УДК 621.926

ЦЕПНЫЕ АГРЕГАТЫ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВЛАЖНЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

CHAIN MULTIPURPOSE UNITS FOR PROCESSING OF WET RAW MATERIALS

Сиваченко Л.А., д.т.н., проф., Реутский И.А., аспирант, Ровский А.М., аспирант (Белорусско-Российский университет, г. Могилев, РБ)

Sivachenko L.A., PhD, prof., Reutsky I.A., graduate student, Rovsky A.M., graduate student (Belarusian-Russian University, Mogilev, Belarus)

В роботі викладені проблеми переробки вологих сировинних матеріалів і проведений аналіз існуючого обладнання для подрібнення цих матеріалів. Авторами запропонована схема ланцюгового агрегату багатофункціонального призначення, зокрема для подрібнення і сушки вологого сировинного матеріалу.

The paper describes the problem of processing of wet raw materials and promoted the analysis of the existing equipment to grind these materials. The authors proposed a scheme chain multifunctional machine, in particular for pre-drying and grinding wet raw material. Paying attention the process of drying in the process chain of equipment, thereby achieving significant energy savings. The scheme of the mobile unit of the chain crawler pretreatment material production area, as well as describes how it works. Such units can simultaneously produce grinding wet material to a certain size are removed from the working chamber, and large solid tramp on and produce pre-drying, thereby facilitating the entire production structure that will use less energy intensity or more efficient equipment in subsequent stages of processing. We describe the tasks and directions of the study of chain units.

Ключові слова: первинна переробка сировини, вологий сировинний матеріал, ланцюгові агрегати, подрібнення, сушіння.

Keyword: the primary processing of raw materials, wet raw material, chain actuator units, shredding, drying.

Проблема переработки влажных сырьевых материалов особенно остро она стоит в условиях производства сырья на основе глины, мела и мергеля при производстве цемента, извести и керамических изделий [1]. Перечисленное сырьё преимущественно относится к материалам с капиллярно-пористой структурой, для которой характерно наличие не только свободной и несвязной влаги, находящейся на поверхности, но и влаги заключённой в капиллярах, объём которой может достигать 60 % от объёма всей влаги, присутствующей в сырье. Высокая влажность, безусловно сопровождается колоссальными издержками на её удаление, однако ещё до осуществления процесса сушки материал измельчается и уже на этой стадии обработка сырья влажностью, достигающей 25-30 %, сопряжена с рядом негативных явлений, к числу которых можно отнести высокую степень адгезии на рабочие органы измельчителей, дробилок, комкование сырья после измельчения и налипание материала на поверхности рабочих камер [2].

В технологии производства цемента сухим способом важной составляющей является подготовка мелкодисперсного мела, его измельчение и сушка. Сложности с переработкой мела возникают уже при 20 % влажности: плохо дробится, замазывает рабочие органы дробилок и выводит их из строя. Существуют различные способы устранения описанных сложностей, такие как установка очистительных устройств, реконструирование рабочих органов с их регулярной заменой, а в комплексе с высокой энергоёмкостью сушки [3] выливается в огромные энергетические издержки.

Таким образом перед современной промышленностью стоит конкретная задача в разработке и создании адаптивных систем рабочего оборудования для переработки влажного сырьевого материала и агрегатов на их основе. Для этого необходимо учитывать свойства капиллярно-пористых структур, которые характеризуются тем, что движение жидкости в капиллярах зависит от их диаметра, и сила сопротивления этому движению тем больше, чем меньше диаметр капилляров [4]. Активизация процесса движения такой жидкости к поверхности твердых частиц интенсивными механическими воздействиями приведёт к вскрытию новой поверхности и удалению части влаги из капилляров. При этом, направив газовый агент в область измельчения материала, возможно снять часть поверхностной влаги, создав поверхность сырья, менее подверженную слипанию [5].

