

Обеспечение устойчивой работы аппаратов кипящего слоя, перерабатывающих пожаровзрывоопасные продукты*Сечин А.И., Задорожная Т.А.**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Процесс сушки является самым распространенным в промышленности процессом; важное место он занимает в производстве лекарственных препаратов химико-фармацевтической промышленности.

Важной тенденцией развития современной сушильной техники, позволившей интенсифицировать этот процесс при высоком качестве получаемой продукции, явилось применение гидродинамических режимов взвешенного слоя: классического кипящего (псевдооживленного) слоя, различных его модификаций: фонтанирования, вихревого слоя (закрученный поток), виброкипящего слоя и др. Но как показывают данные статистики, что одним из самых пожаро- и взрывоопасных технологических процессов является процесс сушки. Наиболее вероятными факторами развития аварийной ситуации оказываются как конструктивные особенности технологического оборудования, так и ошибка обслуживающего персонала, близость технологических параметров к опасному уровню. В процессе сушки в технологических объемах сушильных установок образуются гетерогенные системы взрывоопасных концентраций, одновременно происходит накопление зарядов статического электричества. Это обстоятельство снижает использование аппаратов с активными гидродинамическими режимами.

Целью работы явилось определение критерия безопасности для технологических объемов с повышенной концентрацией перерабатываемого материала.

Изучение таких факторов, как давление и компонентный состав, а также плотность аэровзвеси (доля свободного пространства, не занятого материалом μ , что в классической литературе называется порозностью [1]), может иметь принципиальное значение для формирования правильных представлений не только о сущности пределов распространения пламени в рассматриваемых системах, но и обеспечении пожаро- и взрывобезопасности процессов сушки.

Известно, что большое значение имеет гасящий диаметр сосуда, где проводятся испытания [2]. Не меньшее значение имеет показатель μ системы, по которой распространяется фронт пламени. Критерий Пекле на пределе гашения пламени определяется плотностью гетерогенной системы [3-5]. Предлагается показатель, характеризующий плотность рассматриваемой системы, обозначить как $\mu_{\text{безопасный}} - \mu_6$.

Приняв за основу формирования свойств системы критерий Пекле, мы можем получить условия, при которых горение ее будет невозможным, а значит и устойчивость химико-технологической системы будет максимальной. Эти условия базируются на двух факторах:

- процесс горения не может получить распространения, так как теплоотвод будет выше теплоприхода, а это зависит от плотности гетерогенной системы;
- плотность гетерогенной системы создается таковой, что фронт пламени не может по ней распространиться.

Для установления показателя μ_6 , который будет являться критерием безопасности проведения технологического процесса сушки необходимо выяснить, как количество высушиваемого материала соотносится с объемом теплоносителя, то есть, какой объем будет занимать аэровзвесь при равномерном распределении в нем частиц при условии, что фронт пламени в этом объеме не распространяется.

Принимаем, что диаметр частицы d' [мкм или мм] или средний диаметр частиц оксациллина (а также образующиеся агломераты) составляет 100 мкм или 0,1 мм.

Берем за основу, что размер щели, через которую может пройти пламя, составляет 1 мм, как для водорода [5].

Тогда диаметр частицы с воздушной оболочкой будет составлять $d=1+d'$, мм, то есть диаметр частицы оксациллина с воздушной оболочкой равен 1,1 мм.

Опираемся на известные данные:

- Кажущаяся плотность материала: $\rho_m = 335 \text{ кг/м}^3$.
- Масса сухого материала: $m = 70 \text{ кг}$.
- Объем, занимаемый сухим материалом: $V_m = 0,21 \text{ м}^3$.

Объем шаровидной твердой частицы определяется по формуле:

$$V_{ш} = \frac{1}{6} \pi d^3, \text{ м}^3.$$

Величина объема частицы с воздушной оболочкой составляет – 0,7 мм³. Это принимается за элементарный объем.

Объем одной частицы без воздушной оболочки – $V_{ч} = 0,0005 \text{ мм}^3$.

Определяем количество частиц в объеме сухого материала $V_{м}$:

$$n = \frac{V_{м}}{V_{ч}} = 420 \cdot 10^9 \text{ частиц.}$$

Тогда объем занимаемый этими частицами с воздушной прослойкой составляет $V = 420 \cdot 10^9 \cdot 0,7 = 294 \text{ м}^3$.

Таким образом, для высушивания материала массой 70 кг необходимый объем воздуха, который не поддержит горение, в случае возникновения аварийной ситуации, составляет 294 м³.

Определяем показатель μ_6 для рассматриваемой гетерогенной системы по выражению:

$$\mu_6 = \frac{V - V_{м}}{V} \quad (1)$$

Он составляет 0,9993. Таким образом, выражение (1) определяет μ_6 , при соблюдении которого сушильное устройство будет работать устойчиво, как с точки зрения тепло- и массообменных процессов, так и пожаровзрывобезопасности. Если $\mu_6 > 0,9993$, мы имеем гетерогенную систему способную к распространению пламени, а значит и развитию аварийной ситуации. Если $\mu_6 < 0,9993$, гетерогенная система не способна к распространению пламени.

Полученный критерий имеет важное значение при выборе способа сушки взрывоопасных продуктов. Если предлагается непрерывный способ сушки, то необходимо строгое соблюдение этого критерия при организации процесса в сушильной камере, особенно в периоды пуска и останова производства.

Известно, что рабочий объем сушилок кипящего слоя, применяемых в химико-фармацевтической промышленности, составляет не более 3 м³, и, учитывая, что процесс является периодическим с единовременной загрузкой, объем, полученный в результате расчета, то есть 294 м³ сжимается до 3 м³, что создает повышенную концентрацию высушиваемого вещества в сушильном устройстве.

Таким образом, мы получили решение задачи по организации процесса сушки в сушилке кипящего слоя, при котором наличие источника зажигания не является определяющим, так как параметры системы не поддерживают процесс горения даже при наличии ЛВЖ, что говорит об устойчивой работе таких аппаратов.

Список литературы:

1. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешенном состоянии. – Л.: Химия. 1979. – 272 с.
2. Задорожная Т.А. Разработка критериев к построению моделей огнепреградителей / Т.А. Задорожная, Д.А. Лаптев, А.А. Сечин, А.И. Сечин // Проблемы геологии и освоение недр: материалы XI Международного научного симпозиума студентов, аспирантов и молодых ученых им. академика М.А. Усова. – Томск: Издательство НТЛ. – 2007. – С. 643-645.
3. Льюис Б., Эльбе Г. Горение, пламя и взрывы в газах. Пер. с англ. / Б. Льюис, Г. Эльбе; под ред. В.И. Кондратьева. – М.: Мир, 1968. – 592 с.
4. Математическая теория горения и взрыва / Я.Б. Зельдович [и др.]. – М.: Наука, 1980. – 478 с.
5. Розловский А.И. Основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами и парами / А.И. Розловский. – М.: Химия, 2 изд. перераб., 1980. – 376 с.

Способ совместного фотометрического определения хрома (VI) и железа (III) в природных и сточных водах

Ларионова Е.В., Бульгина К.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

E-mail: kseniab66@mail.ru

Значительная биологическая роль ионов хрома и железа определяет необходимость контроля их содержания в водах различного происхождения. Известно, что железо и хром часто сопутствуют друг другу в объектах окружающей среды и промышленных образцах. В поверхностные воды соединения трех- и шестивалентного хрома попадают в результате