

УДК 664.315:543

# Анализ исследований криSTALLизатора-охладителя для жировой продукции

Д-р техн. наук Б. А. РОГОВ, д. в. ПЕТУХОВ

Санкт-Петербургский государственный университет  
низкотемпературных и пищевых технологий  
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

**Presented is the analysis of crystallization of fatty products containing 72–82 % fats in a crystallizer-cooler. An empirical calculation relationship to find the drive power for crystallizing equipment of various productivities is proposed.**

**Key words:** crystallizer, fatty product, cooling, power.

**Ключевые слова:** кристаллизатор, жировой продукт, охлаждение, мощность.

Кристаллизация как технологический процесс широко используется в линиях производства таких жировых продуктов, как маргарины, спреды и жirosодержащие смеси различного назначения.

В технологиях производства маргариновой продукции используются кристаллизаторы-выдерживатели [1, 2], в которых жировой продукт подвергается массовой кристаллизации и пластификации перед операцией расфасовки.

Практика эксплуатации технологических линий производства маргариновой продукции на предприятиях отрасли показывает, что в условиях интенсивной работы кристаллизаторов-выдерживателей отмечается повышение температуры жировой продукции от 10 до 20–22 °C вместо рекомендованных по технологическому регламенту 12–15 °C, а при производстве продукции без использования кристаллизационного оборудования (для крупноблочной расфасовки) температура достигает 25–26 °C за счет интенсивного выделения тепла кристаллизации.

Для повышения качества жirosодержащих продуктов предложено осуществлять одновременно процесс кристаллизации и охлаждения в одном устройстве, экспериментальный образец которого представлен на рис. 1 [3].

Кристаллизатор-охладитель состоит из секций 2 и 3, входного патрубка подачи переохлажденной эмульсии 1, продуктовой насадки 4 для выхода готовой продукции (рис. 1, а). Секции 2 и 3 состоят из пакета пластин, которые образуют поочередно охлаждающий 5, продуктовый 6 и снова охлаждающий 5 каналы (рис. 1, б). Через

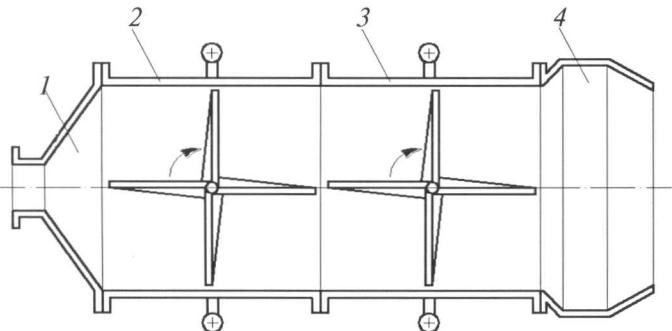
пакет пластин каждой секции проходит вал 7, вращающийся от привода 8. Вал секции 3 вращается от привода через цепную передачу. На части вала, которая проходит через продуктовый канал, установлены скребковые мешалки 9 с ножами-скребками 10, режущие кромки которых обращены к стенкам поверхностей охлаждения 5.

Кроме того, кристаллизатор имеет входной коллектор 11 и выходной коллектор 12 для входа свежего и выхода отработанного хладагента.

Переохлажденная маргариновая эмульсия с температурой 12–15 °C из теплообменника-переохладителя подается в кристаллизатор-охладитель через входной патрубок 1 в продуктовый канал 6. По входному коллектору 11 хладагент (рассол  $\text{CaCl}_2$ , холодная вода и пр.) поступает в охлаждающие каналы 5 секций 2 и 3 (противотоком) последовательно. В продуктовых каналах маргариновая эмульсия перемешивается скребковыми мешалками 9 с ножами-скребками 10, вращающимися на валу 7 от привода 8. При контакте продукта с поверхностями каналов охлаждения происходит кристаллизация жирного сырья с поглощением выделяемой при этом теплоты кристаллизации, а использование скребковых мешалок позволяет исключить налипание закристаллизованного слоя эмульсии на охлаждаемых поверхностях и достигнуть равномерности кристаллизации продукта по всему объему.

На рис. 2 представлены результаты экспериментальных исследований температурного изменения процесса кристаллизации маргариновой продукции без дополнительного охлаждения и с охлаждением.

