

ОДЕССКИЙ ИНСТИТУТ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ

На правах рукописи

Бу Зуи Тьонг

ТЕПЛОВЛАГОПЕРЕНОС В ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛАХ
ПРИ КОНДУКТИВНОЙ СУШКЕ

Специальность 05.14.05 - Теоретические основы
теплотехники

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1992

№ 26.700

Работа выполнена в Одесском институте низкотемпературной техники и энергетики.

Научный руководитель: заслуженный деятель науки и техники Украины, доктор технических наук, профессор КАЛЕНДЕРЬЯН В.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор ГРИШИН М.А.
кандидат технических наук МОЛИН О.В.

Ведущая организация: НПО "Биотехника"

Защита диссертации состоится " 25 " декабря 1992 г. в " II " час. " 00 " мин. на заседании специализированного совета К.068.27.01 в Одесском институте низкотемпературной техники и энергетики по адресу: 270100, г. Одесса, ул. Петра Великого, 1/3, ОИНТЭ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИНТЭ.

Автореферат разослан " ____ " _____ 1992 г.

Ученый секретарь
специализированного
совета К.068.27.01
доктор технических
наук, профессор

Р.К.Никульшин

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00814509 (R)



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Задача разработки эффективных поверхностных сушилок для дисперсных материалов, не допускающих непосредственного контакта с сушильным агентом, актуальная для энергетической, химической, пищевой и других отраслей промышленности, может быть успешно решена лишь на основе системного подхода. Его необходимыми этапами являются исследования процесса сушки и коэффициентов теплооблагоденоса материалов в кинетических режимах. Учёт характеристик конкретных объектов сушки позволяет реализовать рациональное проектирование сушилок, управление процессом и качеством получаемой продукции. Для многих дисперсных материалов сведения о кинетике сушки и характеристиках массоденоса в настоящее время отсутствуют. В связи с существенным различием свойств, большим числом определяющих факторов и сложностью учёта кинетических особенностей процесса использование теоретических зависимостей затруднено. Поэтому наиболее надёжным путём определения кинетических характеристик и коэффициентов теплооблагоденоса различных материалов является экспериментальный. Задача накопления опытных данных для разнообразных материалов и их обобщения является актуальной.

Цель настоящей работы заключалась в получении данных, необходимых при расчётах и проектировании поверхностных сушилок для ряда неизученных дисперсных материалов.

Задачи работы:

- провести комплексные экспериментальные исследования кинетики процесса и коэффициентов теплооблагоденоса при кондуктивной сушке ряда сыпучих материалов в плотном слое;
- получить зависимость, описывающие основные кинетические характеристики при различных режимных и геометрических параметрах;
- получить зависимости, отражающие влияние на коэффициенты теплооблагоденоса изменения температуры и влагосодержания в кинетических режимах сушки;
- выполнить расчётный анализ динамики теплооблагоденоса при сушке с использованием полученных данных.

Новые научные результаты, полученные в диссертации:

- данные по кинетике кондуктивной сушки в плотном слое для ряда неизученных ранее дисперсных материалов (активированного угля, сварочных флюсов, шихты, минеральной ваты, флюорита и др.) при

различных условиях (плотностях теплового потока на греющей поверхности, начальных влагосодержаниях, толщинах слоя, насыпных плотностях слоя);

- зависимости для скорости сушки и температуры материала в первом периоде, для скоростей сушки и нагрева во втором периоде, отражающие влияние исследованных факторов;
- обобщённые кривые влагосодержания и температуры для всех изученных материалов, описываемые едиными зависимостями, справедливыми при различных режимных и геометрических параметрах;
- данные по коэффициентам переноса (диффузии и термодиффузии влаги, теплопроводности, температуропроводности), критерию Лыкова и их изменению в кинетических режимах кондуктивной сушки для 9 различных дисперсных материалов;
- формулы для расчёта коэффициентов переноса, отражающие влияние изменения температуры и влагосодержания материала в процессе сушки;
- сведения о вкладе отдельных механизмов переноса влаги и тепла при различных режимах сушки.

