

**Исаева Мадина Ризвановна**

Isaeva Madina Rizvanovna  
ФГБОУ ВПО «Грозненский государственный  
нефтяной технический университет»  
The Grozny state petroleum technical University  
Старший преподаватель  
senior lecturer  
Meda8181@mail.ru

**Колбасин Александр Маркович**

Kolbasin Aleksandr Markovich  
ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный  
государственный технический университет» (МАДИ)  
Moscow Automobile And Road Construction/State Technical University (MADI)  
доцент МАДИ / assistant professor  
канд. техн. наук.

**Васильев Юрий Эммануилович**

Vasilev Uyrj Emmanuilovich  
ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный  
государственный технический университет» (МАДИ)  
Moscow Automobile And Road Construction/State Technical University (MADI)  
доцент МАДИ / assistant professor  
канд. техн. наук.

«Автоматизация и управление технологическими  
процессами и производствами (промышленность)»

**Автоматизация процесса производства органоминеральной добавки на  
основе золошлаковой смеси**

Automation of process of production of an organic-mineral additive (OMD) on the  
basis of ash-slag mixes

**Аннотация:** Рассмотрен управляемый автоматизированный процесс получения органоминеральной добавки (ОМД) в шаровой барабанной мельнице. Разработана система оптимального функционирования пневмотранспортирования ОМД с малыми энергетическими затратами, что обеспечивает получение максимального количества добавки с заданными качественными характеристиками. Применение ОМД на основе золошлаковых смесей при изготовлении мелкозернистых бетонов сокращает расход цемента на 30–40 %.

**The Abstract:** The controlled automated process of production of an organic-mineral additive (OMD) in the ball-tube mill is considered. The system of optimal functioning of pneumatic transportation of OMD with low power consumption ensuring the production of maximum quantity of additive with specified quality characteristics has been developed. The use of OMD on the basis of ash-slag mixes for the production of fine concrete reduces the cement consumption by 30-40%.

**Ключевые слова:** органоминеральная добавка, золошлаковые смеси, помол, шаровая мельница, пневмотранспортирование, оптимальное управление, автоматизированный процесс.

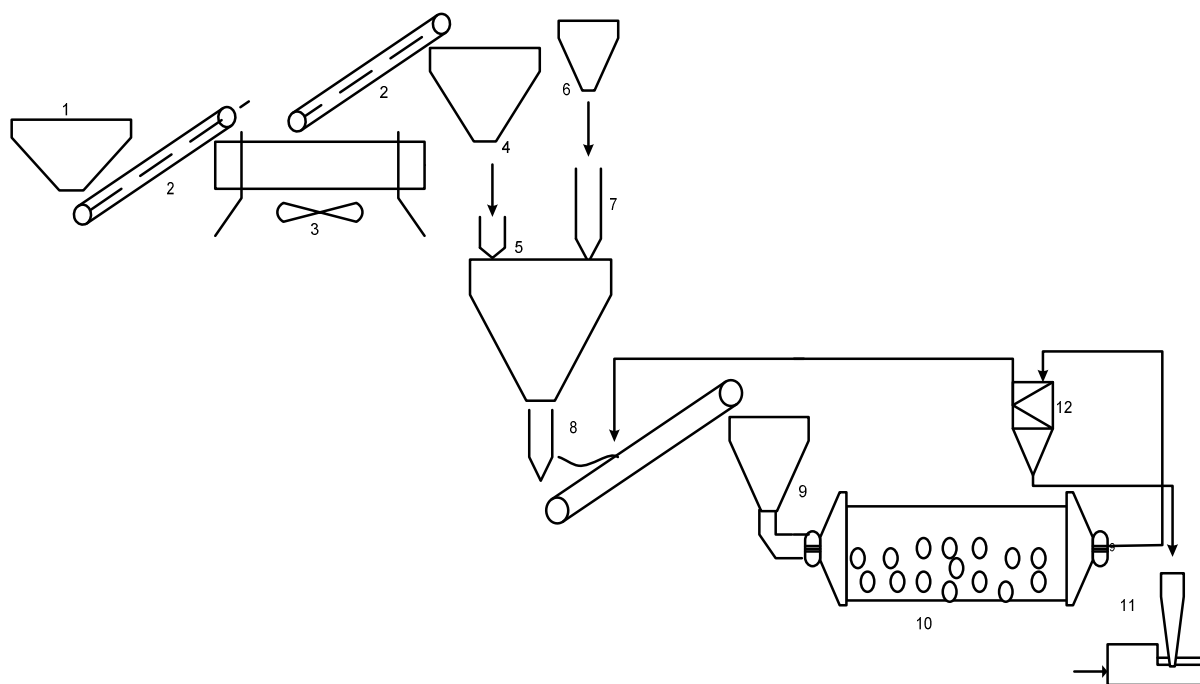
**Keywords:** organic-mineral additive, ash-slag mixes, grinding, ball mill, pneumatic transportation, optimal control, automated process transportation.

