

УДК 536.24

Исследование механизма теплообмена
в высоковязких средах и изыскание
методов интенсификации теплообмена
при кристаллизации в высоковязких
средах

В. Д. Попов, докт. техн. наук,
Д. Е. Синат - Радченко

Известно несколько способов непрерывного получения сахара из раствора. Однако каким бы способом ни решалась проблема непрерывного получения сахара, кристаллизаторы с охлаждением в схеме сахарного завода остаются важным оборудованием. От их конструкции и режима работы значительно зависит качество сахара и величина потерь его в кормовой патоке.

Скорость кристаллизации утфелей по-

следнего продукта в сахарном и рафинадном производстве пропорциональна скорости их охлаждения. Коэффициент теплоотдачи от утфеля к поверхности теплообмена α_1 , почти в 100 раз меньше коэффициента теплоотдачи к воде α_2 , что обуславливает малые коэффициенты теплопередачи в промышленных мешалках-кристаллизаторах, которые весьма металлоемки и занимают большие производственные площади.

Одним из средств интенсификации теплообмена в высоковязких средах являются колебания поверхности теплообмена с низкой /до 50 гц/ частотой f и амплитудой A до нескольких сантиметров, которые, воздействуя на пограничный слой среды, уменьшают его термическое сопротивление.

Для изучения влияния колебаний на теплообмен в вязких производственных

сахарных растворах при охлаждении, нагревании и дополнительном перемешивании на основе анализа основных закономерностей процесса и литературных данных была спроектирована, изготовлена и испытана на Гниванском сахарном заводе установка с быстросменными водонаполненными элементами теплообмена.

Исследовано влияние колебаний поверхностей теплообмена различных видов /змеевика, диски, пластины/ на теплоотдачу к воде, чистым сахарным раствором с $Sx=50$ и 70% , свекловичным и тростниковым мелассам, производственным и искусственным утфелям с содержанием кристаллов $Kp=30\pm 50\%$ при температуре изучаемых сред в пределах $40-80^\circ C$.

Диапазон использованных в опытах частот колебаний от 0 до 50 гц, амплитуд до 7 мм и числа оборотов мешалки от 0 до 20 об/мин.

Для изучения влияния соотношения размера аппарата и рабочего органа использовались термостатируемые стаканы пяти типоразмеров.

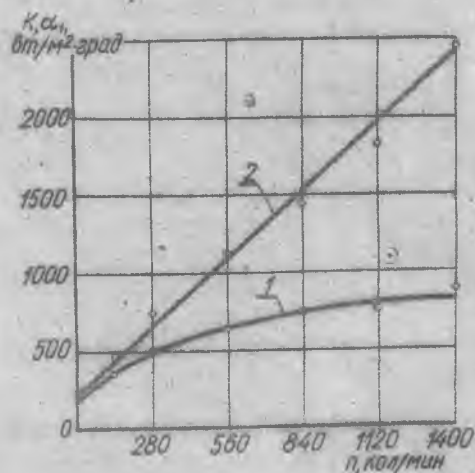
Произведенными экспериментами охвачен интервал чисел $Gr=1\cdot 10^{-3} \div 1\cdot 10^9$ чисел $Re_f=1\cdot 10^{-1} \div 1\cdot 10^{-5}$ и чисел $Pr=3+1\cdot 10^5$ ($Re_f=\frac{4A_y f a}{\nu}$ - критерий Рейнольдса для вибрирующей поверхности).

Вычисление коэффициентов теплопередачи K для вибрирующих водонаполненных элементов теплообмена произвольной формы и выделение из него коэффициентов теплоотдачи α_1 и α_2 представляет сложную задачу даже при известной в нескольких точках температуре стенки. На основе опубликованных в литературе методик по вычислению средней температуры стенки без ее измерения разработана методика приближенного вычисления K и выделение из него α_1 и α_2 по определяемым из опытов зависимостям K от интенсивности колебаний при постоянном расходе воды и от расхода воды при постоянной интенсивности колебаний.

В условиях наших опытов колебания элемента теплообмена не оказывали су-

щественного влияния на гидравлическое сопротивление воде, протекающей внутри элемента и на коэффициент теплоотдачи от стенки элемента к воде α_2 .

При низкочастотных колебаниях теп-



Зависимость коэффициента K и теплоотдачи α от частоты колебаний.

лообменной поверхности коэффициент теплопередачи как при нагревании, так и при охлаждении увеличивается в несколько раз. Для сахарных утфелей он составляет несколько сот $Вт/м^2$ град против примерно $60 \text{ Вт/м}^2 \text{ град}$ в промышленных мешалках-кристаллизаторах. На рисунке показан рост коэффициента теплопередачи /кривая 1/ и теплоотдачи α_1 /прямая 2/ в зависимости от частоты колебаний / $A=5 \text{ мм}$ / при охлаждении сахарного сиропа с $Sx=72\%$ и температуре $55^\circ C$ с помощью змеевика из медной трубки диаметром $10/12$.

Результаты опытов представляются в форме критериальных и эмпирических уравнений для теплоотдачи при вынужденном обтекании тел /с учетом направления теплового потока, параметров колебаний и геометрических факторов/ вида

$$Nu = C Re_f^n Pr^m (Pr/Pr_{cm})^2$$

Опытные данные по теплоотдаче при охлаждении сахарных растворов с помощью вибрирующих змеевиков описываются критериальным уравнением, подобным уравнению для виброподогрева вязких нефтепродуктов цилиндрическим электронагревателем.

Показатель степени при критерии Re_f и константа уравнения при прочих равных условиях зависят от формы элемента теплообмена.