Практическая ценность работы. Полученные зависимости, описывающие кинетику кондуктивной сушки и изменение эффективных коэффициентов тепловлагопереноса слоя дисперсных материалов, позволяют рационально проектировать поверхностные сушилки. Сведения о коэффициентах переноса могут быть использованы при расчётном анализе процесса сушки, а также при обработке расчётных и опытных данных в критериальном виде.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на II-ой Международной конференции "Проблемы экологии и ресурсосбережения для сельскохозяйственных районов и агропромышленных комплексов" (г. Одесса, 1992 г.), на 59-ой научно-технической конференции ОИИТЭ.

Публикации: по теме диссертации опубликованы 2 работы.

Структура и объём диссертации. Работа состоит из введения, четырёх глав, выводов, списка использованных источников и приложений. Диссертация содержит 173 страницы машинописного текста, 5 таблиц, 37 рисунков, библиография включает 107 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы

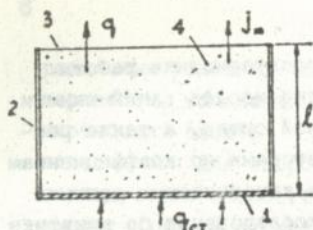
цель и задачи исследования и дана общая характеристика работы.

В первой главе проведены обзор и анализ исследований кинетических закономерностей процесса кондуктивной сушки, а также рассмотрены результаты, полученные разными авторами по коэффициентам теплового переноса дисперсных материалов в кинетических режимах сушки. Теоретические и экспериментальные исследования по кинетике кондуктивной сушки капиллярно-пористых тел были проведены Лыковым А.В., Михайловым М.Д., Красниковым В.В., Казанским М.Ф. и другими. Теоретической основой исследований теплового переноса в процессе сушки капиллярно-пористых тел является система дифференциальных уравнений А.В. Лыкова и разработанные им физические представления о механизме процесса. Методы решения системы уравнений Лыкова А.В. разрабатывались и совершенствовались Смирновым М.С., Михайловым М.Д. и др. Экспериментальные данные, полученные разными авторами по кинетике кондуктивной сушки, относятся, главным образом, к бумаге, тканям. Данные для дисперсных материалов немногочисленны. Для таких материалов сведения о коэффициентах теплового переноса в кинетических режимах сушки ограничены, зачастую противоречивы, носят частный характер, зачастую не аппроксимированы формулами. На основе анализа литературных данных сформулированы задачи работы.

Во второй главе изложена методика комплексного исследования кинетики процесса и коэффициентов теплового переноса дисперсных материалов при кондуктивной сушке в плотном слое, приведено описание экспериментального стенда. Для изучения кинетики была использована методика /1,2/, для определения коэффициентов переноса - метод, разработанный в /3,4/.

Экспериментальный стенд содержит измерительную кассету, в которую засыпается исследуемый материал. Днище кассеты снабжено электронагревателем. Благодаря теплоизоляции боковых поверхностей в процессе сушки в образце формируются одномерные поля температур и влагосодержаний (рис. 1). Варьирование плотности теплового потока на греющей поверхности осуществляется с помощью автотрансформатора. Кассета расположена на взвешивающем устройстве. Измерение температур в слое осуществляется термомпарами, установленными в различных сечениях по высоте. В опытах в процессе сушки измеряли следующие величины:

- вес кассеты с исследуемым материалом (на электронных весах ВПКТ-5 с ценой деления 0,5 г.);
- локальные мгновенные температуры образца в нескольких сечениях



- 1 - греющая массонепроницаемая стенка;
 2 - боковая теплоизолированная поверхность;
 3 - свободная поверхность образца;
 4 - дисперсный материал.

Рис. 1. Схема процесса кондуктивной сушки дисперсного материала в плотном слое

(в том числе на свободной поверхности), температуру греющей поверхности - термопарами из медь-константана в комплекте с универсальным вольтамперметром В7-21А, класс точности 0,001;
 - тепловой поток на греющей поверхности - по показаниям комбинированного прибора К-50, класс точности 0,5;
 - температуру и влажность воздуха.

