

А.А. Завалий, канд. техн. наук (ЮФ НУБиП Украины «КАТУ», Симферополь)

И.В. Янович (ЮФ НУБиП Украины «КАТУ», Симферополь)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ИСПАРЕНИЯ ВОДЫ В ИНФРАКРАСНОЙ СУШИЛЬНОЙ КАМЕРЕ

В работах А.С. Гинзбурга, А.В. Лыкова, Ю.Ф. Снежкина указывается, что сельскохозяйственное растительное сырье для производства продуктов питания содержит влагу, до 95% которой находится в свободном состоянии и испаряется подобно влаге со свободной поверхности. Кинетика испарения влаги со свободной поверхности описывается в работах Х.Б. Глаубермана, А.В. Лыкова, А.В. Нестеренко выражениями, связывающими скорость испарения U с давлениями паров воды:

$$U = C \cdot F \cdot (pn - pp)^m, \quad (1)$$

где F – площадь поверхности испарения; pn – давление насыщенных паров при температуре поверхности испарения; pp – парциальное давление водяного пара в воздухе над поверхностью испарения; C – коэффициент, значение которого зависит от скорости движения воздуха над поверхностью испарения.

С целью определения численных значений коэффициентов C и m в зависимости (1) для условий сушки плодов и овощей в инфракрасных сушильных камерах нами экспериментально исследована кинетика испарения воды со свободной поверхности при нагреве воды инфракрасным (ИК) излучателем и при прямом нагреве воды теплоэлектрическими нагревателями (ТЭНами). В эксперименте варьировали тепловую мощность ИК излучателя и ТЭНов, температуру и скорость движения воздуха над поверхностью воды.

Для выполнения экспериментов нами создана установка, представляющая собой горизонтальный канал прямоугольного поперечного сечения, по которому вытяжным вентилятором, установленным в выходном сечении канала, прокачивается воздушный поток. Изменение скорости воздушного потока осуществляли изменением частоты вращения вентилятора и изменением площади поперечного сечения канала над поверхностью воды. Вода размещается в теплоизолированной металлической емкости прямоугольной в плане. Емкость установлена в канале на электронных весах так, что поверхность воды совпадает с нижней плоскостью канала. В воде для прямого нагрева размещаются ТЭНы. Для нагрева ИК излучением в канале над поверхностью воды устанавливается

излучатель, представляющий собой линейную галогеновую лампу накаливания с отражателем, выполненным из зеркально полированного алюминия. Форма отражателя имеет скорректированный параболический профиль и обеспечивает равномерное распределение потока излучения по поверхности воды. Во входном сечении канала установлен электронагреватель воздуха, с помощью которого температуру воздуха на входе в канал изменяли в пределах от температуры в помещении до температур, не превышающих температуру воды в процессе испарения, что позволило в эксперименте исключить конвективный нагрев воды от воздуха.

Тепловую мощность всех электрических нагревателей изменяли с помощью лабораторных автотрансформаторов, для контроля энергетических затрат измеряли напряжение на выходе трансформатора и ток в цепи питания нагревателей.

В ходе экспериментов измеряли температуры: воды вблизи поверхности испарения, дна емкости, воздуха над поверхностью испарения, воздуха после электронагревателя, воздуха перед вытяжным вентилятором, воздуха в помещении. Измеряли также массу емкости с водой, влажность воздуха в помещении. Все замеры выполняли с частотой 2 замера в минуту с записью в память персонального компьютера.

В результате получены зависимости скорости испарения от температуры воды и энергетических затрат, энергетических затрат на испарение от скорости испарения и температуры, а также коэффициенты C и m зависимости (1) для диапазона скоростей движения воздуха от 0 до 0,5 м/с:

$$U = 1.262 \cdot 10^{-8} \cdot F \cdot (pn - pp)^{1.165}, \quad (2)$$

где U – скорость испарения, кг/с; F – площадь поверхности испарения, м²; pn, pp – давление, Па.

Из-за практической невозможности измерения температуры поверхности испарения в формуле (2) давление pn определяли по температуре на некоторой глубине (3–7 мм) от поверхности. Полученные экспериментальные данные хорошо описываются зависимостью (1), приведенной в монографии Х.Б. Глаубермана:

$$U = 2.681 \cdot 10^{-6} \cdot F \cdot (pn - pp)^{1.2},$$

если величину pn определять для температуры, значение которой на 3° С выше, чем температура поверхности испарения.

Полученные зависимости позволяют сравнивать эффективность процессов сушки, выполняемых различными способами при различных значениях температуры продукта сушки в периоде постоянной скорости или постоянной температуры.