

Для конденсата с размером капель $R = 10^{-6}$ м время их оседания на стенки пор в среде эмульсии составит приблизительно 90 с. Очевидно, что эти величины значительно больше времени самого процесса вытеснения в проведенных экспериментах.

Таким образом, выполненное исследование выявило принципиальные различия в процессах тепло- и массообмена при вытеснении паром таких жидкостей, как вода, жир, эмульсия.

Полученные данные представляются важными для понимания тепломассообменных процессов, протекающих при кипении, нагрева в тепловых аппаратах.

Условные обозначения

P - давление, T - температура, ρ_T - плотность дисперсной среды, φ - влагосодержание, $C_p^{\text{ж}}$ - теплоемкость жидкости, $\rho_{\text{ж}}$ - плотность жидкости; ρ_v , ρ_n - плотность воды, пара; σ_v , σ_n - насыщенность дисперсной среды паром, водой; ε - пористость; k_v , k_n - проницаемость среды для пара, воды; μ_v , μ_n - вязкость пара, воды; r_ϕ - теплота фазового перехода, μ - молярный вес воды, λ_T - теплопроводность дисперсной среды; g_v , g_n - скорость фильтрации пара, воды.

1. Ганжа В., Журавский Г.И. Экспериментальное исследование фильтрации водяного пара // Инж. физ. журн., 1980, т. 38, № 5. - С. 847 - 852.

2. Смирнов Г.Ф. Приближенная теория теплообмена при кипении на поверхностях. Теплоэнергетика, 1977, № 9. - С. 77-80.

3. Абраменко А.Н. и др. Теплообмен при испарении и кипении жидкости в пористых телах // Инж. физ. журн., 1982, т. 42, №2. - С. 218-227.

* * *

Тағам өнімдерін өңдеу процестерін қарқынды жылу-салмақ алмасу қондырғылары жұмыстарының проблемасын жақсарту болып табылады.

Қаныққандық шегінің болуы, тәжірибеде көрсетілгендей, ығыстырғыш агентінің қозғалысы ығысатын агенттің қозғалысына әсер етпейді. Жүргізілген тәжірибелер су, май, эмульсия тәрізді сұйықтардың арасындағы жылу-салмақ алмасу процестерінің бұ арқылы ығысуының өзгешеліктерін тағайындады. Анықталған нәтижелер жылу қондырғыларында қайнату, жылыту кезінде жүретін жылу-салмақ алмасу процестеріне әсерін тигізетін ықпалды факторлар болып табылады.

The intensification of the foodstuff processing is a problem for a substantial increase of the work heat-exchange devices.

It is characteristic for the existence of some limiting saturation which have shown in experiments. The movement of a forcing out agent it does not influence to the superseded ones. The made research has revealed basic distinctions in processes heat - and mass exchange at a replacement by steam of such liquids, as water, fat, emulsion. The obtained data is represented by the important factors for heat - and mass exchange processes proceeding at boiling, heating in thermal devices.

УДК 664.1

ВНУТРЕННИЙ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС ТЕПЛА ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ ЖИРОВЫХ ВЕЩЕСТВ

Жайлаубаев Ж. Д.

Семейский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский
институт переработки сельскохозяйственной продукции»

В пористых телах для описания процессов переноса теплоты воспользуемся законами сохранения массы и энергии. Уравнения переноса, из законов сохранения не замкнуты. Для

замыкания уравнений необходимо определить интенсивность обмена массой между фазами, удельную теплоту сорбции, потенциалы переноса для каждой из фаз, зависимость давления жидкости от влагосодержания W и температуры T . В пористой среде граница двух фаз разбивается на множество отдельных участков с различной кривизной. Применяя массообменный аналог критерия Фурье в условиях динамического равновесия между жидкостью и паром химические потенциалы фаз равны, а давление жидкости определяется уравнением Кельвина

$$D_e = P_s + \frac{RT}{U_e} \ln \frac{P_n}{P_s} \quad (1)$$

Уравнение (1) экспериментально проверено в работах [1, 3], где также указаны границы применимости (1). Пусть нам известна изотерма сорбции

$$W = f(P_n, T) \quad (2)$$

Из уравнения (2) выразим P_n с помощью обратной функции

$$P_n = F(W, T) \quad (3)$$

Тогда

$$P_x = P_s(T) + \frac{RT}{U_e} \ln \frac{F(W, T)}{P_s(T)} \quad (4)$$

При зависимости изотерм сорбции от температуры таковы, что при возрастании температуры повышается капиллярное давление жидкости, что приводит к эффекту термовлагопроводности.