Во многих регионах России накоплен большой объем отходов техногенной деятельности и их утилизация может внести весомый вклад в охрану окружающей среды.

Имеющиеся в наличии золошлаковые отходы могут быть эффективно использованы в качестве наполнителей для смешанных вяжущих. Однако они обладают большой неоднородностью и содержат примеси в виде несгоревших частиц топлива, что требует для их использования специальной подготовки, которая заключается в предварительной сушке и механохимической активации, способствующих, появлению новых химически активных поверхностей и снижению водопотребности, путем добавления поверхностно активных веществ (ПАВ) [2,3].

Эффективно использование в технологии производства бетонов органоминеральной добавки (ОМД), получаемой помолом золошлаковых смесей с суперпластификатором без цемента. Такой наполнитель может поставляться потребителю отдельно как добавка к цементам и бетонам, или как компонент сухих строительных смесей. Механохимическая активация золошлаковой смеси позволяет повысить активность и однородность свойств наполнителя. Использование органоминеральной добавки на основе золошлаковой смеси, при получении равнопрочных тяжелых и мелкозернистых бетонов, позволяет уменьшить расход цемента на 30-40% и эффективно использовать многотоннажные отходы золошлаковых смесей при производстве мелкозернистых бетонов.

Технологическая схема изготовления ОМД представленная на рис.1, позволяет получать новый строительный материал с повышенными технико-экономическими показателями за счет использования дешевого и доступного сырья.



**Рис. 1.** Технологическая схема изготовления ОМД:

1 - расходный бункер сырья, 2 – непрерывный конвейер, 3 – барабанная сушилка, 4 – расходный бункер сырья, 5 – непрерывный дозатор сырья, 6 - расходная емкость суперпластификатора, 7 - непрерывный дозатор суперпластификатора, 8- непрерывный дозатор ОМД с конвейерной лентой, 9 – загрузочная воронка ШБМ, 10 – шаровая мельница, 11 – приемный бункер ОМД, 12- воздушный сепаратор.

Сырье для производства ОМД загружается в расходные бункеры. Откуда конвейером подается в барабанную сушилку, где подвергается сушке со средней температурой нагрева 300° и средней длительностью сушки 5 минут.

На следующем этапе обработки производится пластификация ОМД, за счет добавления в высушенное сырье суперпластификатора С-3. Золошлаковая смесь и пластифицирующая добавка подаются параллельно в расходные бункера, откуда они поступают в пропорции около 3% пластифицирующей добавки на единицу массы сухой золошлаковой смеси на дозирование. Полученная смесь подается в шаровую мельницу для помола при помощи непрерывного весового дозатора с конвейерной лентой.

Требуемую тонкость помола устанавливают соответствующим регулированием работы сепаратора. Измельченный материал из мельницы подается потоком воздуха, создаваемого вентилятором на входе сушилки, из мельницы в сепаратор, где из потока выделяются крупные частицы, направляемые на дополнительный помол в мельницу ленточным дозатором. Мелкие фракции выносятся воздушным потоком из сепаратора, осаждаются в фильтрах (матерчатых или электрофильтрах) в виде готового продукта откуда и поступают в приемный бункер ОМД.

