

## **Интенсификация процесса охлаждения маргариновых эмульсий**

Николаев Л.К., Денисенко А.Ф., Николаев Б.Л.

Санкт-Петербургский государственный университет  
низкотемпературных и пищевых технологий

*В статье рассмотрено влияние на интенсивность охлаждения маргариновой эмульсии в вотаторах не счищаемого слоя продукта и слоя масляной пленки на стороне хладагента.*

Ключевые слова: маргарины, эмульсия, вотаторы, не счищенные слои, охлаждение.

Маргариновая промышленность — одна из отраслей масложировой промышленности, призванная организовывать выработку твердых пищевых жиров в основном из растительных масел или из смеси растительных масел с добавкой некоторого количества животных жиров. Технология маргаринов включает в себя ряд основных операций: приготовление водно-молочного раствора и жировой смеси, получение грубой эмульсии, тонкое эмульгирование, охлаждение и кристаллизация [1]. В технологическом процессе основной частью оборудования являются цилиндрические теплообменные аппараты — вотаторы, предназначенные для тонкого эмульгирования компонентов маргарина и одновременно охлаждения и механической обработки получаемой маргариновой эмульсии. На интенсивность охлаждения маргариновой эмульсии в вотаторах наряду с другими оказывают влияние следующие факторы: температура испарения жидкого аммиака, подбор оптимального диаметра трубопроводов для хладагента, отсутствие на рабочей поверхности цилиндра царапин и задиров, своевременная замена скребковых устройств — ножей, а также наличие в камерах испарения на охлаждающей поверхности слоя смазочного масла.

Так как производительность вотатора прямо пропорциональна коэффициенту теплопередачи  $K$ , то одним из важных вопросов является влияние на коэффициент теплопередачи со стороны продукта — наличие не счищенного слоя, а со стороны хладагента — наличие масляной пленки на поверхности, слоя загрязнений, а так же влияние толщины стенки цилиндра, то есть толщины самой теплопередающей поверхности [2].

С учетом отмеченного коэффициент теплопередачи в вотагоре определяется по формуле:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{np}} + \sum R_{cl} + \frac{1}{\alpha_{хл}}},$$

где  $\alpha_{np}$ ,  $\alpha_{хл}$  — соответственно коэффициенты теплоотдачи для продукта и хладагента, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\sum R_{cl}$  — суммарное термическое сопротивление, Втм<sup>2</sup>·К).

Суммарное термическое сопротивление всех слоев коэффициенту теплопередачи определяется по формуле

$$\sum R_{cl} = \frac{\delta_{np}}{\lambda_{np}} \cdot \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} \cdot \frac{\delta_{загр}}{\lambda_{загр}} \cdot \frac{\delta_{м}}{\lambda_{м}},$$

где  $\delta_{np}$ ,  $\delta_{ст}$ ,  $\delta_{загр}$ ,  $\delta_{м}$  — соответственно толщина слоя продукта, стенки цилиндра, загрязнений и масляной пленки, м;  $\lambda_{np}$ ,  $\lambda_{ст}$ ,  $\lambda_{загр}$ ,  $\lambda_{м}$  — соответственно коэффициент теплопроводности продукта, материала стенки цилиндра, масляной пленки, Втм<sup>2</sup>·К).

Для выяснения величины влияния термических сопротивлений коэффициенту теплопередачи рассмотрим в отдельности каждое из слагаемых.

1. Термическое сопротивление, оказываемое коэффициенту теплопередачи слоем не счищенного продукта. Задаваясь различной толщиной слоя в интервале от  $0,05 \cdot 10^{-3}$  м до  $1,0 \cdot 10^{-3}$  м определяем  $R_{np}$  продукта. Данные продукта приведены в табл. 1.

Таблица 1. Значения термического сопротивления слоя продукта.

Термическое сопротивление слоя продукта	Толщина слоя не счищенного продукта, м				
	$\delta_{np} = 5 \cdot 10^{-5}$	$\delta_{np} = 1 \cdot 10^{-4}$	$\delta_{np} = 5 \cdot 10^{-4}$	$\delta_{np} = 8 \cdot 10^{-4}$	$\delta_{np} = 1 \cdot 10^{-3}$
$R_{np}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$25 \cdot 10^{-4}$	$40 \cdot 10^{-4}$	$50 \cdot 10^{-4}$

2. Термическое сопротивление слоя масляной пленки. Пар аммиака, выходящий из поршневого компрессора, уносит с собой частицы смазочного масла. Масло увлекается паром как в виде мелкодисперсных частиц, так и в парообразном состоянии. Характер влияния, оказываемого маслом, унесенным из компрессора на процесс теплообмена в вотагорах зависит от растворимости хладагента и смазочного масла. Аммиак и масло очень ограниченно растворяются друг в друге и в связи с этим образуют двухфазный раствор. Одна из жидких фаз, представляющая собой почти чистое масло, оседает в виде пленки на теплопередающей поверхности вотагора, являясь дополнительным термиче-

ским сопротивлением, ухудшающим коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление слоя масляной пленки определяем при изменении толщины слоя в интервале  $(0,05-1,0) \cdot 10^{-3}$  м.

Данные расчетов приведены в табл.2.

Таблица 2. Значение термического сопротивления слоя масляной пленки.

Термическое сопротивление слоя масляной пленки	Толщина слоя не счищенного продукта, м				
	$\delta_m = 5 \cdot 10^{-5}$	$\delta_m = 1 \cdot 10^{-4}$	$\delta_m = 5 \cdot 10^{-4}$	$\delta_m = 1 \cdot 10^{-4}$	$\delta_m = 1 \cdot 10^{-3}$
$R, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$37,6 \cdot 10^{-4}$	$60,1 \cdot 10^{-4}$	$75,2 \cdot 10^{-4}$

3. Термическое сопротивление коэффициенту теплопередачи оказываемое стенкой цилиндра в расчетах принято величиной постоянной, так как зависит только от материала стенки.

Сопоставление значений термических сопротивлений слоя не счищенного продукта (табл. 1) и слоя масляной пленки (табл. 2) показало, что наличие масляной пленки в большей степени ухудшает коэффициент теплопередачи. Несмотря на то, что термическое сопротивление слоя не счищенного продукта меньше, чем термическое сопротивление слоя масляной пленки, оно оказывает существенное влияние на теплообмен. С целью его уменьшения необходимо тщательно затачивать очищающее устройство, следить за внутренней поверхностью цилиндра.

Сравнение полученных значений коэффициента теплопередачи при различных термических сопротивлениях показало, что при увеличении слоя масляной пленки с 0,05 до 1 мм, коэффициент теплопередачи понижается с 600 до 110  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , то есть почти в 6 раз, а следовательно пропорционально уменьшается и производительность вотатора.

## Список литературы

1. Молчанов И.Л. Технологическое оборудование жироперерабатывающих производств. М.: Пищевая промышленность, 1965 — 510 с.
2. Никонов И.В. Теплопередача в аппаратах типа «Вотатор» и «Комбинатор». Труды КИПП, Сборник работ механического факультета. Краснодар: 1958 — Вып. 20. — С. 115–118.