По результатам измерений определяли средние (по объёму) мгновенные влагосодержания и температуры материала, скорости сушки и нагрева, коэффициент теплоотдачи от греющей поверхности к слою и изменение этих величин в процессе сушки. Для каждого дисперсного материала изучали влияние на указанные величины режимных и геометрических параметров (плотности теплового потока, начального влагосодержания, толщины слоя, насыпной плотности материала).

Экспериментальные данные по кинетике сушки и нагрева материала обобщались в виде модифицированных кривых - зависимостей безразмерных средних по объёму влагосодержаний \bar{u}/u_0 и температур \bar{t}_m/\bar{t}_{m1} от безразмерного комплекса $N_1 \tau / u_0$, который достаточно полно учитывает условия взаимосвязанного тепломассопереноса в процессе сушки. Из этих кривых определяли границы отдельных периодов процесса, их продолжительность. Опытные данные по скорости сушки и температуре материала в первом периоде обрабатывались в виде зависимостей от плотности теплового потока, начального влагосодержания, толщины слоя; данные по скорости сушки и нагрева во втором периоде в виде зависимостей от комплекса $N_1 \tau / u_0$.

Результаты исследований кинетики сушки использованы для определения коэффициентов тепло-влагопереноса слоя (диффузии и термодиффузии влаги, теплопроводности), числа Лыкова и их изменения в кинетических режимах (формулы для расчёта коэффициентов переноса по кинетическим характеристикам приведены в работе). Для каждого материала получали зависимости, учитывающие влияние влагосодержания

ния и температуры.

В этой главе также приведена методика и результаты расчётов погрешностей измерений, определения кинетических характеристик и коэффициентов тепловлагодопереноса.

В третьей главе приведены основные характеристики материалов, режимные параметры опытов и результаты экспериментальных исследований кинетики кондуктивной сушки и коэффициентов тепловлагодопереноса.

Исследовались кинетика сушки и коэффициенты тепловлагодопереноса следующих дисперсных материалов: активированного угля АР-3, керамического флюса АНК, шихты для его получения, гранулированной минеральной ваты и кварцевого песка (модельный материал). Кроме того, определялись коэффициенты переноса для сварочных флюсов АН-15, АН-348-А, АН-60 и флюорита с использованием данных /1/ по кинетике.

В таблице I приведены режимные параметры опытов для всех материалов, а также размер частиц.

Основные закономерности кинетики сушки в неподвижном слое для всех материалов аналогичны и отражают особенности подвода тепла.

Скорость сушки в первом периоде возрастает с повышением плотности теплового потока, начального влагосодержания, насыпной плотности слоя, уменьшается при увеличении толщины образца. Средняя температура материала повышается с ростом теплового потока, плотности слоя, падает при увеличении толщины образца и начального влагосодержания, причём влияние последнего фактора несущественно. Для флюса АНК зависимости скорости сушки и средней температуры материала в первом периоде от плотности теплового потока, начального влагосодержания и толщины слоя в исследованном диапазоне описывается следующими эмпирическими формулами:

$$N_1 = 1,82 \cdot 10^{-8} \cdot q^{0,92} \cdot U_0^{0,60} \quad (1)$$

$$\bar{U}_{m1} = 0,25 \cdot q^{0,61} \cdot U_0^{-0,075}, \quad \bar{U}_{m1} = \bar{T}_{m1} - T_c \quad (2)$$

Скорость сушки и нагрева во втором периоде описываются формулами:

$$N_2^* = \frac{N_2}{N_1} = 2,34 \exp\left(-1,43 \frac{N_1 \cdot \tau}{U_0}\right) \quad (3)$$