В настоящее время для дезинтераторной, т.е. связанной с измельчением, переработки влажных сред применяется большое количество различных по конструкции к принципу действия агрегатов. Это прежде всего дырчатые и дезинтеграторные вальцы, бегуны, стругачи, глинорыхлители, глиноизмельчители, обширный класс, так называемых, среднеходных мельниц и многие другие измельчители. [6, 7]. Проанализировав принципы работы и конструкции этих машин, можно выделить следующие недостатки: затруднительна переработка неоднородного по составу сырья с наличием твёрдых включений, затруднительна переработка сырья влажностью выше 16-18 %, для большинства агрегатов характерно налипание сырья на рабочее оборудование, в следствие чего происходит постепенное снижение производительности. Подобные недостатки современного оборудования создали необходимость в разработке новых подходов к проектированию агрегатов для переработки влажных сырьевых материалов. Одним из таких решений стало исполнение рабочей камеры и измельчающих органов в виде подвижного цепного полотна, состоящего из отрезков отдельных цепей, соединённых между собой. Универсальность подобного рабочего оборудования позволяет приспособить, разработанные на его основе, агрегаты для применения по следующим технологическим направлением: измельчении влажных материалов, гранулирование, селективное измельчение и механоактивация строительных смесей [8, 9]. Этот подход был воплощён в разработанном цепном агрегате [5] многоцелевого назначения, схема которого представлена на Рис. 1.

Цепной агрегат многоцелевого назначения для переработки влажных сырьевых материалов состоит из дугообразно провисающего цепного полотна *1*, закрепленного на раме *2* продольными краями и представленное множественными рядами цепей, соединенных между собой. Посредством работы привода *3* через кривошипно-шатунный механизм *4* штанга *5*, расположенная в нижней точке провисания полотна *1* приводит его в движение. Для повышения эффективности работы агрегата в зоне провисания цепного полотна *1* установлен измельчитель *6*, представляющий собой вал с зубьями, расположенными в различных направлениях. Вал устаивается посередине рабочей камеры параллельно штанге *5* цепного полотна *1* и располагается таким образом, что при его

работе не возникает соприкосновения зубьев вала со звеньями цепного полотна.

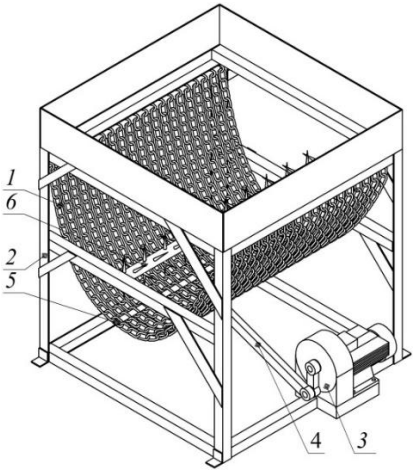


Рис. 1. Цепной агрегат

Для экспериментального исследования процесса измельчения влажного сырьевого материала на цепном агрегате был разработан опытный образец цепного измельчителя, фотографии которого представлены на рис. 2.