а



б

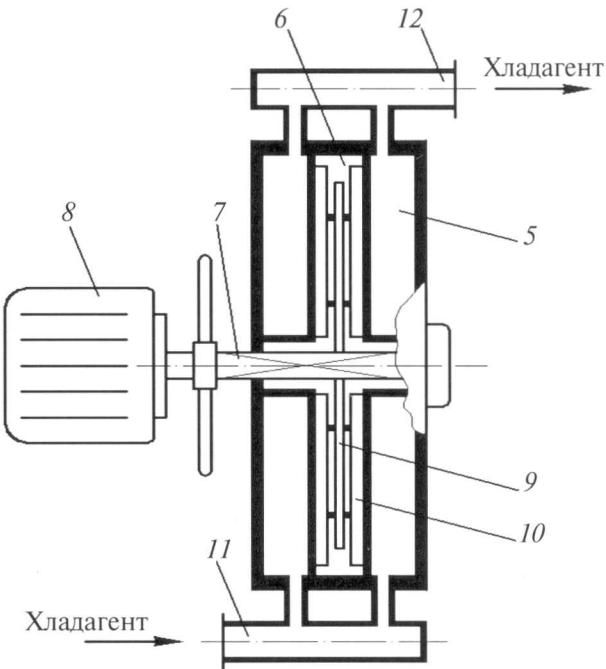


Рис. 1. Экспериментальная схема кристаллизатора-охладителя:  
а — общий вид; б — схема секций

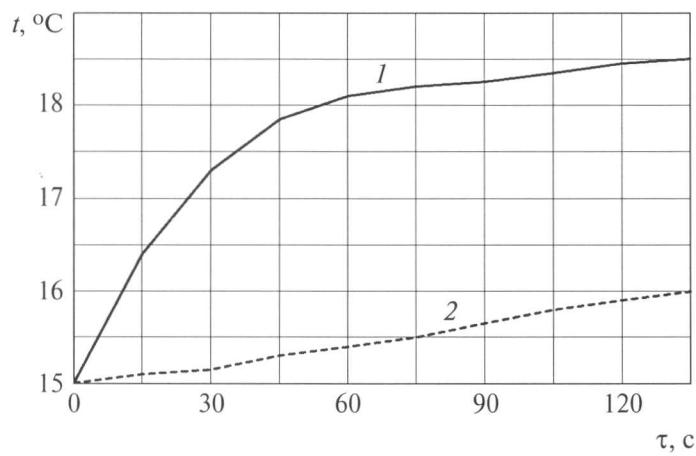


Рис. 2. График зависимости температуры маргариновой эмульсии 82 %-й жирности от времени кристаллизации с использованием модельного кристаллизатора при производительности камеральной установки 26,0 кг/ч, температуре эмульсии на входе в кристаллизатор 15 °С, частоте вращения мешалки со скребками 1,0 с<sup>-1</sup>, расходе рассола 80 кг/ч при температуре на входе –4,5 °С, 1 — без дополнительного охлаждения; 2 — с охлаждением

Из рис. 2 видно, что уже в течение первой минуты кристаллизации без дополнительного охлаждения температура переохлажденной до 15 °С маргариновой эмульсии 82 %-й жирности повышается на 3 °С за счет выделения теплоты кристаллизации. При этом полученные температурные изменения характерны только для конкретных технологических и теплофизических условий проведения процесса кристаллизации.

Анализ этих условий показывает, что общий расход мощности в кристаллизаторе-охладителе со скребковыми мешалками включает в себя рабочую мощность, которая затрачивается на перемешивание эмульсии скребковыми мешалками в продуктном пространстве корпуса устройства в условиях постоянного охлаждения продукта, а также мощность, направленную на преодоление трения между кромками скребковой мешалки и внутренней стенкой продуктowego канала и трения в кинематических звеньях для передачи вращения скребковым мешалкам.

На рис. 3 представлена одна из типовых графических зависимостей изменения затрачиваемой мощности привода кристаллизатора-охладителя в зависимости от температуры жирового продукта.

Анализ экспериментальных данных процесса кристаллизации жиров и эмульсий 72–82 %-й жирности при испытании кристаллизатора-охладителя на технологической линии камерального типа производительностью до 50 кг/ч показывает, что расход мощности (см. рис. 3) привода кристаллизатора-охладителя имеет почти прямолинейную зависимость от температуры маргариновой эмульсии при кристаллизации.

Учитывая возможность использования методики масштабного перехода на требуемую производительность производства кристаллизационного оборудования, изучены значения энергии диссипации процесса кристаллизации, т. е. определены интервалы значений по удельным затратам мощности в кристаллизаторе-охладителе.

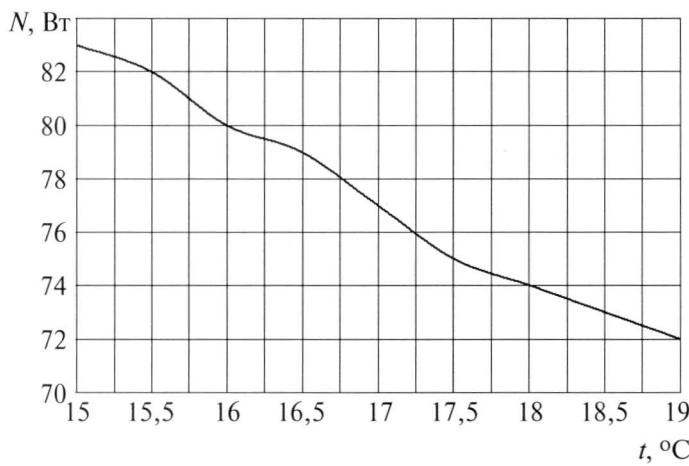


Рис. 3. График зависимости затрачиваемой мощности привода кристаллизатора-охладителя от температуры маргариновой эмульсии 82 %-й жирности при производительности кристаллизатора 20,5 кг/ч и частоте вращения мешалки со скребками  $1,3 \text{ c}^{-1}$ , расходе рассола 120 л/ч с начальной температурой  $-1,0^\circ\text{C}$

