

И. А. Левданский; И. Д. Мурадов, маг.;
А. М. Волк, доц., канд. техн. наук;
А. Э. Левданский, проф., зав. кафедрой, д-р техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ СРЫВА ПЛЁНКИ ЖИДКОСТИ С ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЧАСТИЦЫ

Одним из наиболее распространённых процессов химической технологии является сушка. Этот процесс является весьма энергозатратным. Тепло в процессе сушки расходуется на нагрев материала, на преодоление связи влаги с материалом и на испарение влаги. При этом есть ряд материалов, у которых влага находится только на поверхности, на пример, полимерные частицы. Для этих материалов возможно практически полное удаление влаги механическим путем. Это позволит минимизировать затраты на процесс осушки материала. Предыдущими нашими исследованиями была показана перспективность механической осушки материала, посредством срыва влаги с поверхности частиц при воздействии на них нисходящим газовым потоком [1]. При движении частицы в потоке газа характер её движения определяется большим количеством факторов. В случае неравномерного распределения скоростей газового потока, твердой частице может быть сообщено вращательное движение. При вращении частицы, на пленку жидкости, находящуюся на её поверхности, действуют центробежные силы инерции. Векторы центробежных сил инерции, действующие на элементарные участки пленки жидкости, будут лежать в плоскостях перпендикулярных оси вращения частицы, и направлены радиально от центра вращения. Данное обстоятельство может способствовать механическому удалению влаги. Настоящим исследованием мы стремимся теоретически оценить влияние вращения частицы на срыв влаги с её поверхности.

Для упрощения задачи рассмотрим сферическую частицу радиусом r , на поверхности которой имеется пленка жидкости толщиной δ . Частица с пленкой жидкости вращается с угловой скоростью ω . Пленка жидкости на поверхности частицы удерживается за счет сил поверхностного натяжения. Вырежем элементарный объем пленки жидкости двумя конусами и двумя меридиональными сечениями.

Вершины конусов расположены в центре масс сферической частицы. Угол между образующими этих конусов составляет $d\theta$. Угол между двумя меридиональными сечениями равен $d\varphi$. В результате

выделен элементарный объем пленки жидкости на поверхности частицы с размерами: в окружном направлении dl_1 , в меридиональном направлении dl_2 и толщиной δ . На рис. 1 показаны силы, действующие на элементарный объем пленки жидкости.

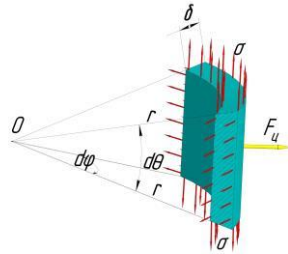


Рисунок 1 – Схема сил, действующих на элементарный объем пленки жидкости находящейся на поверхности вращающейся частицы

Центробежная сила инерции F_u , направлена по радиусу от оси вращения частицы и перпендикулярна этой оси. Поверхностное натяжение σ направлено вдоль поверхности пленки жидкости.

Под действием центробежных сил инерции пленка жидкости может быть сорвана с поверхности шарообразной частицы. Пленку жидкости можно представить в виде двух полусфер. Поэтому нами были просуммированы силовые воздействия на элементарный объем пленки жидкости в диапазоне изменения углов θ в пределах от 0 до π . После интегрирования была получена зависимость

$$\delta \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot r^2 = 4 \cdot \sigma$$

Полученная зависимость позволяет сделать вывод, что в случае вращения частицы на срыв пленки жидкости с её поверхности, влияет много параметров: поверхностное натяжение жидкости, плотность жидкости, толщина пленки жидкости (количество жидкости), размер частицы и её угловая скорость вращения. Используя полученную формулу, были выполнены расчеты для различных видов жидкости.

Цель расчетов, построение графиков скорости вращения шарообразной частицы обеспечивающей срыв влаги с её поверхности в зависимости от размера частиц. Для определенности принималось, что на поверхности частицы находится максимально возможное количество влаги [1]. Результаты расчетов для воды, бензола и этанола приведены на рис. 2. Для удобства восприятия результатов, угловые скорости вращения частиц на графиках представлены в виде частоты их вращения с размерностью обороты в минуту. Графики показывают, что срыв влаги с поверхности вращающейся частицы возможен только при очень значительных скоростях вращения частицы.

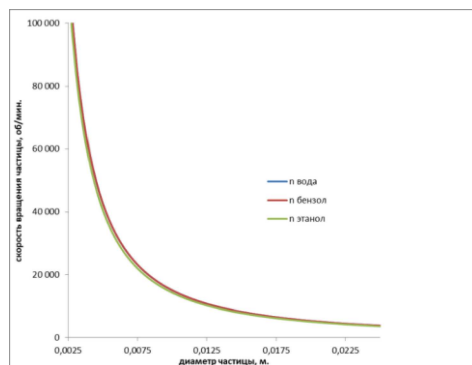


Рисунок 2 – Условия срыва пленки жидкости с поверхности вращающейся частицы в зависимости от вида влаги

Были также выполнены расчеты, на примере воды, по изучению влияния количества влаги, находящейся на поверхности частицы, на скорость вращения частицы при которой происходит срыв этой влаги. Результаты представлены на рис. 3. Количество влаги показано по отношению к максимально возможному.

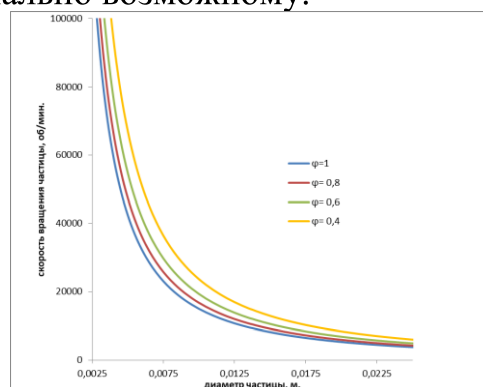


Рисунок 3 – Условия срыва пленки жидкости с поверхности вращающейся частицы в зависимости от количества влаги на её поверхности

Результаты теоретического исследования показывают, что в инженерных расчетах по механическому удалению поверхностной влаги, эффектом вращения частиц в газовом потоке можно пренебречь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Определение скорости газового потока для механического удаления поверхностной влаги / Левданский И.А., Ковалева А.А., Левданский А.Э. // сборник материалов 87-ой научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов 31.01.2023–17.02.2023 г., г. Минск. – С. 116–119.