Таблица I

Режимные параметры опытов

Материалы	Величины	Размер частиц d , мм	Плотность теплового потока на греющей поверхности $q_{ст}$, кВт/м ²	Начальное влагосодержание u_0 , кг/кг	Толщина слоя l , мм	Средняя температура материала в первом периоде $t_{ср}$, °C
Активированный уголь		1,00	1,68-3,36	0,05-0,25	25-45	56-79
Керамический флюс АНК		0,64	2,00-3,20	0,20	35	55-65
Шихта		0,15-0,30	1,00-1,68	0,05-0,082	35	38-50
Гранулированная минеральная вата			1,48-2,55	0,928	64	49-64
Кварцевый песок		0,30	1,00-3,00	0,05	40	44-72
Сварочные флюсы:						
АН-15		2,18	8-13	0,10	20	86,6-91,6
АН-348-А		2,03	8-13	0,08	30	90,8-96,0
АН-60		1,96	8-13	0,14	40	96,6-102,3
Флюорит		0,01-0,20	3-7	0,14	20	68,4-75,0

$$\frac{1}{\bar{T}_{m_1}} \frac{dT}{d\tau} = 1,83 \cdot 10^{-5} \left(\frac{N_1 \cdot \tau}{U_0} \right)^{2,1} \quad (4)$$

Формулы (1)-(4) справедливы со среднеквадратичной погрешностью соответственно $\pm 8\%$, $\pm 12\%$ и $\pm 5\%$. Значения коэффициентов в (1)-(4) для остальных материалов приведены в диссертации.

На рис. 2 представлены обобщённые кривые влагосодержания и температуры, имеющие типичный для капиллярно-пористых тел вид и свидетельствующие о наличии трёх характерных периодов процесса - прогрева, постоянной (1) и падающей (2) скоростей сушки. Границам этих периодов соответствуют критические значения безразмерных влагосодержаний:

$$U_{кр1} = 0,91, \quad U_{кр2} = 0,19 \quad (5)$$

и определяющих комплексов:

$$\left(\frac{N_1 \cdot \tau}{U_0} \right)_{кр1} = 0,2, \quad \left(\frac{N_1 \cdot \tau}{U_0} \right)_{кр2} = 0,95 \quad (6)$$

Обобщённые кривые влагосодержания и температуры для всех исследованных материалов со среднеквадратичной погрешностью $\pm 5\%$ описываются едиными зависимостями:

$$U = \frac{\bar{U}}{U_0} = \left(1,6 - \frac{N_1 \cdot \tau}{U_0} \right) \left[1,6 + 3,0 \left(\frac{N_1 \cdot \tau}{U_0} \right)^2 - 1,4 \frac{N_1 \cdot \tau}{U_0} \right]^{-1} \quad (7)$$

$$\theta = \frac{\bar{T}_m}{\bar{T}_{m_1}} = 1 + 0,4 \left(\frac{N_1 \cdot \tau}{U_0} - 0,8 \right)^3 \quad (8)$$

Границы периодов, приведенные в формулах (6), и зависимости (7), (8) практически совпадают с полученными в [1] для абразивных микроросышков (карбидов кремния, бора, электрокорунда). Наши данные позволяют расширить круг материалов, процесс сушки которых описывается едиными обобщёнными уравнениями (7), (8). Приведенные соотношения позволяют найти основные характеристики сушки. Для каждого материала при конкретных условиях из (1), (2) рассчитываются скорость сушки и температура в первом периоде. Из (5) определяются значения влагосодержаний $U_{кр1}$, $U_{кр2}$, а из (6) значения времени $\tau_{кр1}$, $\tau_{кр2}$ соответствующие началу первого и второго периодов. Из (7), (8) для любого момента времени могут быть найдены температура и влагосодержание материала, либо время, необходимое для достижения заданного влагосодержания.

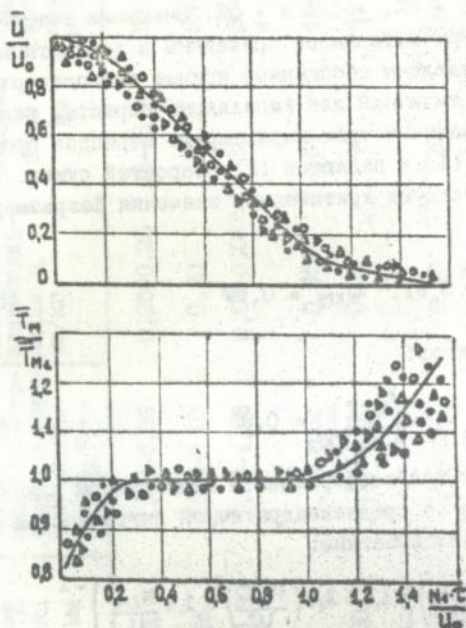


Рис. 2. Обобщенные кривые влагосодержания и температуры при кондуктивной сушке в неподвижном слое для всех исследованных материалов

