить в различных цехах, где производится сушка сырья, поэтому потребуется вакуумный пневмотранспорт. Предварительные испытания показали, что для измельчения того или иного материала до окончательного диаметра рационально использовать шаровую мельницу.

Степень измельчения определяем по формуле:

$$i_n = \frac{D}{d} \quad (1)$$

где D , м и d , м - размеры куска до и после измельчения соответственно

Общую степень измельчения находим по формуле:

$$i_0 = i_1 \cdot i_2 \quad (2)$$

где i_1 и i_2 степени измельчения первой и второй ступени соответственно.

Степень помола второй ступени определяется произведением степеней помола из разных секций:

$$i_2 = i_{2-1} \cdot i_{2-2} \quad (3)$$

где i_{2-1} и i_{2-2} - степени измельчения первой и второй секций шаровой мельницы

Диаметр шаров обеих секций шаровой мельницы определяется по формуле:

-первая секция:

$$d_{\text{ш max } 2-1} = 6,00 \sqrt[3]{d_{\text{max } 2-1}} \quad (4)$$

-вторая секция:

$$d_{\text{ш max } 2-2} = 6,00 \sqrt[3]{d_{\text{max } 2-2}} \quad (5)$$

Где $d_{\text{max } 2-1}$ и $d_{\text{max } 2-2}$ - максимальные размер куса измельченного материала в обеих секциях

Измельчение может происходить в разных цехах. Тогда мы измельчаем материал в одном месте и вакуумным транспортом собираем в один из бункеров. Далее материал отправляется на измельчение в барабанную мельницу. В зависимости от диаметра частиц измельчения выбираем размеры шаров по секциям. Еще одним направлением сокращения мощности может быть применение ЖВН КМ.

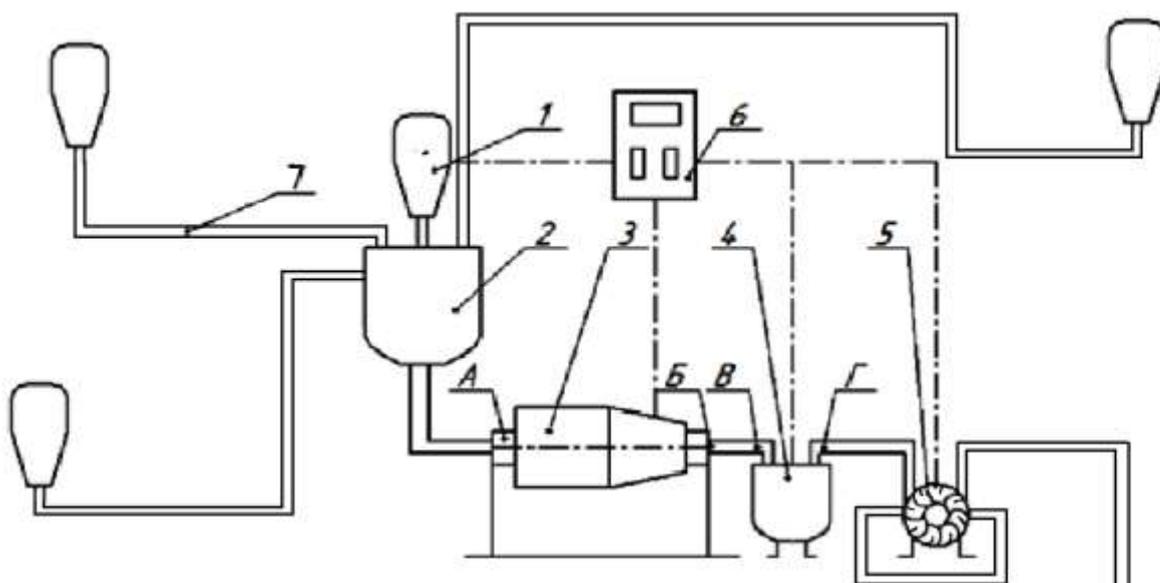


Рисунок 2 - Предлагаемый вариант двухступенчатой мельницы

Заключение. В результате проведённой работы предложена новая конструкция двухступенчатой цилиндро-конусно-шаровой мельницы для сухих материалов, которая предлагает использование предварительного измельчителя на месте сушки в различных частях с последующим транспортированием на участок общего измельчения. Дана формула определения шаров в разных ступенях. Предложена модифицированная схема вакуумного транспортирования измельченных частиц, позволяющая сократить энергозатраты.

Список литературы:

1. Александров А.Н., Козориз Г.Ф. Пневмотранспорт и пылеулавливающие сооружения. М.: «Лесная промышленность». 1988. 248 с.
2. Ходаков Г.С. Физика измельчения. М.: «Наука» 1972. 307 с.
3. Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Данилин С. И., Чумиков Ю. А., Скоморохова А. И., Родионов Ю. Ю. Теоретический расчет двухступенчатого измельчения сухих растительных материалов заданной степени помола с применением вакуума.
4. Никитин Д.В. Совершенствование конструкций и обеспечение заданных эксплуатационных характеристик жидкостно-кольцевых вакуум-насосов
5. Тихонов А.С. Анализ существующих типов оборудования и технологий измельчения сушеных растительных материалов с целью получения порошков

**METHODOLOGY FOR ASSESSING THE SUSTAINABILITY
OF RURAL DEVELOPMENT**

Dmitry A. Baranov¹

student

Anastasia I. Skomorokhova¹

PhD student

Yuri V. Rodionov^{1,2}

Doctor of Technical Sciences, Professor

rodionow.u.w@rambler.ru

Dmitry V. Nikitin^{1,2}

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹Tambov State Technical University

Tambov, Russia

²Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. The article proposes a scheme of two-stage grinding of dry vegetable raw materials with a vacuum transport system for the delivery of powders between stages. This design allows for pre-grinding directly at the processing sites. Formulas for calculation at various stages of mill operation are given. A method for calculating the grinding bodies of a cylindrical-cone ball mill of vegetable raw materials with vacuum unloading is proposed, which allows to improve the specified degree of grinding.

Key words: grinding, plant materials, vacuum removal of particles, two-stage cylindrical-cone ball mill, liquid ring vacuum pump.

Статья поступила в редакцию 27.04.2023; одобрена после рецензирования 05.06.2022; принята к публикации 30.06.2023.

The article was submitted 27.04.2023; approved after reviewing 05.06.2022; accepted for publication 30.06.2023.