Это значение определялось как среднее значение диссипации энергии по величине мощности, потребляемой на перемешивание

$$E = \frac{N}{\rho V}, \quad (1)$$

где  $N$  — мощность, затрачиваемая на перемешивание;

$\rho$  — плотность среды;

$V$  — объем среды.

Исследования значений энергии диссипации (рис. 4) показали, что для маргариновых эмульсий 72–82 %-й жирности удельный расход энергии находится в пределах 2,5–6,0 Вт/кг.

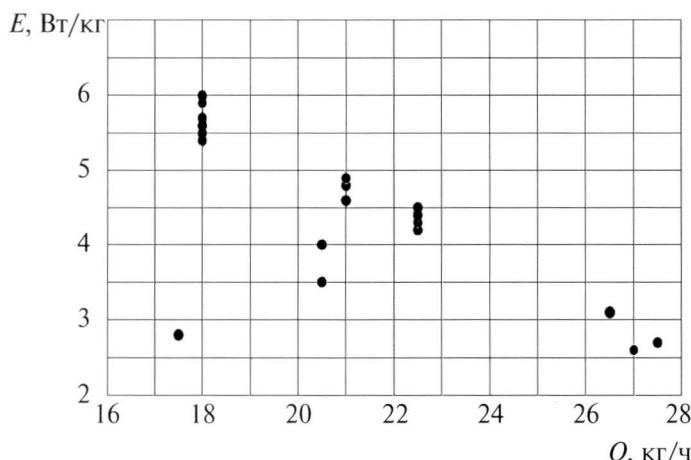


Рис. 4. Зависимость удельного расхода энергии диссипации  $E$  от производительности кристаллизатора-охладителя  $Q$

Анализ зависимости затрат мощности  $N$  для экспериментального кристаллизатора-охладителя (см. рис. 1) при производстве маргариновой продукции 72–82 %-й жирности показал, что энергия, расходуемая на процесс перемешивания при охлаждении и кристаллизации, в общем виде может определяться как функция от следующих параметров:

$$N = f(D, d_m, n, z, \mu, k), \quad (2)$$

где  $D$  — диаметр продуктовой пластины, м;

$d_m$  — диаметр вала скребковой мешалки, м;

$n$  — частота вращения скребковой мешалки,  $\text{с}^{-1}$ ;

$z$  — количество скребков, шт.;

$\mu$  — коэффициент динамической вязкости жирового продукта,  $\text{Па} \cdot \text{с}$ ;

$k$  — количество секций, шт.

Анализ исследований и обработки экспериментальных данных процесса кристаллизации жировых продуктов 72–82 %-й жирности в кристаллизаторе-охладителе производительностью 15–50 кг/ч показал, что при расчете мощности привода кристаллизационного оборудования с дополнительным охлаждением может быть использована эмпирическая расчетная зависимость

$$N = \frac{C(nD)^{1,8} \mu^{0,6} z^{0,7} k}{(D - d_b)^{0,3}}, \quad (3)$$

где  $C = 72$ ;

$D$  и  $d_b$  — диаметр цилиндра и диаметр вала скребковой мешалки, м;

$z$  — количество скребков, шт.;

$k$  — количество секций, шт.

Уравнение справедливо в диапазоне переменных:

$n = (0,5 \div 1,5) \text{ с}^{-1}$ ;  $\mu = (3,5 \div 6,0) \text{ Па} \cdot \text{с}$ ;  $z = 8$  шт.;  $D = 0,1 \text{ м}$ ;  $d_b = 0,01 \text{ м}$ ;  $k = 2$  шт.

Предложенная математическая модель (3) может также быть использована в качестве приближенного инженерного расчета кристаллизаторов-охладителей производительностью до 1000–1500 кг/ч (при  $n = 1,0 \text{ с}^{-1}$ ;  $\mu = 3,5 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ;  $z = 64$  шт.;  $D = 0,46 \text{ м}$ ;  $d_b = 0,038 \text{ м}$ ;  $k = 4$  шт.) в технологических линиях производства жировой продукции (см. [2]).

### Список литературы

1. Рогов Б. А. Технологическое оборудование для производства жировой продукции: Учеб. пособие. — СПб.: СПбГУНиПТ, 2005.
2. Рогов Б. А. Техника структурообразования жировой продукции: Справ. пособие. — СПб.: СПбГУНиПТ, 2009.
3. Рогов Б. А. Интенсификация процесса кристаллизации жиро содержащих эмульсий // Масложировая промышленность. 1992. № 1.