

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ГЕЛЯ ПОЛИАКРИЛАМИДА

Зайцев Д.Б., Тимонин А.С., Шкарин Н.Ю.

Московский государственный университет инженерной экологии

Рассмотрены вопросы инфракрасной сушки геля полиакриламида, широко применяемого флокулянта в процессах водоочистки природных и промышленных сточных вод. Приведена полученная расчетная зависимость для расчета времени сушки в зависимости от мощности, подаваемой на излучатели покрытые слоем функциональной керамики.

Одной из актуальных проблем стоящих перед мегаполисом в настоящее время является вопрос эффективной очистки природных и промышленных сточных вод. Часто в процессе водоочистки применяют флокуляцию, заключающуюся в агломерации мелких взвешенных частиц в крупные флоккулы, что способствует их быстрому осаждению. Флокуляция в жидких дисперсных системах происходит под влиянием специально добавляемых веществ – флокулянтов, в основном это водорастворимые полимеры. Одним из таких флокулянтов является полиакриламид (ПАА) – неионогенный полимер акриламида, который благодаря уникальному комплексу полезных свойств способствует эффективному улавливанию и выделению ионов тяжелых металлов и токсичных веществ, что способствует решению экологической проблемы защиты окружающей среды, и в частности природных водоемов от загрязнений [1,2].

Процесс сушки полимерного геля является одной из технологических стадий производства сухого товарного ПАА. Для исследования процесса инфракрасной сушки полиакриламидного геля была разработана лабораторная установка на базе анализатора влажности Radwag WPS 50SX, дополнительно оснащенного контрольно-измерительными приборами и информационно-управляющей системой. В качестве излучателей были использованы две галогеновые лампы OSRAM мощностью 500Вт, покрытые слоем функциональной керамики, преобразующих непрерывное излучение первичного источника в импульсное инфракрасного диапазона.

В результате проведенных экспериментов были получены кривые сушки и температурные кривые сушки ПАА в зависимости от мощности подаваемой на излучатели (Рис. 1,2). Из графиков кривых сушки видно, что для данного материала практически отсутствует период постоянной скорости, и весь процесс сушки протекает в периоде убывающей скорости. Это говорит о том, что процесс сушки с самого начала лимитируется внутренней диффузией, то есть переносом влаги из внутренних слоев материала к поверхности. Об этом же свидетельствует и быстрый прогрев

материала до температуры окружающего воздуха в сушильной камере анализатора влажности.

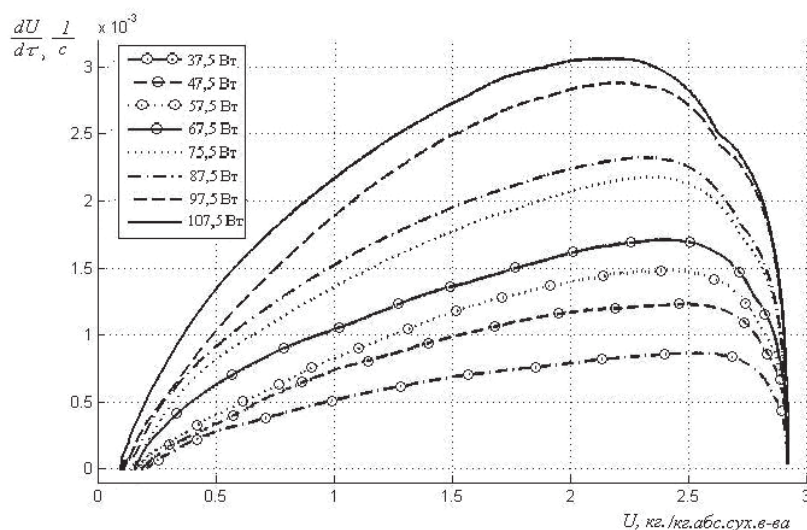


Рис. 1. Изменение скорости сушки ПАА в зависимости от влагосодержания при различной мощности, подаваемой на излучатели.

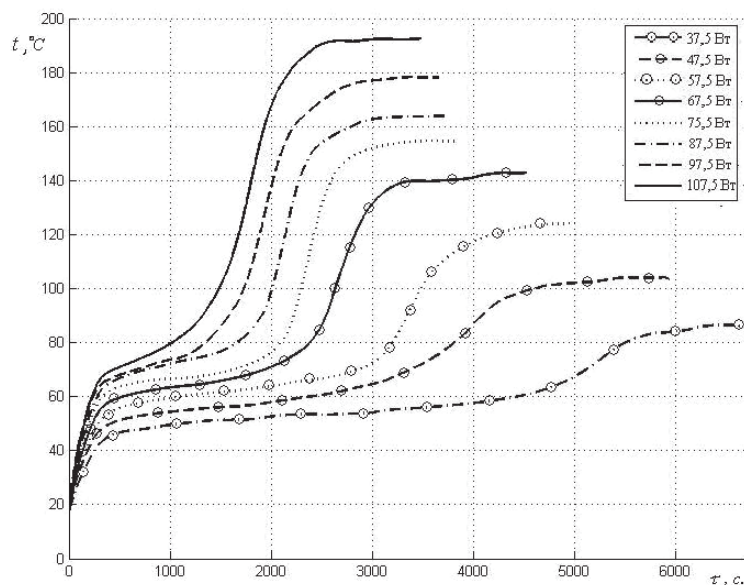


Рис. 2. Изменение температуры ПАА с течением времени при различной мощности, подаваемой на излучатели.