Управляемый процесс - измельчения ОМД с добавлением суперпластификатора С-3, в шаровой барабанной мельнице должен обеспечить получение максимального количества ОМД с заданными качественными характеристиками.

Рассмотрим различные схемы автоматизации шаровой барабанной мельницей с целью повышения её производительности.

Шаровая однокамерная барабанная мельница непрерывного действия, работающая в замкнутом цикле с воздушным сепаратором, как объект системы автоматического регулирования, характеризуется совокупностью входных (скорость вращения мельницы  $n$ , масса загрузки шаров  $G$ , уровень заполнения барабана мельницы измельчаемым материалом  $Q_{вх}$ , размер частиц исходного материала  $C_{x1}$ ) и выходных (производительность шаровой мельницы  $Q_{вых}$ , мощность  $N$ , потребляемая на измельчение, гранулометрический состав  $C_{x2}$ ;) параметров (Рис.2).

Существующие схемы автоматизации используют в качестве параметров управления одну или несколько выходных величин шаровой мельницы, отклонение которых от заданного значения формирует через регулятор  $P$  компенсирующее воздействие обратной связи на изменение производительности загрузочного устройства  $Q_{вх}$ .

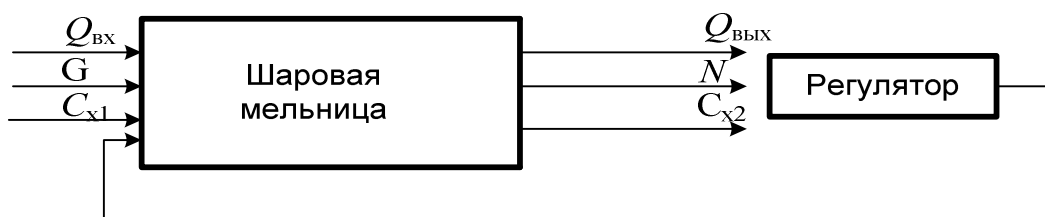


Рис. 2. Шаровая мельница как объект регулирования

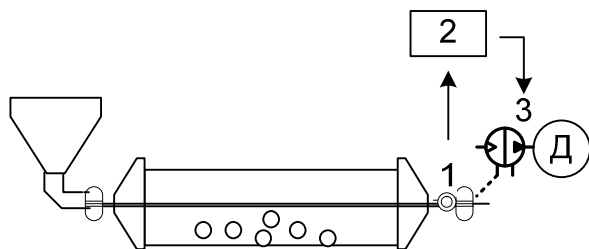
При вращении барабана, в результате взаимодействия с броневой плитой, шары вовлекаются в движение. Поднимаясь на определенную высоту, под действием силы тяжести они отрываются и падают вниз на слой перекатывающихся шаров и топлива. Происходит размол как в результате удара под действием шаров, так и в результате истирания при перекатывании шаров в слое. С ростом частоты вращения размольная производительность мельницы сначала увеличивается (т.к. шары поднимаются на большую высоту), но затем при

некоторой скорости вращения, называемой критической, шары «прилипают» к поверхности брони и производительность мельницы резко падает.

Возможны несколько режимов измельчения. Измельчение материалов с размером частиц порядка 1 мкм путем дробления падающими шарами малоэффективен. В таком случае эффективней режим перекатывания шаров, при котором они не падают, а поднимаются вместе со стенкой вращающегося барабана мельницы и затем скатываются по наклонной поверхности. Материал истирается между шарами, циркулирующими в объеме, занимаемом их массой. При режиме перекатывания наблюдаются четыре зоны движения шаров: зона их подъема по стенке барабана с некоторой не очень высокой скоростью, зона скатывания с наибольшей скоростью, зона встречи скатившихся шаров со стенкой барабана и центральная застойная зона, в которой шары почти неподвижны. Увеличивая скорость вращения барабана мельницы, можно повысить эффективность режима перекатывания путем сужения или полной ликвидации застойной зоны в шаровой загрузке.