Коэффициент теплоотдачи от греющей поверхности к слою материала в процессе сушки убывает. Расчёт коэффициентов теплоотдачи по теоретической формуле для нестационарной теплопроводности полуграниченного массива при граничных условиях I рода качественно согласуется с экспериментальными данными, однако даёт более низкие (примерно в два раза) значения α' . Это объясняется тем, что расчётная формула описывает чисто кондуктивный теплоперенос, без учёта массопереноса и фазовых превращений, которые заметно интенсифицируют процесс.

Особенностью кинетических режимов сушки является взаимосвязанное изменение влагосодержания и температуры, которые и определяют изменение коэффициентов переноса.

На рис. 3 для керамического флиса АНК приведены зависимости коэффициентов диффузии и термодиффузии влаги D_m и D_m^T , относительного коэффициента термодиффузии δ и теплопроводности λ от влагосодержания, а также показано изменение средней температуры образца. Для всех исследованных материалов характер изменения коэффициентов переноса одинаков. Коэффициент диффузии влаги с уменьшением влагосодержания меняется незначительно в области, где температура остаётся практически постоянной, но существенно возрастает в области повышения температуры. При $\bar{U} = \text{const}$ коэффициент диффузии влаги тем больше, чем выше температура. В исследованной области параметров D_m зависит, главным образом, от температуры, особенно существенно при $\bar{t} > 65^\circ\text{C}$. Это объясняется механизмами диффузии влаги. В области высоких влагосодержаний и температур ниже 65°C преобладает капиллярный перенос жидкой влаги, определяемый структурой слоя и свойствами жидкости. Так как структура слоя, его порозность в процессе сушки остаются неизменными, можно полагать, что влияние температуры на D_m обусловлено её влиянием на свойства жидкости. В области малых влагосодержаний и повышенных температур доминирующим механизмом становится диффузия парообразной влаги. Здесь существенный рост эффективного коэффициента диффузии влаги с повышением температуры объясняется резким увеличением коэффициента диффузии в межзерновом пространстве. Зависимость коэффициента диффузии от температуры и влагосодержания в исследованном диапазоне изменения параметров для керамического флиса АНК со среднеквадратичной погрешностью $\pm 8\%$ описывается формулой:

$$D_m = 6,44 \cdot 10^{-8} \cdot \bar{U}^{-0,38} \cdot \bar{t}_m^{-0,106} \quad , \quad \text{м}^2/\text{с} \quad (9)$$