При выполнении термодинамического равновесия, когда фазы проходят через множество равновесных состояний, имеем (4)

$$I = \rho_T \frac{\partial W}{\partial \tau} = \rho_T \left[\left(\frac{\partial W}{\partial P_n} \right)_T \frac{\partial P_n}{\partial \tau} + \left(\frac{\partial W}{\partial T} \right) P_n \frac{\partial T}{\partial \tau} \right] \quad (5)$$

Удельная теплота сорбции определяется соотношением Клайперона – Клаузиуса (5)

$$Z_c = \frac{RT^2}{U_e} \left(\frac{\partial \ln F(W, T)}{\partial T} \right)_w \quad (6)$$

Используя (3) получим

$$Z_c = \frac{RT^2}{U_e} \left(\frac{\partial \ln F(W, T)}{\partial T} \right)_w \quad (7)$$

Таким образом, знание изотерм сорбции и химического потенциала нам необходимо для определения интенсивности массообмена между фазами, зависимости капиллярного давления от влагосодержания и удельной теплоты сорбции.

Для объяснения скачка влагосодержания на границе соприкосновения двух пористых тел А.В. Лыковым [2] вводится понятие потенциала переноса θ_m влаги в пористых телах. В экспериментальной работе [2] установлено, что в состоянии равновесия место равенство капиллярных давлений ($P_k = P_p - P_j$) в порах по всему объему системы. Используя основные положения теории многофазной фильтрации, запишем законы переноса для каждой из фаз;

$$\vec{U}_n = -\frac{k f_n(\theta)}{\eta_n} \nabla P_n \quad (8)$$

$$\vec{U}_a = -\frac{k f_a(\theta_a)}{\eta_a} \nabla P_a \quad (9)$$

уравнения непрерывности для пара и жидкости

$$m \frac{\partial(\rho_n \theta)}{\partial \tau} + \operatorname{div}(\rho_n \vec{U}_n) = 1 \quad (10)$$

$$m \frac{\partial(\rho_a \theta_a)}{\partial \tau} + \operatorname{div}(\rho_a \vec{U}_a) = -1 \quad (11)$$

Для замыкания уравнений (8)-(11) в классическом варианте теории фильтрации используют функцию мгновенной насыщенности

$$P_n - P_{жс} = \tau \cdot \cos(\alpha) (m/k)^{1/2} I(\theta_{жс}) \quad (12)$$

Представление (12) было впервые предложено Левереттом, а $I(\theta)$ называется функцией Леверетта. Поверхностное натяжение σ , краевой угол смачивания α - сложные функции температуры и для реальных сред неизвестны, поэтому расчеты таких задач, как капиллярная пропитка в температурном поле, отсутствуют. Для замыкания (8)-(11) будем использовать соотношение (1)-(8). При исследовании медленных течений можно пренебречь членами, которые учитывают изменение давления и удельного объема газа, а также конвективный перенос энергии. В простейшем варианте уравнение энергии имеет вид

$$\left[(1-m) C_{PT} \rho_T + m(\theta \cdot \rho \cdot C_{pa} + \theta_a \cdot \rho_a \cdot \tilde{N}_{pa}) \right] \frac{\partial T}{\partial \tau} = \nabla(\lambda \nabla T) + L \cdot I - m P^k \frac{\partial \theta}{\partial \tau} \quad (13)$$

где, $L = r_c + r_o$, r_o - теплота испарения свободной воды. Полученная система уравнений и замыкающих соотношений (1)-(13) применима в задачах тепломассообмена в процессах сушки, сорбции и фильтрации.

Метод численного решения используем для решения совместный метод Эйлера-Лагранжа (СЭЛ), который применялся первоначально для расчета гидродинамических задач, когда имеется общая, движущаяся нестационарно жидкая граница.

Основная идея применения метода СЭЛ состоит в том, что для уравнений энергий и пара будем использовать численные схемы в представлении Эйлера, а для уравнения переноса жидкости, когда может происходить деформация системы (вследствие капиллярных течений) - переменные Лагранжа. Система уравнений (I)-(II) решается методом последовательных приближений, поэтому шаговые циклы организуются для всех уравнений системы.