Так как масса шара постоянна, увеличение его кинетической энергии возможно, только за счет повышения скорости вращения барабана, но до определенного предела. Как только центробежные силы начинают сильнее прижимать мелющие тела к стенкам барабана, падение шаров, а значит и помол, прекращаются. Поэтому главной задачей расчета параметров шаровой мельницы является определение критической скорости вращения барабана  $n_{кр}$ . Если она выбрана, правильно, то достигаются большая высота подъема и скорость падения шаров, если нет – процесс измельчения резко замедляется, а энергозатраты мельницы возрастают. Оптимальное значение скорости вращения барабана должно выбираться в пределах  $0,78 - 0,8n_{кр}$ , обеспечивая тем самым максимально возможную производительность. При значениях  $0,4-0,6n_{кр}$  происходит скольжение и перекатывание шаров, основная сила, воздействующая на частицы – трение и эффект измельчения падает. Значения  $n_{кр}$  более 0,8 приводят к прилипанию массы шаров и шихты к стенке центробежными силами и истирания материала почти не происходит.

Для автоматического регулирования скорости вращения барабана шаровой мельницы (рис.3.) датчик скорости (1), установленный на валу, подает сигнал об изменении скорости. При отклонении скорости вращения от заданного значения в автоматическом режиме регулятор скорости (2) воздействует на изменение напряжения питания обмотки якоря приводного электродвигателя (3), поддерживая скорость вращения барабана оптимальной.



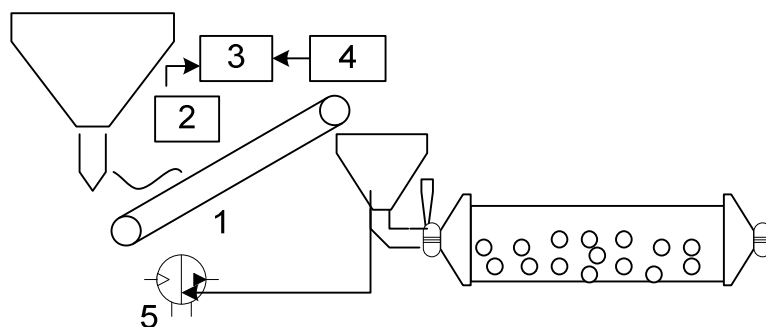
**Рис. 3.** Система автоматического регулирования скорости вращения барабана

На производительность мельницы влияет изменение тонкости помола, увеличивая ее при более грубом помоле и снижая с повышением тонкости помола. Так, при увеличении тонкости помола до остатка на сите № 008 коэффициент тонкости помола уменьшается соответственно до 0,9–0,8, т.е. примерно на 9-20%. Настолько же снижается и производительность мельницы. При увеличении крупности помола примерно в той же пропорции возрастает и производительность мельницы. Тонкость помола ОМД,

характеризуемая остатком на сите № 008 (размер ячейки в свету 0,08 мм), составляет 8—12%, а удельная поверхность ОМД - 4500—5000 см<sup>2</sup>/г. С повышением тонкости помола затраты электроэнергии возрастают в значительно большей степени, чем степень измельчения. Увеличение тонкости помола на каждый 1 % повышает расход электроэнергии на 4—6% и соответственно снижает производительность мельницы. Применение замкнутого цикла помола повышает производительность мельницы, на 10—20% и более. В процессе приготовления ОМД тонкость помола ограничена стандартом, согласно которому остаток на сите 008 не должен превышать 15 % и дальнейшее увеличение производительности ШБМ по изменению тонкости помола невозможно.

Работа шаровых мельниц отличается повышенным расходом энергии. При работе мельницы, заполненной шарами вхолостую, расход энергии приблизительно равен расходу энергии при работе мельницы с полной загрузкой. Поэтому работа мельницы с неполной загрузкой не эффективна.

