

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕНТИЛЯТОРНОГО ТЕПЛОМАССОБМЕННОГО АППАРАТА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ОТРАБОТАННОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Перспективным направлением в области энергосберегающих технологий сушки является проведение процесса в области высокого влагосодержания сушильного агента, что, позволяет свести к минимуму организованный воздухообмен сушильных установок и уменьшить за счет этого потери с отработанным теплоносителем.

Для удаления отработанного высоковлажного сушильного агента целесообразно применить теплообменник на базе центробежного вентилятора с впрыском воды в его проточную часть и утилизировать теплоту путем подогрева воды.

Для выполнения проектных расчетов в этом случае можно воспользоваться обобщающими зависимостями, полученными в результате обработки экспериментальных исследований:

$$Nu_{\alpha} = Nu_{\beta} = 1,86 \cdot 10^{-7} \cdot \overline{\rho}_v \cdot \rho_v^{0,6} \cdot Re_D^{3,0} \cdot \theta_n,$$

где ρ_v – объемная плотность орошения проточной части вентилятора;

ρ_v – относительная плотность воздуха (отношение средней плотности влажного воздуха в аппарате к ее значению на входе);

θ_n – относительная начальная плотность потока пара:

$$\theta_n = \left(\frac{V_n}{V_n^*} \right)^{0,7} \quad \text{при } V_n > V_n^*$$

$$\theta_n = 1 \quad \text{при } V_n < V_n^*$$

где V_n – плотность пара на входе в аппарат; $V_n^* = 0,165$ – граница зоны перехода к снижающейся интенсивности процессов тепло- и массообмена с увеличением относительной плотности потока пара.

Nu_{α} , Nu_{β} – тепло- и массообменные числа Нуссельта для объемных коэффициентов тепло- и массообмена;

Re_D – число Рейнольдса просчитанное по предельному диаметру капель, образующихся за счет диспергирования воды потоком воздуха.

Вывод

Сушка в высоковлажной среде создает дополнительные возможности утилизации теплоты за счет теплообмена отработанного теплоносителя.

Рудобашта С.П.¹, Зуева Г.А.¹

¹Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина

²Ивановский государственный химико-технологический университет

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КИНЕТИКИ СУШКИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Целью работы является представление теоретических (аналитических) моделей кинетики сушки на основе результатов собственных исследований. Для удобства расчёта и повышения его точности общую кинетическую задачу, описывающую процесс сушки, материала в сушилке, целесообразно декомпозировать на два основных уровня: микрокинетический (описание кинетики сушки единичных гранул, частиц, тел или дифференциально малого объема материала

в аппарате) и макрокинетический – описание процесса сушки материала во всём рабочем объёме аппарата. Рассматриваются аналитические методы расчёта микро- и макрокинетики сушки, обсуждаются возможности и целесообразность применения в тех или иных случаях одного из двух подходов к описанию кинетики сушки дисперсных материалов в непрерывно действующих аппаратах: на основе подвижной (лагранжевой) и неподвижной (эйлеровой) систем координат.

Первый подход требует описания микрокинетики сушки единичных частиц. Наиболее обоснованным в данном случае является расчёт микрокинетики на основе дифференциальных уравнений тепломассопереноса А. В. Лыкова. Рассматриваются трудности в его применении и пути их преодоления. Обсуждаются вопросы локализации в микрокинетической модели поверхности или зоны испарения, приводятся примеры моделей, описывающих микрокинетику. Анализируются достоинства и недостатки описания микрокинетики на основе модифицированного уравнения массопереноса по твёрдой фазе. На макроуровне необходимо учитывать неоднородности частиц по размерам и по времени их пребывания в аппарате непрерывного действия. Рассматриваются модели, описывающие эти эф-

фекты – в случае применения как подвижной, так и неподвижной систем координат, отмечаются их преимущества и недостатки.

В последние годы на практике достаточно широко применяют различные совмещённые процессы, например, сушка-измельчение, сублимация-измельчение, грануляция-сушка и др., а также процессы сушки с комбинированным теплоподводом (например, конвективно-радиационным). В докладе представлена математическая модель, описывающая совмещённый процесс ударного нагружения материала и сублимации при конвективно-радиационном энергоподводе.

В заключение делается вывод о том, что роль теоретических моделей в описании кинетики сушки неуклонно возрастает.

Снежкин Ю.Ф., Шапарь Р.А.

Институт технической теплофизики НАН Украины

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ ТЕРМОЛАБИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Отраслям промышленности, в технологическом процессе которых используется процесс сушки, присуща высокая энергоёмкость и низкий КПД. Снижение энергоёмкости этого процесса имеет первостепенное значение в технологической цепочке всего цикла производства.

Процессы сушки в агропромышленном секторе требуют особенно тщательного подхода к выбору режимов их проведения. Критерии качества и экономичности процесса совмещаются в одну задачу – повышения эффективности процесса сушки и разработку энергосберегающей технологии и оборудования для ее реализации.

Широкий класс сушильного оборудования на рынке Украины представлен конвективными установками шкафного, туннельного, ленточного и барабанного типов, а также вакуумными и криогенными различной производительностью, отечественного и зарубежного производства. Проведенный анализ [1] показывает, что среди приведенного перечня сушильных установок доминируют камерные, затем – ленточные, туннельные, вакуумные и барабанные, что подтверждается данными диаграммы (рис. 1). Энергозатраты сушильных установок находятся в широком диапазоне от 1000 до 2000 ккал/кг ис-

паренной влаги при теоретических – до 650 ккал/кг.

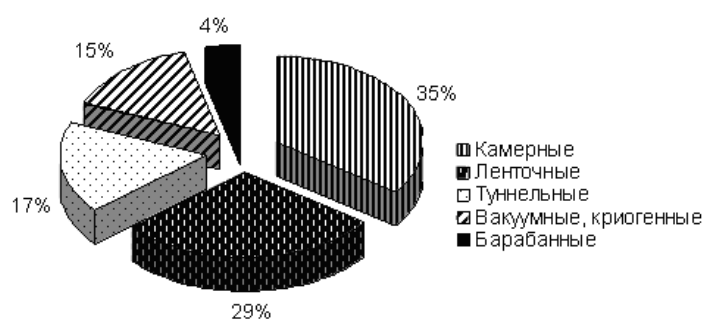


Рис. 1. Структура предложений рынка сушильных установок для пищевых продуктов.

Использование таких сушильных установок позволяет подвергать сушке цельное сырье без дополнительного преобразования его в пастообразное или пюреобразное состояние, тем самым, снижая тепловые затраты и степень теплового воздействия на обезвоживаемый материал.

В процессах сушки определяющими являются процессы тепло- и массообмена. От их интенсивности зависит эффективность процесса и использование материальных и энергетических ресурсов. Существует ряд способов повышения