В начальный момент времени возникает волновое движение пара, поля влагосодержаний что вследствие процессов, можно характеризовать как термовлагопроводность влагосодержание, где увеличиваться в центральных частях образца.

Таким образом, поля давлений пара различных моментов времени зависит от углубления зоны испарения, которая соответствует предельному влагосодержанию для двух значений.

Коэффициенты диффузии жидкости: выявляет действие капиллярных сил, которое приводят к более быстрому перемещению зоны испарения, удалению влаги, вследствие ее миграции к поверхности образца.

Условные обозначения

W - относительное влагосодержание, кг/кг; $\sigma_{жс}$ - удельный объем жидкости, τ_c - удельная теплота сорбции, ρ_T , $\rho_{жс}$, ρ_n - физическая плотность пористой среды, пара, кг/м³; m -

пористость, R – универсальная газовая постоянная; K – проницаемость; $\eta_n, \eta_{жс}$ – динамическая вязкость пара и жидкости; $f_n, f_{жс}$ – относительные фазовые проницаемости пара и жидкости; θ – насыщенность среды газовой фазой и жидкой.

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Т.М. Статистическая физика. – М.: Наука, 1964. – С. 314-315.
2. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968.
3. Куц П.С. и др. Теплофизические и технологические основы сушки высоковольтной изоляции. – Минск: Наука и техника, 1979. – С. 65-66.

* * *

Тендеуді шешу үшін фазааралық салмақтың өзгеру қарқындылығын, сіңірудің меншіктік жылуын, әр фаза үшін сұйықтық қысымының ылғалдылық пен температурадан тәуелсіздігінің тасымалдауын анықтау қажет.

Сіңіру изотермасы мен химиялық күшін құрастыру фазааралық жылу алмасу қарқындылығын, капиллярлы қысымның ылғалдылық пен температурадан тәуелсіздігін анықтау үшін қажет.

Бу қысымының әр түрлі уақыт аралығындағы шегі булану аймағының тереңділігіне, ылғалдылық шегіне тәуелді. Сұйықтың диффузиялық коэффициенті булану зонасының жылдам қозғалысына, ылғалдың жойылуына әкеліп соғатын капиллярлық күштердің әсерін әшкерлейді.

For the solution of the equations it is necessary to define an intensity of an exchange between of weight and phases, specific warmth of sorption, potentials of carrying over for each of phases in dependence of pressure of a liquid, or a moisture content and temperature. The drawing up of isotherms of sorption and chemical potential is necessary for intensity the definition of mass exchange between phases which depends of capillary pressure of the moisture content and specific warmth of sorption. Pressure border of steam of the various moments of time depends on deepening of a zone of evaporation, which corresponds to a limiting moisture content. Coefficient of diffusion of a liquid reveal an action of capillary forces which lead to faster moving of a zone of evaporation, moisture removal, owing to its migration to a surface of the sample.

УДК 621.31:631.3

ВЫБОР ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СТЕНОК БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРОИНКУБАТОРОВ

Ерошенко Г.П.,¹ Тулегенов К.К.²

¹Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова, Саратов, Россия

²Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана,
Уральск, Казахстан

Выбор толщины стенок инкубатора может осуществляться различными методами [1-4]. Сущность расчета состоит в сопоставлении затрат на теплоизоляцию как функции ее толщины и затрат на покрытие потерь теплоты. При минимальной толщине изоляции возрастает стоимость потерь энергии, с ее увеличением затраты перераспределяются в обратной зависимости. Оптимальной является теплоизоляция, дающая наименьшие суммарные затраты. Из этого следует, что все бытовые электроинкубаторы имеют естественную вентиляцию, которая влечет за собой потери энергии, сопоставленные с потерями через стенки инкубатора.

В данной работе рассмотрен метод выбора термического сопротивления стенок инкубатора по критерию равномерности температурного поля [5-6]. Такой подход стал возможен благодаря уравнению теплообмена яиц и введенному понятию результирующей температуры инкубатора. Критерием равномерности распределения температурного поля является выводимость яиц. Экспериментальные данные Х.Ж. Баротта дают следующее уравнение: