

СУШКА ГРАНУЛИРОВАННОГО СУЛЬФАТА АММОНИЯ В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ

А. Д. АЛЕКСЕЕВ, В. М. ВИТЮГИН Ю. А. ЯНОВИЧ

(Представлена научно-методическим семинаром химико-технологического факультета)

В связи с намечаемым значительным увеличением объема производства минеральных удобрений особую важность приобретают вопросы совершенствования способов их производства. Действующие технологические схемы предусматривают получение сульфата аммония в кристаллическом виде. Вопрос о дальнейшей переработке кристаллического материала и его получение в гранулированном виде пока не нашел удовлетворительного решения.

Агрегирование кристаллов сульфата аммония и образование более или менее устойчивых их соединений происходит при добавлении к кристаллическому материалу некоторого количества воды или водного раствора сульфата аммония. В этом случае возникает необходимость удаления из гранул избыточной влаги и закрепления той формы, которую они приобретают в результате грануляции. Следовательно, решение вопроса получения прочных гранул сульфата аммония должно предусматривать и одновременное решение вопроса о способе сушки.

Положительные опыты применения псевдоожигенного слоя для сушки различных материалов [1—5] позволяют считать, что из известных апробированных практикой простых способов сушки наиболее перспективным является сушка в псевдоожигенном слое.

С целью проверки возможности практического осуществления процесса сушки гранул сульфата аммония в псевдоожигенном слое была изготовлена модель аппарата периодического действия и проведены предварительные исследования по изучению основных закономерностей поведения слоя при воздействии на него холодным и нагретым потоками воздуха.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1.

Экспериментальная установка состоит из компрессора 1, ресивера 2, подводящих трубопроводов 3, 4 с встроенными диафрагмами 5, 6, нагнетательного трубопровода 7, электрического калорифера с системой регулирования температуры 8 и аппарата 9. Подводящие трубопроводы снабжены запорными устройствами, обеспечивающими их независимое включение в линию. Давление в ресивере контролировалось манометром 10 и поддерживалось на нужном уровне регулировочным вентилем 11.

Позднее возникла необходимость в постановке прерывателя потока 15 с приводом 16 и успокоительной емкости 17.

Аппарат для образования псевдооживленного слоя и визуального наблюдения за его поведением состоит из двух частей — стеклянной колонны 12 диаметром 35 и высотой 500 мм и распределительной коробки 13. Соединение колонны с распределительной коробкой осуществлялось ее посадкой на притертую коническую поверхность.

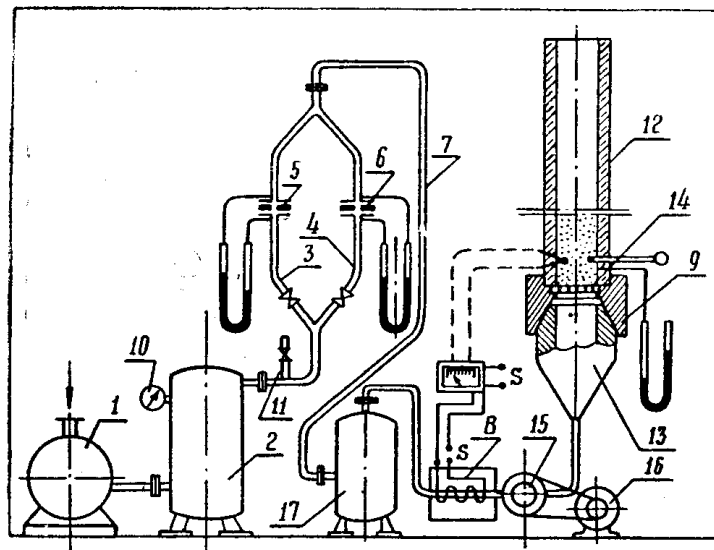


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

Система пьезометров и дифференциальных манометров обеспечивала замер осредненных значений давления во всех интересующих точках. Температура теплоносителя перед распределительной решеткой в слое и по выходе из него замерялась термометрами.