Также следует отметить нелинейную зависимость скорости сушки от влагосодержания ПАА во втором периоде сушки и, следовательно, кинетика процесса сушки не может быть удовлетворительно описана уравнением Лыкова-Шервуда [3]. Поэтому была проверена возможность, описания кинетики сушки ПАА на основе уравнения, ранее использованного Г.Н.Станкевичем для сушки зерна:

$$U = U_p + (U_n - U_p) \exp(-b\tau)^n, \quad (1)$$

где U , U_n , U_p – текущее, начальное и равновесное влагосодержание материала; τ – время; b , n – эмпирические коэффициенты.

Из уравнения (1) получим зависимость для продолжительности сушки в виде:

$$\phi = \left(\frac{-\ln E}{b} \right)^{1/n}, \quad (2)$$

где $E = (U - U_p)/(U_n - U_p)$ – относительное влагосодержание.

Возможность использования уравнения (1) для описания полученных кривых сушки проверяли путем их представления в виде логарифмической зависимости:

$$\lg y = \lg b + n \cdot \lg \tau, \quad (3)$$

где $y = -\ln E$, которая в двойных логарифмических координатах должна быть линейной. Соответствующие графики для различных опытов представлены на рис. 3. Они свидетельствуют о линейности функции (3) и, следовательно, о возможности аппроксимации опытных кривых сушки ПАА уравнением (1).

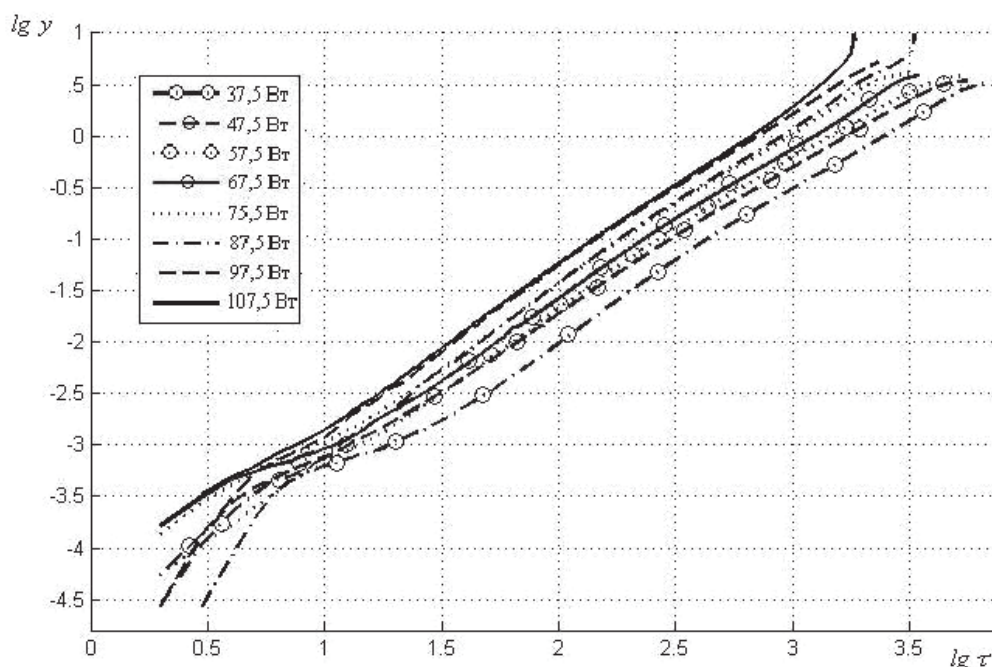


Рис. 3. Зависимость $\lg y$ от $\lg \tau$ для определения коэффициентов b и n .

Поскольку ПАА является полимерным материалом с большой величиной внутридиффузионного сопротивления, и удаление внутренней влаги требует проведения глубокой сушки, то его равновесное влагосодержание соизмеримо с его конечным влагосодержанием. Поэтому в качестве равновесного влагосодержания примем значение 0,0989 кг.влаги/кг.сух.вещ-ва, что соответствует конечной влажности ПАА равной 9%.

После обработки графиков, приведенных на рис. 3, были получены зависимости для коэффициентов b и n от мощности подаваемой на излучатели с функциональной керамикой:

$$n = 0.006161 \cdot W + 1.233, \quad (4)$$

$$b = 8.634 \cdot 10^{-7} \cdot W + 1.187 \cdot 10^{-5}. \quad (5)$$

Подставляя полученные зависимости (4) и (5) в уравнение (2), можно рассчитать время сушки ПАА в зависимости от мощности подаваемой на излучатели, покрытые слоем функциональной керамики. При сопоставлении результатов численного и физического экспериментов было установлено, что принятая математическая модель достоверно описывает кинетику процесса инфракрасной сушки ПАА.

1. Абрамова Л.И., Байбурдов Т.А., Григорян Э.П., Зильберман Е.Н., Куренков В.Ф., Мягченков В.А. Полиакриламид. / Под ред. В.Ф.Куренкова.- М.: Химия, 1992. - 192 с.;

2. Николаев А.Ф., Охрименко Г.И. Водорастворимые полимеры. Л.: Химия, 1979. – 144 с.;

3. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия. 1968. – 471 с.