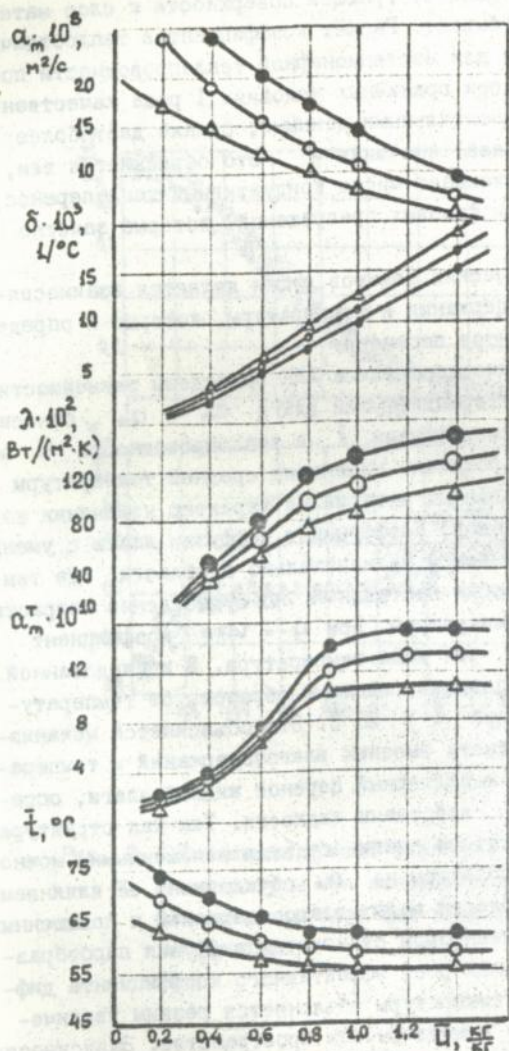


Рис. 3. Зависимость коэффициентов тепло- и влаготеплопереноса от влагосодержания для керамического флюса

Для других материалов, зависимости α_m от температуры и влагосодержания имеют аналогичный вид и приведены в диссертации.

Относительный коэффициент термодиффузии влаги с увеличением влагосодержания возрастает практически по линейному закону тем заметнее, чем ниже средняя температура слоя, а при $\bar{u} = idem$ он возрастает при повышении температуры. Влияние температуры проявляется более существенно при высоких влагосодержаниях, где доминирует перенос жидкой влаги. Зависимость относительного коэффициента термодиффузии влаги для керамического флюса АНК от влагосодержания и температуры со среднеквадратичной погрешностью $\pm 5\%$ описывается следующей формулой:

$$\delta = (-2,8 \bar{t}_m + 290) \cdot \bar{u} \cdot 10^{-3}, \text{ К}^{-1} \quad (10)$$

Для остальных материалов зависимости, имеющие аналогичный вид, приведены в диссертации. Коэффициент термодиффузии влаги α_m^T всех материалов при уменьшении влагосодержания в процессе сушки падает. В области постоянной скорости сушки коэффициент α_m^T практически не зависит от влагосодержания, а возрастает при увеличении температуры.

Коэффициент теплопроводности при уменьшении влагосодержания в процессе сушки падает в связи с уменьшением коэффициента теплопроводности межзерновой среды, а также роли дополнительного теплопереноса, обусловленного диффузией влаги. О наличии последнего фактора и его качественном вкладе можно судить путём сопоставления значений λ влажных материалов, полученных кинетическим методом в процессе сушки, когда имеет место перемещение влаги, и методом регулярного режима, когда влагоперенос отсутствует. Такое сравнение показало, что доля дополнительного теплопереноса, обусловленного диффузией влаги, составляет до 20-30% при $\bar{u} = 0,2$ кг/кг, при $\bar{u} < 0,1$ кг/кг она пренебрежимо мала и может не учитываться. С увеличением насыпной плотности слоя все коэффициенты переноса возрастают при прочих равных условиях. Критерий Лыкова $Z_m = \alpha_m / \alpha$ в процессе сушки монотонно возрастает для всех материалов. Так для активированного угля AP-3 при $\bar{u} = 0,18$ кг/кг и $\bar{t}_m = 67^\circ\text{C}$ - $Z_m = 1,9 \cdot 10^{-2}$, при $\bar{u} = 0,04$ кг/кг и $\bar{t}_m = 70^\circ\text{C}$ - $Z_m = 34,67 \cdot 10^{-2}$.

Приведенные закономерности изменения коэффициентов тепло- и влагопереноса согласуются с литературными данными для других дисперсных материалов.

В четвёртой главе приведены результаты расчётного анализа

процесса кондуктивной сушки (см. рис. 1), выполненного на основе численного решения системы нелинейных уравнений нестационарного взаимосвязанного тепло-влажностного переноса А.В.Лыкова. Расчёты проводились для исследованных в работе материалов при различных режимных и геометрических параметрах с использованием полученных зависимостей для коэффициентов тепло-влажностного переноса. Предварительные расчёты показали, что линеаризация задачи приводит к качественным и количественным погрешностям, которые слабо зависят от выбора определяющих температуры и влагосодержания. Проанализированы распределение по высоте слоя и изменение во времени влагосодержания, температуры, скоростей сушки и нагрева, потсков тепла и влаги, определены соотношения потоков, обусловленных различными механизмами переноса. Показано, что распределение потоков влаги, обусловленных концентрационной диффузией, носит сложный характер, заметно меняющийся в процессе сушки, а термодиффузионный поток изменяется по высоте слоя монотонно (рис. 4 а,б). В течение всего процесса термодиффузия играет существенную роль и её необходимо учитывать.