Опыты проводились с гранулированным и кристаллическим сульфатом аммония, а также с искусственно приготовленными композициями, содержащими различные пропорции обоих компонентов. В качестве исходных компонентов использовался сортовой кристаллический сульфат аммония со средними размерами частиц 0,5 мм и насыпной плотностью $\rho_n = 0,84 \text{ г/см}^3$ и сухие гранулы того же материала с эквивалентным диаметром 3,6 мм и насыпной плотностью $\rho_n = 0,76 \text{ г/см}^3$.

Первый этап исследования был направлен на выяснение общей картины поведения слоя под воздействием стационарного потока холодного и нагретого теплоносителя и экспериментальное определение диапазона скоростей устойчивого существования псевдооживленного слоя.

На рис. 2 пунктирными линиями нанесены кривые псевдооживления для слоя, состоящего из кристаллического сульфата аммония ($i = 0$, левая часть графика), и слоя, составленного из сухих гранул того же материала ($i = 0$, правая часть графика).

Установлено, что при продувке неуплотненного слоя сухого материала стационарным потоком воздуха имеется зона скоростей газового потока, в которой наблюдается устойчивое псевдооживленное состояние. Для слоя, состоящего из кристаллического материала, скорость перехода в псевдооживленное состояние минимальна и численно равна 0,3 м/сек, что соответствует степени его расширения $K_0 = 1,2$. Скорость псевдооживления слоя, составленного из одних гранул, максимальна и равна 1,8 м/сек. Скорость псевдооживления композиций, составленных

из обоих компонентов, зависит от процентного содержания соответствующего компонента и располагается внутри указанных границ.

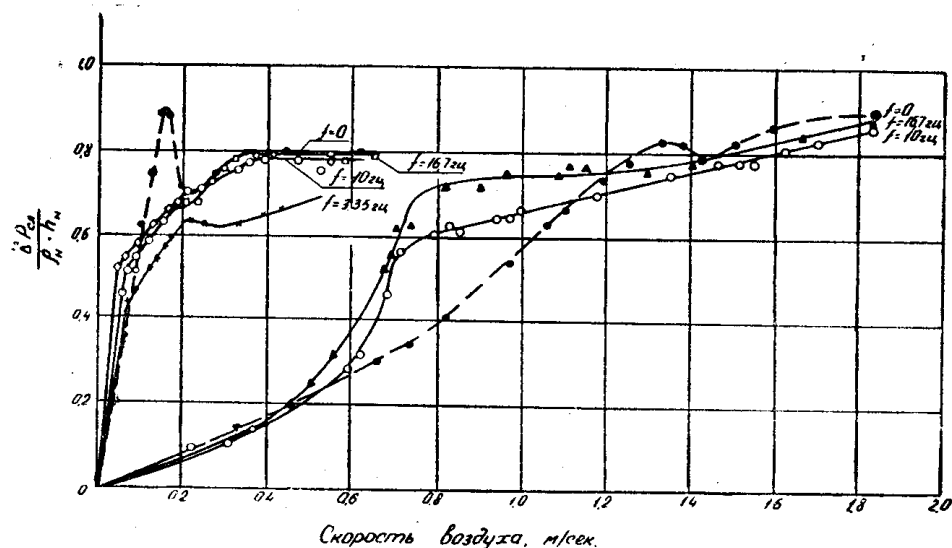


Рис. 2. Зависимость сопротивления слоя от скорости воздуха и частоты динамических воздействий. $f=0$. Поток стационарный. $f=3,35$; 10 ; $16,7$ —частоты динамических воздействий, $гц$.

На рис. 3 пунктирными линиями показано изменение степени расширения слоя для предельных случаев его существования.