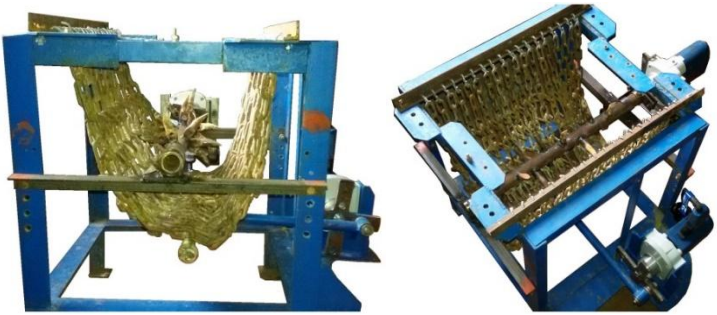


Рис. 2. Опытный образец цепного измельчителя

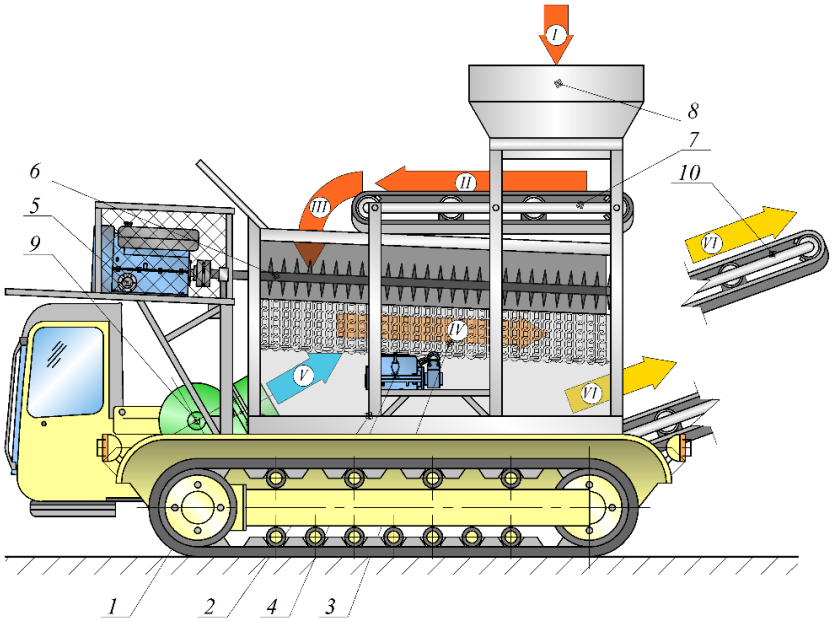
Поскольку в основу разрабатываемых агрегатов положен принцип совмещения нескольких технологических операций, реализации адаптивных методов воздействия на обрабатываемые материалы, важно обратить внимание на возможность осуществления предварительной сушки в дополнение к процессом

измельчения. Для этого целесообразно воспользоваться известным эффектом срыва влаги с угольных частиц воздушным потоком [10]. Суть его сводится к тому, что потоком воздуха механически происходит срыв влаги с поверхности частиц материала с интенсивной диспергацией «сорванной» влаги и с частичным удалением ее из сушильного аппарата в виде жидкой фазы, т.е. без перевода ее из жидкой фазы в парообразную.

Для реализации подобного решения на описанном ранее цепном агрегате на гусеничном ходу необходима установка воздуходувок, генерирующих воздушный поток скоростью не менее 30 м/с в зоне измельчения влажного сырьевого материала.

Удаление значительной части свободной влаги, содержащейся в материале, без затрат энергии на ее фазовое превращение дает значительную экономию тепловой энергии. Технически это обеспечивается продувкой слоя частиц холодным воздухом со скоростью свыше 30 м/с и позволяет снижать влажность по абсолютному показателю на 5-10 %. Расход воздуха при этом составляет порядка 10 $м^3$/ч на 1 кг. Вне всяких сомнений, подобное усложнение технологической стадии, связанной с подсушиванием материала гарантирует улучшение условий и других стадий технологической переработки влажного сырья. Под этим подразумевается уменьшение слипания измельченного материала после обработки и, соответственно, повышение его сыпучести, а главное – снижение влажности сырьевого материала даже на 1 % экономит не менее 3 кг условного топлива на 1 т клинкера [11].

Описанное решение реализовано при разработке цепного агрегата многоцелевого назначения на гусеничном ходу. Что позволит применять его непосредственно в местах разработки влажных материалов, значительно уменьшив затраты, связанные с транспортировкой разработанного сырья и последующей его переработки. Это даст возможность осуществлять переработку влажных сырьевых материалов параллельно их разработки экскаватором или другими машинами и механизмами. Пример такого исполнения представлен на рис. 3



I – Загрузка материала в бункер; *II* – Транспортировка материала питателем к месту загрузки в рабочую камеру; *III* – Подача материала в рабочую камеру; *IV* – Измельчение и подсушивание материала; *V* – Подача воздушного потока в зону измельчения; *VI* – Выгрузка измельченного и подсушенного материала из рабочей зоны питателем.

