

Исследование процесса сушки конверсионного карбоната кальция в трубе-сушилке

Ю.А. Долматова, А.А. Ермаков, М.О. Долматова

Сушка является самым распространенным процессом в химических пищевых производствах, в обогащении полезных ископаемых, в сельском хозяйстве и других. Для многих производств сушка является единственным способом достижения требуемого качества продукции [1–3]. Конверсионный карбонат кальция после сушки должен содержать частиц размером меньше 60 мкм 91,65%, 60÷100 – 8,35% [5]. Продукт поступает на сушку с влажностью не более 13%. Простота конструкции, малая металлоемкость, возможность использования высоких температур теплоносителя, экономия топлива и электроэнергии, высокое влагонапряжение ($A=600\div 800$ кг/м³час) позволяют рекомендовать трубу-сушилку для сушки карбоната кальция [1–3].

Результаты расчетов по предлагаемым методикам, например, длины трубы-сушилki отличаются в 5–10 раз. Объяснить это можно тем, что при проектировании сушилок обычно используются опытные данные и эмпирические уравнения для конкретных продуктов.

Опыты по исследованию аэродинамики потока газовой взвеси и по исследованию процесса сушки конверсионного карбоната кальция проводились в трубе-сушилке диаметром 0,069 м и длиной 4,8 м [5].

Опыты по выявлению изменения влажности карбоната кальция по длине трубы-сушилki проводились следующим образом: при установившемся режиме с помощью дисков, соединенных общей тягой, труба перекрывалась, одновременно отключали питатель, калорифер и вакуум-насос. Начиная с нижнего диска, продукт разгружали из объемов трубы, отбирая пробы на влажность.

После выгрузки продукта из объемов трубы между дисками, включали вакуум-насос для охлаждения калорифера. Затем взвешивали продукт, по навескам G_n , кг, определяли действительную концентрацию карбоната кальция – μ , кг/м³, и скорость материала – w , м/с, в данном объеме V , м³, трубы-сушилки [5]:

$$\mu = \frac{G_i}{V},$$

$$w = \frac{G \cdot L}{G_i},$$

где G – производительность сушилки, кг/с;

L – длина соответствующего участка трубы, м.

Исходную концентрацию μ_p определяли по формуле:

$$\mu_p = \frac{G}{V_a},$$

где V_a – производительность сушилки по воздуху, м³/с.

Ранее были определены концентрации – μ , и скорости – w , карбоната кальция по длине трубы-сушилки, получены зависимости для их расчета [5].

В данной работе необходимо было изучить, как изменяется влажность карбоната кальция и влагонапряжение по длине трубы-сушилки в зависимости от ее длины и температуры воздуха.

Отобранные пробы карбоната кальция высушивали до постоянного веса и определяли влажность материала u .

Количество влаги W , удаляемое в процессе сушки от u_n до u_k , определяется по формуле:

$$W = G_i \frac{u_i - u_e}{100 - u_e},$$

где G_n и u_n – начальная масса и влажность материала соответственно,

G_k и u_k – конечная масса и влажность материала соответственно,

Далее определяли влагонапряжение A на каждом участке трубы:

$$A_i = \frac{W_i}{V_i},$$

где $V_i = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L_i$.

Были также проведены опыты с отбором проб по длине трубы-сушилки с помощью пробоотборника.

Результаты опытов по определению изменения значения среднего влагонапряжения по длине трубы-сушилки представлены на рис. 1. Величина достоверности аппроксимации составила $R^2=0,9397$.

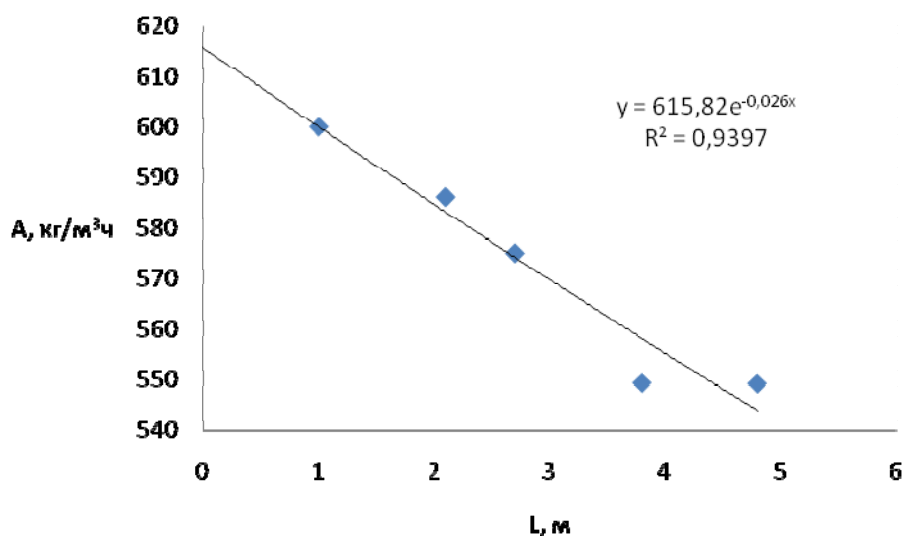


Рис. 1. Изменение влагонапряжения по длине трубы-сушилки

Влагонапряжение трубы-сушилки длиной L может быть определено по следующей зависимости (рис. 1):