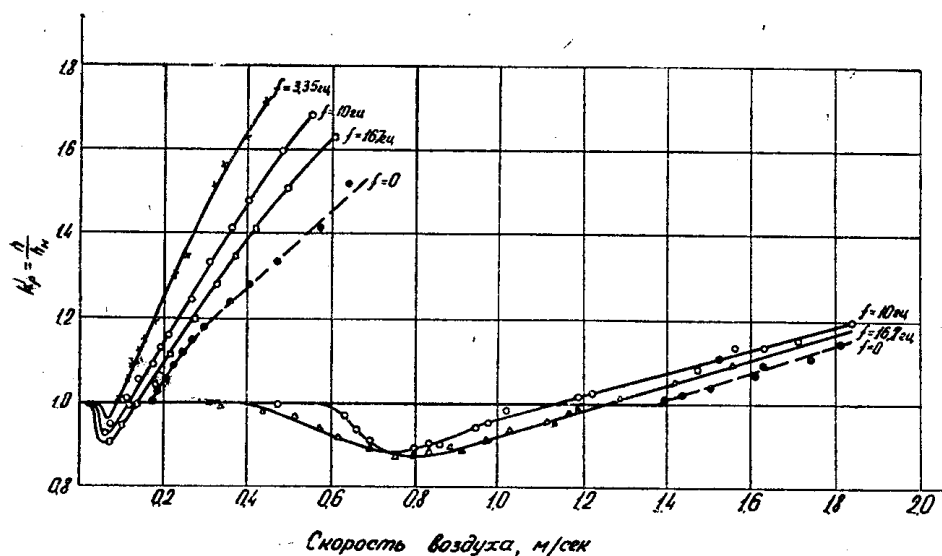


Рис. 3. Зависимость коэффициента расширения слоя от скорости воздуха и частоты динамических воздействий. h —высота слоя в рабочем состоянии, h_n —высота слоя, соответствующая насыпному весу, $f=0$. Поток стационарный, $f=3,35$; 10 ; $16,7$ —частота динамических воздействий, $гц$.

Повышение температуры теплоносителя приводило к некоторому смещению кривых псевдооживления в сторону больших скоростей, но не вносило качественного изменения в поведение слоя. В случае добавления в массу, состоящую из сухого продукта, некоторого количества влажного материала также образуется псевдооживленный слой, но для

его существования требуются значительно большие расходы охлаждающей среды. Возрастание скорости сопровождается быстрым разрушением влажных компонентов слоя, прочность которых намного ниже прочности основной массы материала и их выносом из аппарата.

Все попытки перевести неподвижный слой влажного гранулированного материала в псевдооживленное состояние при воздействии на него стационарным потоком горячего теплоносителя в интервале температур 350—420°K не привели к желаемым результатам по той причине, что при введении влажного материала в нагретый газовый поток начинается интенсивный процесс испарения влаги с поверхности гранул, который приводит к их быстрому отверждению и слипанию друг с другом.

Добавлением к псевдооживленной массе сухого продукта небольших количеств влажного материала удавалось в отдельных случаях удерживать слои в нормальном состоянии. Но это достигалось за счет значительного возрастания скорости движения потока и сопровождалось заметным уносом из слоя мелких компонентов. Такой слой весьма чувствителен к равномерности питания и небольшие перегрузки приводят к нарушению режима и прекращению его «кипения». Дальнейшее увеличение интенсивности воздействия потока на частицы, связанное с возрастанием скорости его движения, нежелательно из-за чрезмерного уноса.

С целью повышения эффективности воздействия газового потока на слой при одновременном сокращении расхода охлаждающей среды был изменен характер движения самого потока. На участке между калорифером и аппаратом был установлен механический прерыватель роторного типа, приводимый во вращение от регулируемого электродвигателя.

Второй этап исследований проводился в направлении выяснения характера влияния нестационарных воздействий на поведение слоя кристаллического и гранулированного сульфата аммония и композиций, составленных из этих материалов.

Установлено, что имеется качественное и количественное отличие в поведении слоя при воздействиях на него нестационарным потоком воздуха по сравнению со стационарными воздействиями. Качественное отличие состоит в том, что при определенной интенсивности динамических воздействий, достаточной для разрушения наименее прочных связей частиц друг с другом, начинается их переукладка. Она сопровождается уменьшением расстояния между частицами и приводит к общему уменьшению объема слоя и его уплотнению. Степень уплотнения слоя зависит от ряда факторов, основными из которых являются: первоначальная плотность укладки частиц в слое, интенсивность динамического воздействия и способность материала к уплотнению. Процесс уплотнения слоя сопровождается некоторым повышением сопротивления, которое он оказывает движущемуся потоку. Для этого периода характерным является то, что у слоя, состоящего из частиц, имеющих постоянные размеры при достаточной продолжительности динамических воздействий и определенной их интенсивности, существует вполне определенная степень их уплотнения. Это установлено визуальными наблюдениями и проверено погружением в слой подвешенного на гибкой нити свинцового шарика. Замечено, что относительная подвижность частиц у уплотненного слоя невелика, вымыв мелких фракций материала в верхние участки слоя не заметен. Для каждой частоты пульсаций существует такая интенсивность динамического воздействия, при достижении которой наблюдается максимальное уплотнение слоя. Последующее постепенное увеличение скорости охлаждающей среды увеличивает расстояние между частицами; их подвижность возрастает, и слой приобретает свойства текучести, аналогично тому, как это имеет место в случае воз-