Рис. 3. Цепной агрегат на гусеничном ходу

Цепной агрегат многоцелевого назначения включает в себя платформу гусеничного тягача *1*, с размещенной на ней рамой *2*, на которую подвешивается цепное полотно *3*, приводимое в движение гидравлическим приводом *4*. Стационарным двигателем внутреннего сгорания *5*, приводится в движение фрезерный измельчитель *6*, необходимый для совместной работы с цепным полотном *3*. В рабочую камеру материал подается пластинчатым питателем *7*, куда материал поступает из загрузочного бункера *8*. На раме *2* также установлены площадки обслуживания *7*. В процессе измельчения материал продувается воздушным потоком, генерируемый воздуходувкой *9*. Измельченный и подсушенный материал просыпается через цепное полотно *3* и удаляется из агрегата выгружающим пластинчатым питателем *10*,

расположенным вдоль платформы гусеничного тягача 1 под цепным полотном *2*.

Более подробная схема распределения потоков указана на рис. 4, из которой видно, что генерируемый воздуходувкой *9* воздушный поток разделяется на два параллельных потока, направленных в зону измельчения. Такое решение обусловлено расположенной в нижней части провисания цепного полотна соединительной штанги, передающей колебательные движения от гидропривода *4*, и препятствующий попаданию единого воздушного потока в зону измельчения материала.

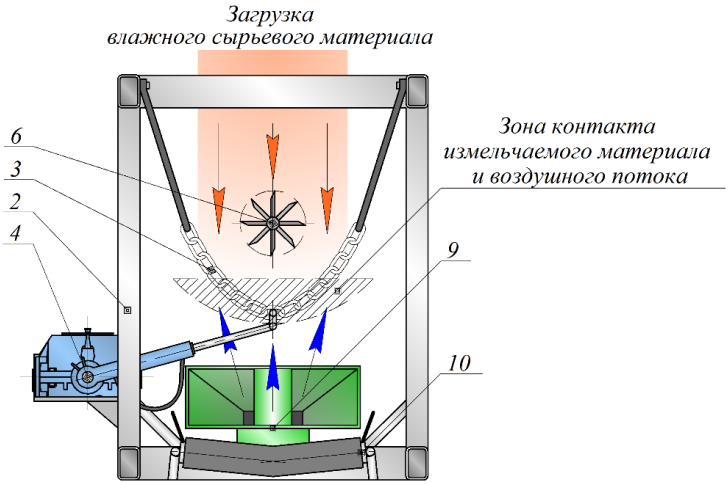


Рис. 4. Агрегат сушильный

Интенсификация измельчения фрезерным измельчителем *6*, происходит в момент набрасывания материала цепным полотном *3* в процессе колебательного движения последнего. Важно отметить целесообразность направления воздушного потока именно в зону измельчения, заключающуюся в уносе поверхностной влаги материала вскрытой в результате измельчения. Таким образом зона контакта измельчаемого материала и воздушного потока, а также процессы, протекающие в ней и их эффективность, представляют особый исследовательский интерес.

Цепные агрегаты многоцелевого назначения для переработки влажных сырьевых материалов являются перспективным направлением для исследования, что обусловлено их повышенной многофункциональностью, универсальностью. Подобного рода

установки способны одновременно производить измельчение влажного материала до определенной крупности, удалять из рабочей камеры крупные прочные и недробимые включения и производить предварительную сушку, облегчая тем самым всю технологическую структуру, что позволит использовать менее энергоёмкое и более эффективное оборудование в последующих стадиях переработки. Простота конструкции рабочего оборудования и, следовательно, низкая стоимость его изготовления определена тем, что цепное полотно легко собирается из широко используемых в технике элементов – цепей, скоб, крючьев, зубьев, пластин и других. Это, в свою очередь, позволяет снизить затраты на эксплуатацию, так как уменьшаются различного рода поломки и отказы, не требуется производить трудоёмкие чистки рабочего пространства и выполнять другие профилактические работы.

