

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

МОДЕЛИ ЛУЧИСТОГО ТЕПЛООБМЕНА В УСТРОЙСТВАХ ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

В рамках решения задачи оптимизационного проектирования рабочих объемов инфракрасных сушильных камер для сушки продуктов питания разработаны расчетно-аналитические модели лучистого переноса тепла в объемах, ограниченных источниками излучения, а также отражающими, преломляющими, рассеивающими и поглощающими излучение поверхностями.

Разработаны модели для систем, содержащих два источника и две параллельные плоские поверхности облучения, два источника и одну плоскую поверхность облучения, один источник и одну плоскую поверхность облучения

Для решения задачи анализа теплового состояния проектируемого объема инфракрасной сушильной камеры (прямой задачи теплопереноса) используются конечно-элементные модели в двумерной и трехмерной постановках. Модели реализованы в программе-решателе Fluent и основаны на решении уравнений теплового баланса элементов расчетной области и ее границ в условиях сложного конвективно-кондуктивно-лучистого теплообмена. Для решения задачи лучистого теплообмена использована модель дискретных ординат, позволяющая описывать процесс переноса интегрального и селективного излучения в рассеивающей, поглощающей и преломляющей среде. Анализируемые расчетные области представляют собой многозонные объемы и поверхности, включающие в себя зоны газообразной среды и твердотельные зоны, являющиеся оптическими дефлекторами или линзами. Задание условий на внешних границах расчетной области позволяет моделировать процесс сушки как процесс испарения влаги со свободной поверхности.

Для определения геометрических параметров объема устройства сушки (решения обратной задачи проектирования) разработаны двумерные модели, основанные законе полного отражения, законе излучения Ламберта и законе обратных квадратов. Обратная задача решается для заданного правила распределения потока излучения на поверхности сушки. Модели позволяют для произвольных зависимостей распределения потока излучения строить зеркально отражающие поверхности для систем с однократным отражением излучения от источника. Результирующая поверхность является интерполирующей ломаной, представленной сплайнами первого порядка. Исходными данными для модели являются взаимное положение и размеры облучаемой поверхности и источника излучения. Построение зеркальной отражающей поверхности начинается от границы поверхности облучения с целью формирования замкнутой расчетной области без потерь энергии излучения источников.

Для вариантного проектирования систем с многократным отражением и преломлением потока излучения на пути от источника до облучаемой поверхности, включающих в себя дефлекторы и линзы, используются осесимметричные оптические модели, реализованные в программе проектирования оптических систем ZEMAX.

Критериями оценки качества проектируемых систем служат оценки дисперсии и нормированного предельного отклонения температуры и теплового потока на поверхности облучения.

Сравнение результатов двумерного и трехмерного анализа проектируемых двумерных систем показывает необходимость коррекции полученных решений в двумерной постановке, не учитывающих наличия боковых стенок расчетного объема и отличия пространственного распределения потока излучения от цилиндрических и сферических источников.

С использованием разработанных моделей получены геометрические параметры систем инфракрасной сушки в устройствах камерного и конвейерного типов. Расчетные профили зеркально отражающих поверхностей после анализа конечно-элементной моделью корректировались путем их ступенчатой деформации, в результате которой профиль зеркала получал «зубчатую» форму наподобие профилей отражателей в автомобильных фарах. Системы реализованы в экспериментальной сушильной камере с поверхностями облучения размером 1000x900мм при расстояниях между поверхностями 100, 150 и 200мм. В качестве источников излучения использованы линейные лампы накаливания с температурой спирали 3000К. Для указанных систем экспериментально определено распределение температуры и тепловых потоков на поверхности облучения. Экспериментальные данные удовлетворительно согласуются с расчетными данными, полученными с помощью конечно-элементной модели анализа.