$$\dot{A}_L = A_i \cdot e^{-bL},$$

$$A_L = 615,82 \cdot e^{-0,026L},$$

где A_L – влагонапряжение участка трубы длиной L , кг/м³ч;

A_n – влагонапряжение начального участка трубы, кг/м³ч;

L – длина участка трубы, считая от места подачи материала, м;

b – коэффициент, зависящий от режима сушки, свойств материала, м⁻¹.

Также были получены зависимости вида:

$$A=622,23L^{-0,085} (R^2=0,9267);$$

$$A=7,9813L^2-68,786L+695,36 (R^2=1).$$

Опыты по определению влияния температуры воздуха на влагонапряжение проводили следующим образом: диски устанавливались вертикально, включали вакуум-насос и калорифер. При установившемся режиме (постоянной температуре, скорости воздуха) включали шнек. Пробы на влажность отбирались от загружаемого продукта и после циклона.

Результаты этих опытов представлены на рис. 2. Величина достоверности аппроксимации составила $R^2=0,761$.

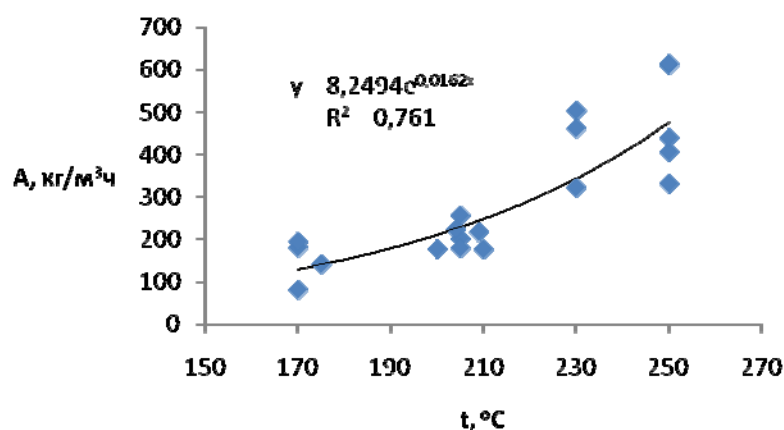


Рис. 2. Изменение влагонапряжения трубы-сушилки в зависимости от начальной температуры сушильного агента

Полученная по рис. 2 зависимость имеет вид:

$$A = 8,2494e^{0,0162t}.$$

При обработке результатов опытов по среднему влагонапряжению были получены следующие зависимости:

$$A=4,57t-662,26 (R^2=0,9045);$$

$$A = 9,086e^{0,016t} (R^2=0,9329).$$

Эти зависимости могут быть использованы при проектировании труб-сушилок для конверсионного карбоната кальция.

Основные выводы работы.

Результаты расчетов по предлагаемым методикам, например, длин труб-сушилок, для тонкодисперсных продуктов, таких как конверсионный карбонат кальция, различаются в несколько раз.

Полученные ранее уравнения для определения концентрации карбоната кальция по длине трубы-сушилки, а также уравнения для расчета его скорости [5], и полученные в настоящей работе зависимости влагонапряжения трубы-сушилки от начальной температуры воздуха или газов и от длины трубы-сушилки позволят проектировать трубы-сушилки для многотоннажных производств карбоната кальция.

Литература

1. Сажин, Б.С. Основы техники сушки [Текст] / Б.С. Сажин. – М.: Химия, 1984. – 319 с.
2. Муштаев, В.И. Сушка дисперсных материалов [Текст] / В.И. Муштаев, В.М. Ульянов. – М.: Химия, 1984. – 319 с.
3. Хомяков, А.П. Экспериментальные исследования сушки химических веществ в прямоточной распылительной сушилке. Сообщение 1. Карбонат кальция [Текст] // Вестник УГТУ-УПИ, серия химическая. 2004. №7 (37). С. 187–190.
4. Лисовая, Г.К. Исследование сушки минеральных солей в пневматической трубе-сушилке [Текст] / Г.К. Лисовая, К.Н. Шабалин // Химическая промышленность. – 1969. – №11. – С. 64–66.
5. Долматова Ю.А., Ермаков А.А., Долматова М.О. Исследование аэродинамики полидисперсной газозвеси конверсионного карбоната кальция в трубе-сушилке [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №2. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/835> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.