Описанные цепные агрегаты имеют широкий спектр технологических возможностей, что вызывает необходимость встраивания их в производственные комплексы на условиях обеспечения синхронности и совместимости выполняемых функций. Их основное предназначение – первичная обработка влажного сырьевого материала на предприятиях по производству цемента, извести, керамических изделий, при переработке торфа, трепела, угля, лигнина, а также для предварительной обработки в зоне их непосредственной добычи. Предлагаемые конструкции передвижных цепных агрегатов многоцелевого назначения базируются на проведенных ранее теоретических исследованиях цепных агрегатов [5, 8, 9, 12]. Экспериментальные исследования в этой области ведутся авторами в данный момент. Их задача состоит в разработке единой методики определения основных геометрических и энергетических параметров, а также определение функциональных возможностей и показателей надежности, прежде всего износостойкости цепных элементов.

1. Сиваченко Л.А. Проблемы переработка влажных сырьевых материалов и пути их решения / Л.А. Сиваченко, В.В. Кутузов, А.М. Ровский, И.А. Реутский, Инженер-механик, Минск. №1 2015. – С.16-20. **2.** Сиваченко Л.А. Технологические переделы с максимальным потенциалом энергосбережения / Л.А. Сиваченко, У.К. Кусенбаев, И.А. Реутский, А.М. Ровский, Энергоэффективность, Минск, 2015, №10, – С.20-26. **3.** Боганов А.И., Механическое оборудование цементных заводов / А.И. Боганов, М: Промстройиздат, 1955. – 296 с. **4.** Колбасов В.М.

Технология вяжущих материалов / В.М. Колбасов, И.И. Леонов, Л.М. Сулименко, М. Стройиздат, 1987. – 432с. **5.** Сиваченко Л.А. Комплекс для измельчения и сушки влажного мела на основе цепного агрегата / Сиваченко Л.А., Реутский И.А., Ровский А.М. / Вибрация – 2016. Вибрационные технологии. Мехатроника и управляемые системы: сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Том. 2, – Курск, 2016. – с. 265-270. **6.** Бауман В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / В.А. Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д. Мартынов. – М.: Машиностроение. 1981 – 324с. **7.** Сапожников М.Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / М. Я. Сапожников, М., «Высшая школа», 1971. – 382 с. **8.** Сиваченко Л.А. Комплект технологических агрегатов с цепным рабочим оборудованием для технологии продуктов первичного передела / Сиваченко Л.А., Ровский А.М., Реутский И.А. / Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. – Белгород, 2015. – С.310-316. **9.** Сиваченко, Л.А. Цепные технологические агрегаты многоцелевого назначения и их развитие / Л.А. Сиваченко, А.М. Ровский, И.А. Реутский / Вестник Белорусско-Российского университета. – Могилев, 2016. – № 1(50) – с. 78-86. **10.** Филиппов В.А. Технология сушки и термоаэроклассификации углей / В.А. Филиппов – М.: Недра, 1987 – 287 с. **11.** Юревич Т.К. Внедрение энергоэффективной технологии сушки сырья и материалов в перерабатывающей промышленности, машиностроении, строительстве / Т.К. Юревич, Минск. Энергоэффективность. №6, 2010. – С.12-14. **12.** Сиваченко Л.А. Цепной измельчитель влажных материалов / Л.А. Сиваченко, А.М. Ровский, И.А. Реутский / Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф., – Белгород, 2015. – С.310-314.