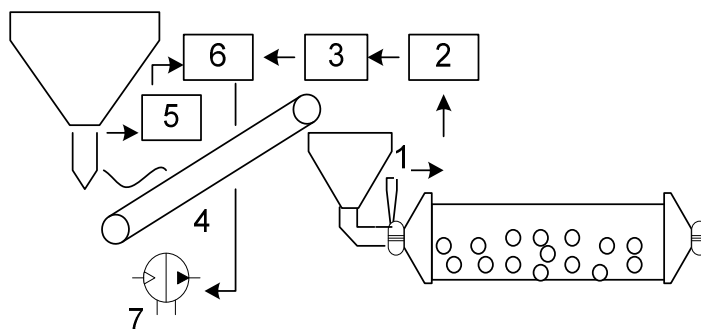
Для подачи материала в загрузочную воронку мельницы служит автоматический непрерывный дозатор с конвейерной лентой (1). Дозатор (рис.4) снабжен тензометрической весоизмерительной системой (2) и датчиком скорости движения ленты (4) и управляется контроллером, а ленточный конвейер регулируемым асинхронным приводом. В процессе работы происходит непрерывное взвешивание материала, проходящего над весоизмерительным устройством, а также измерение скорости движения ленты. Управляющий контроллер (3) рассчитывает текущую производительность дозатора и, при необходимости, формирует корректирующий сигнал на регулируемый частотный привод (5).



**Рис. 4.** Система автоматического регулирования производительности дозатора

С целью повышения точности регулирования уровня загрузки барабана можно управлять производительностью бункерного дозатора, в который поступают в определённом соотношении золошлаковая смесь и суперпластификатор С-3, а также часть недоизмельченного сырья из воздушного сепаратора мельницы, используя принцип коррекции по текущему значению уровня загрузки шаровой мельницы.

Для автоматического регулирования уровня загрузки барабана на переднем подшипнике мельницы устанавливается пьезокерамический акселерометр (1), который служит для измерения виброускорения подшипника мельницы, определяемой загрузкой мельницы материалом (Рис.5.). Взаимосвязь этих параметров реализуется блоком преобразования (2) и регулятором (3).



**Рис. 5.** Система автоматического регулирования производительности дозатора с дополнительным корректирующим сигналом

*Регулятор уровня (3) передает сигнал на контроллер (6), который с учетом информации об изменении уровня заполнения шаровой мельницы, формирует сигнал, воздействующий на регулируемый частотный привод (7), изменяющий скорость вращения двигателя таким образом, чтобы устранить рассогласование между текущей и задаваемой производительностью дозатора.*

Возможность эффективного использования золошлаковых смесей в качестве наполнителя, связано с организацией производства органоминеральной добавки (ОМД). Разработанная и реализованная технологическая система производства органоминеральной добавки, получаемой помолом золошлаковых смесей с суперпластификатором, обеспечивает автоматическую оптимизацию рецептурных и технологических параметров процесса за счет:

- выбора оптимальной скорости вращения барабана  $n$  в пределах  $0,78 - 0,8n_{кр}$ ;
- применения замкнутого цикла помола, повышающего производительность мельницы на 10—20% при регулярном отделении от общей массы размалываемого в мельнице материала мельчайших зерен;
- регулирования уровня загрузки барабана шаровой мельницы;
- наиболее эффективного использования мощности, идущей на измельчение материала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Будников, П.П. Влияние карбонатных пород на физико-механические свойства портландцемента / П.П. Будников, М.И. Некрич // Бюллетень строительной техники. - М.: 1948, - №9. - С. 48-52.
2. Звезгинцева, С.Ю. Растворы с применением отработанных формовочных смесей: автореф. дисс.канд.техн.наук / С.Ю. Звезгинцева. – Москва, 1991.
3. Исмаилова З.Х.. Эффективные мелкозернистые бетоны с органоминеральной добавкой на основе золошлаковых смесей.-Дисс. на соиск.уч. ст.канд.техн.наук.- Грозный 2008.-с. 70-73;

**Рецензент:** Минцаев М.Ш., д.т.н., доцент, зав. кафедрой «А и У» ГГНТУ.