действия стационарным потоком оживающей среды. Особенностью нестационарных воздействий газового потока является возможность образования псевдооживенного слоя при меньших осредненных расходах оживающей среды. Сказанное иллюстрируется графиками рис. 2 и 3. В левой части графиков приведены кривые псевдооживения для слоя, состоящего из кристаллического сульфата аммония, а в правой части — для слоя из сухих гранул.

Проводились опыты по образованию псевдооживенного слоя из влажного гранулированного сульфата аммония при нестационарных воздействиях теплоносителем с температурой 350—420°K. Материал непосредственно вводился в нагретый аппарат в противоток теплоносителю. Псевдооживенное состояние слоя устанавливалось и поддерживалось стабильным в широком диапазоне частот пульсаций потока при невысоких скоростях потока и отсутствии уноса. Время пребывания в аппарате материала со средними размерами гранул в 3,5 мм, начальной влажностью 6,0% и конечной — 0,5% при указанных выше температурах составляет 3 ÷ 4 минуты, что свидетельствует о желательности применения псевдооживенного слоя, образованного нестационарными воздействиями потока оживающей среды для осуществления целого ряда массообменных процессов.

Предварительное гранулирование сульфата аммония до агрегатов крупностью 1 ÷ 3 мм в сочетании с нестационарными воздействиями теплоносителя положительно сказывается на сушке в псевдооживенном слое, так как обеспечивает стабильность гидродинамического режима процесса и практически исключает унос материала с газами. Однако достижение этих преимуществ будет возможным лишь в случае подачи в сушилку достаточно прочных влажных гранул. Слабые влажные гранулы из сульфата аммония разрушаются до их входа в слой уже в питателе сушилки.

В связи с этим целесообразно совместить операции гранулирования и сушки сульфата аммония в одном аппарате. Для этого нами предлагается осуществлять грануляцию предварительно увлажненного сульфата аммония на виброплоскости, располагающейся между шнековым питателем и рабочей камерой сушилки с псевдооживенным слоем так, чтобы поток влажных гранул подавался виброплоскостью непосредственно в восходящий поток горячих газов.

Выводы

1. Показано, что для перевода слоя влажного материала (сульфата аммония), как негранулированного, так и гранулированного, в устойчивое псевдооживенное состояние необходимо использование нестационарного потока сушильных газов.
2. Совмещение операций гранулирования и сушки сульфата аммония в одном агрегате обеспечивает эффективность протекания обоих процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Сыромятников, В. Ф. Волков. Процессы в кипящем слое, Свердловск, Metallurgizdat, стр. 109, 1959.
2. Макс Лева. Псевдооживление, Москва, Гостоптехиздат, стр. 285, 1961.
3. П. Г. Романков, Н. Б. Рашковская, В. Е. Бабенко, А. Д. Гольцман. Сушилки с псевдооживенным слоем, Химическая промышленность, № 11, 42(822)—47(827), Госхимиздат, 1962.
4. Б. С. Сажин. Новое в технике сушки влажных материалов во взвешенном слое, Химическая промышленность, № 11, 50(830)—55(835), Госхимиздат, 1962.
5. П. Г. Романков, Н. Б. Рашковская, Л. Л. Синельникова. Сушка некоторых полимерных материалов в псевдооживенном слое и аэрофонтанным способом, Химическая промышленность, № 11, 41(841)—43(843), Госхимиздат, 1963.