Обнаруженное в расчётах влияние режимных и геометрических параметров согласуется с опытными данными. Так для активированного угля АР-3 при $u_0 = 0,2$ кг/кг и $l = 0,04$ м при увеличении теплового потока вдвое расчётная скорость сушки возрастает в 1,7 раза, скорость нагрева в 2,3 раза, а согласно экспериментальным данным эти характеристики повышаются в 1,8 и 2 раза соответственно. Удовлетворительно согласуются расчётные и опытные значения скорости сушки. Так для активированного угля АР-3 при $q_{cr} = 1$ кВт/м², $l = 0,04$ м, $u_0 = 0,2$ кг/кг при уменьшении влагосодержания от 0,2 до 0,1 кг/кг расчётная скорость сушки составляет 10^{-5} кг/(кг·с), опытная - $1,1 \cdot 10^{-5}$ кг/(кг·с).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Кинетика изменения безразмерных среднеинтегральных влагосодержаний и температур в процессе кондуктивной сушки при различных плотностях теплового потока, начальных влагосодержаниях, толщинах слоя для всех изученных материалов описываются едиными обобщёнными уравнениями (7), (8). Безразмерные величины, определяющие границы периодов постоянной и падающей скорости сушки (формулы (5)-(6)), для этих материалов также одинаковы. Это свидетельствует о единстве механизмов тепло-влажностного переноса. Индивидуальные свойст-

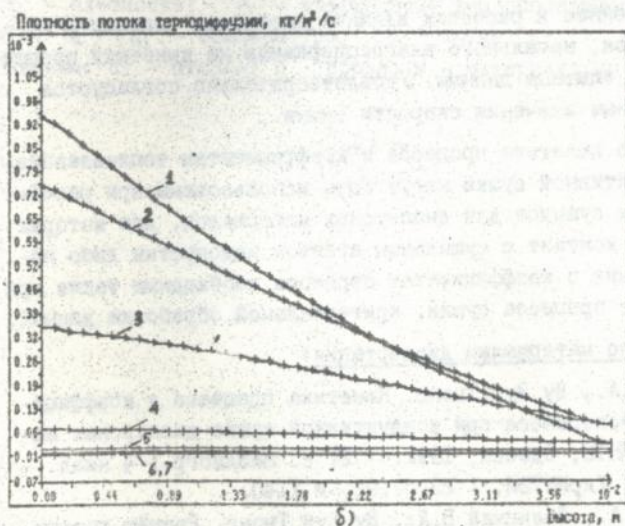
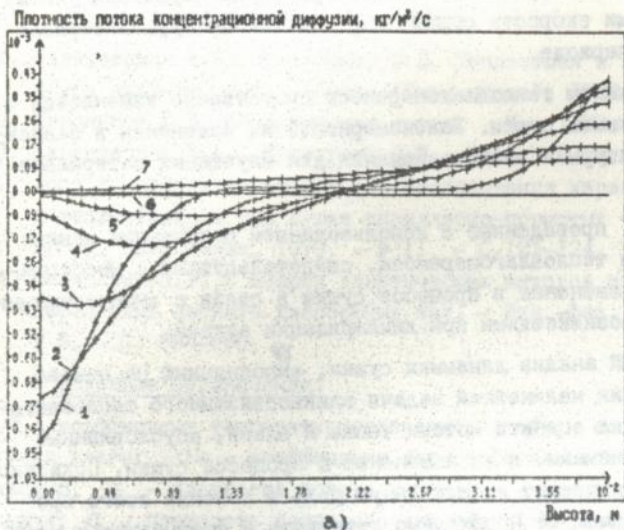


Рис. 4. Распределение по высоте образца плотности потока:
 а) концентрационной диффузии; б) термодиффузии для
 активированного угля ($\Phi_{\text{ст}} = 10^3 \text{ Вт}/\text{м}^2$, $l = 0,04 \text{ м}$);
 1 - 10 мин; 2 - 20 мин; 3 - 30 мин; 4 - 50 мин;
 5 - 1 ч 20 мин; 6 - 2 ч 10 мин; 7 - 3 ч 30 мин

ва материала, а также режимные и геометрические параметры учитываются значениями скорости сушки N_1 и температуры материала t_{m1} в первом периоде.

