

Выбор жаростойких связующих и заполнителей производится исходя из условий службы футеровки, т.е. с учетом агрессивности среды, использование электротермофосфорных шлаков в жаростойком бетоне перспективно с целью снижения их антропогенного воздействия и экономии минеральных сырьевых ресурсов.

УДК 541.1; 541.3

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТУРБУЛЕНТНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ В ТЕПЛОВЫХ АППАРАТАХ С ВРАЩАЮЩИМИСЯ ЛОПАСТЯМИ

Жайлаубаев Ж. Д.

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

В связи с интенсификацией процессов переработки пищевых продуктов особо встает проблема значительного повышения работы теплообменных аппаратов. Одним из методов ее решения является увеличения темпов термообработки за счет оптимизации и установление технологических параметров процесса.

В данной работе представлен анализ экспериментов по интенсивности водяного пара полидисперсной среде.

Анализ, в процессе вытеснения жидкости насыщенным водяным паром в работе теплообменных аппаратов устанавливалось термическое равновесие, а связь давления и температуры пара может быть представлена на основании уравнения Клапейрона-Клаузауса и в приближении с точностью до 1-2 %, до давлений 1 МПа, записана в следующем виде:

$$P = AP_{kp}(T/T_{kp})^{-4} \exp(-10T_{kp}/T) \quad (1)$$

где $A = 17,05 \cdot 10^3$; T_{kp} , P_{kp} критическая температура и давление для насыщенного водяного пара.

Поступающий в слой пар создает градиент давления. Так как расход и влагосодержание связаны соотношением

$$\xi_u = \rho_T g_u \varphi \quad (2)$$

можно сделать вывод, что вытеснение жидкости из ненасыщенной дисперсной среды связано с образованием волнового движения и зоны повышенной насыщенности на фронте вытеснения. Характерным является наличие некоторой предельной насыщенности (в нашем случае, как показали эксперименты, она составляет 5 % по весу), при которой движение вытесняемого агента не влияет на движение вытесняющего.

Анализ показывает, что распространяется практически прямоугольный температурный фронт с уменьшающейся с ростом зоны пара скоростью движения. Качественно о темпе подъема температуры в данном сечении можно судить по величине критерия Кутеладзе

$$K_n = \frac{C_p^{\text{жс}} \rho_{\text{жс}} g_{\phi} H}{\lambda_T (1 - \varepsilon)} \quad (3)$$

В случае вытеснения воды паром величина критерия $K_n = 19$, при вытеснении жидкости в вид пара $K_n = 0,82$; т.е. чем меньше критерий, тем более сильной степени размыт температурный фронт и тем меньшим будет темп подъема температуры.

Распределение температуры в зоне пара определяется распределением давления. Последнее может быть получено из решения систем следующих уравнений:

$$\frac{\partial(\varepsilon \rho_n \sigma_n)}{\partial \tau} + di \vartheta(\varepsilon \rho_n \sigma_n \vartheta_n) = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial(\varepsilon \rho_s \sigma_s)}{\partial \tau} + di \vartheta(\varepsilon \rho_s \sigma_s \vartheta_s) = 0 \quad (5)$$

$$\vartheta_n = \frac{K_n}{\mu_n} grad P, -\vartheta_s = -\frac{K_s}{\mu_s} grad P \quad (6)$$

$$\frac{dP}{dT} = \frac{r_\phi}{T(V_n - V_s)} \quad (7)$$

$$\rho_s = const, \quad \rho_n = const \quad (8)$$

$$\sigma_n + \sigma_s = 1 \quad (9)$$

В данной формулировке предполагается, что весь поток вещества фазового перехода сосредоточен на фронте вытеснения. В качестве граничных условий могут быть приняты давление на входе в слой дисперсной среды и давление на фронте вытеснения.

Квазистационарное приближение сформулированной задачи дает следующее распределение давления в зоне пара:

$$\frac{P^2}{2} \left(\ln \frac{P_{выт}}{P} - \frac{\mu_n r_\phi}{RT_{выт}} + \frac{1}{2} \right) = \frac{P_{выт}^2}{2} \frac{\mu_n r_\phi}{RT_{dsn}} + \frac{P_{выт}^2}{4} \frac{\mu_n r_\phi}{k_n} [H - \chi] \varepsilon \rho_n^{\text{ex}} \sigma_n^{\text{ex}} \vartheta_n^{\text{ex}} \quad (10)$$

где $P_{выт}$, $T_{выт}$ - давление и температура на фронт вытеснения, H - размер зоны пара, ρ_n^{ex} , σ_n^{ex} , ϑ_n^{ex} - значения параметров на входе в дисперсный слой.

Расчет распределения давления (10) хорошо согласуется с экспериментальными данными.

Анализ экспериментальных данных при вытеснении жидкости показывает, что не существует отдельно движущихся перед фронтом пара конденсата и вытесняемой жидкости. Экспериментально не было обнаружено наличие зоны конденсата. Это дает основание предположить капельную конденсацию с образованием капель конденсата, как на самой паровой поверхности, так и в среде вытесняемой жидкости. Действительно, для консолидации капель необходимо определенное время. Оценка его в стационарном приближении Стокса дает следующее выражение:

$$\tau = \frac{3r_0 \mu_{ж} (2\mu_{ж} + 3\mu_0)}{2Rg(\rho_s - \rho_{ж})(\mu_{ж} + \mu_0)} \quad (11)$$

где R - размер капель, $\mu_{ж}$ - вязкость вытесняемой жидкости, r_0 - радиус пор, g - ускорение свободного падения.

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