2. Коэффициенты теплооблагоденоса существенно изменяются в кинетических режимах сушки. Закономерности их изменения в зависимости от температуры и влагосодержания для изученных материалов аналогичны.

3. Расчёты, проведенные с использованием полученных данных по коэффициентам теплооблагоденоса, свидетельствуют о необходимости учёта их изменения в процессе сушки в связи с существенными погрешностями, возникающими при линеаризации задачи.

4. Расчётный анализ динамики сушки, выполненный на основе численного решения нелинейной задачи взаимосвязанного теплооблагоденоса, позволил оценить потоки тепла и влаги, обусловленные различными механизмами, и их изменение в процессе сушки. Показано, что термодиффузия играет существенную роль в течение всего процесса, в связи с чем её необходимо учитывать в физических и математических моделях.

5. Установленное в расчётах влияние плотности теплового потока, толщины слоя, начального влагосодержания на кинетику процесса соответствует опытным данным. Удовлетворительно согласуются расчётные и опытные значения скорости сушки.

6. Данные по кинетике процесса и коэффициентам теплооблагоденоса при кондуктивной сушке могут быть использованы при расчётах поверхностных сушилок для дисперсных материалов, для которых непосредственный контакт с сушильным агентом недопустим либо нежелателен. Сведения о коэффициентах переноса необходимы также при расчётном анализе процесса сушки, критериальной обработке данных.

Публикации по материалам диссертации:

1. Календерьян В.А., Ву Зуй Тьонг. Кинетика процесса и коэффициенты теплооблагоденоса при кондуктивной сушке дисперсных материалов. - ОИИТЭ, Одесса, 1992. - 21 с. Библиогр.: 4 назв. - Рус. - Деп. 2. УкрИИТЭИ. - 23.07.92, № И140.
2. Календерьян В.А., Левицкий В.Л., Ву Зуй Тьонг. Расчёт поверхностных сушилок для дисперсных материалов. - Тез. докл. II-ой Междунар. конф. "Проблемы экологии и ресурсосбережения для сельскохозяйственных районов и агропромышленных комплексов". - Одесса, 1992. - С.

Список использованных источников.

1. Календерьян В.А., Корнараки В.В. Теплообмен и сушка в движущемся плотном слое. - Киев: "Вища школа", 1982. - 160 с.
2. Красников В.В. Кондуктивная сушка. - М., 1973.
3. Календерьян В.А., Корнараки В.В., Рева Н.В. Использование нового комплексного метода для исследования характеристик массового теплопереноса при сушке капиллярно-пористых тел. - Изв. ВУЗов, Энергетика, 1979. - № II. - С.121-124.
4. Казанский В.М. К теории кинетических методов изменения массопереносных свойств дисперсных тел. - Инж.-физ. журн., 1976. - № 5. - С. 884-890.

Условные обозначения:

α - коэффициент температуропроводности; α_m - коэффициент диффузии влаги; α_m^I - коэффициент термодиффузии влаги; d - диаметр частиц; j - плотность потока массы; l - толщина; N - скорость сушки; q - плотность теплового потока; t - температура; u - влагосодержание; δ - относительный коэффициент термодиффузии; ρ - плотность; λ - коэффициент теплопроводности; $\vartheta = T - T_c$, $\theta = \bar{T}_m / \bar{T}_{m1}$ - температура; τ - время.

Индексы: ст - стенка; с - среда; м - материал; кр - критический.

Указ



460820

AB 26.409

AB 26.409