

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБЕЗЖИРИВАНИЯ МОЛОКА

*Е. А. Чеботарев, А. Т. Борисов*

*ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь*

*ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт*

*молочной промышленности», г. Москва*

Обезжиривание молока – самый распространенный из процессов центробежного разделения в молочной промышленности. Более 80 % сепараторов на молочных предприятиях являются сепараторами-сливкоотделителями. При этом для обезжиривания молока используют как сепараторы с ручной периодической выгрузкой осадка, так и сепараторы с центробежной периодической выгрузкой осадка (саморазгружающиеся).

Основным фактором, влияющим на процесс обезжиривания молока, а точнее на его эффективность, является температура исходного продукта. Влияние температуры на эффект центробежного разделения – результат увеличения так называемой разделяемости системы «молочный жир – плазма» ( $E$ ), которая определяется формулой

$$E = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\eta} d^2,$$

где  $\rho_1, \rho_2$  – плотность плазмы и жировых шариков;  $\eta$  – динамическая вязкость плазмы;  $d$  – диаметр выделяемого жирового шарика.

Поскольку темп изменения плотности и вязкости плазмы от температуры не одинаков, величина разделяемости изменяется нелинейно в соответствии с уравнением вида

$$E = zt^{0,94},$$

где  $t$  – температура молока, °С;  $z$  – коэффициент, зависящий от диаметра ( $d$ ) выделяемого жирового шарика ( $z = 0,0148$  при  $d = 1$  мкм;  $z = 0,0083$  при  $d = 1,5$  мкм;  $z = 0,0037$  при  $d = 2$  мкм).

Обычно в инструкции по эксплуатации сепаратора-сливкоотделителя указывается температурный режим сепарирования 35...40 °С. Однако даже в этом сравнительно небольшом диапазоне температур разделяемость системы «жир-плазма» изменяется в 1,1...1,2 раза и тем больше, чем выше температура. Следовательно, следует стремиться к повышению температуры сепарирования.

Обезжиривание молока при высоких (60...70 °С) температурах имеет две стороны. С одной стороны, разделяемость дисперсной системы при 70 °С больше, чем при 40 °С в 1,5 раза, что достаточно существенно. Но с другой стороны, в потоке горячего молока, движущегося в сепараторе, наблюдается дробление жировых шариков.

Для сепарирования горячего молока могут использоваться только специальные сепараторы, имеющие более «щадящий» гидродинамический режим течения жидкости в барабане.

Производительность сепаратора непосредственно связана с размером выделяемого жирового шарика, что подтверждается как теоретически, так и практически. Номинальная (паспортная) производительность сепаратора, как правило, ориентирована на достижение максимального результата обезжиривания.

Но это не может распространяться на все сепараторы той или иной марки. И зачастую способом повышения эффекта обезжиривания молока является некоторое снижение производительности сепаратора от паспортного значения.

Важным эксплуатационным фактором, влияющим на эффективность обезжиривания, является жирность получаемых сливок. Причем, чем больше расход сливок и больше давление на выходе обезжиренного молока, тем меньше жирность сливок. И, соответственно, на-

оборот – уменьшение расхода сливок и давления на выходе обезжиренного молока повышает содержание жира в сливках.

Но при регулировании жирности сливок необходимо обращать внимание на содержание жира в обезжиренном молоке. Как известно, нормативной величиной содержания жира в обезжиренном молоке является 0,05 %, но при оптимизации работы сепаратора это значение можно снизить до 0,03 %, что дает существенную прибавку сливок.

Как правило, понижение содержания жира в обезжиренном молоке удается получить при снижении жирности сливок и, наоборот, повышенное (обычно свыше 40%) содержание жира в сливках увеличивает жирность обезжиренного молока.

При регулировании жирности сливок следует также учитывать и тот факт, что соотношение количества сливок ( $M_{сл}$ ) и количества обезжиренного молока ( $M_{об}$ ) зависит также и от жирности исходного молока и может быть представлено в виде отношения

$$\frac{M_{сл}}{M_{об}} = \frac{Ж_{сл} - Ж_{м}}{Ж_{м} - Ж_{об}},$$

где  $Ж_{сл}$ ,  $Ж_{м}$ ,  $Ж_{об}$  – соответственно жирность сливок, молока и обезжиренного молока.

В свою очередь, содержание жира в обезжиренном молоке пропорционально жирности сепарируемого молока и, сепарируя достаточно жирное молоко, целесообразно использовать фактор регулировки жирности сливок, а также снижение производительности.

Так, при сепарировании смесей различной жирности было определено, что ожидаемая жирность обезжиренного молока ( $Ж_{об}$ ) может быть рассчитана по уравнению

$$Ж_{об} = \frac{Ж_{обц}}{100}(22,5Ж_{см} + 25),$$

где  $Ж_{обц}$  – жирность обезжиренного молока при сепарировании цельного молока;

$Ж_{см}$  – жирность сепарируемой смеси.

Таким образом, при одной и той же производительности результат обезжиривания будет одинаков, только если жирность сепарируемого молока не превышает 3,4 %.

На практике это начинает проявляться при сепарировании молока жирностью более 4 %.

Цикл непрерывной работы сепаратора с ручной периодической выгрузкой осадка, а также время между разгрузками сепаратора с центробежной периодической выгрузкой осадка состоит из трех этапов: неустановившегося, установившегося и ухудшающегося сепарирования.

Период неустановившегося сепарирования имеет место в начале пуска в сепаратор исходного продукта или сразу после центробежной разгрузки саморазгружающегося сепаратора и может продолжаться до 2...3 минут. Период хотя и не продолжителен, но характеризуется повышенным содержанием жира в обезжиренном молоке.

Следовательно, чем менее продолжителен этот период, тем меньше потери жира за счет недостаточного обезжиривания.

Период установившегося режима работы сепаратора наиболее длительный. В этот период идет заполнение шламового пространства осадком, зазор между осадком и отбортовками тарелок уменьшается, что в конечном результате изменяет условия течения жидкости и начинает сказываться на результатах сепарирования.

Причем длительность второго периода ( $\tau$ ) зависит от концентрации тяжелой дисперсной фазы (загрязненности молока) и может быть определена по формуле

$$\tau = K_1 \frac{V \cdot 100}{M(a - K_2)},$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывающий полезную емкость шламового пространства барабана, заполнение которой не нарушает эффективность процесса сепарирования (обычно около 0,8);  $K_2$  – коэффициент, учитывающий унос тяжелых частиц из барабана (при сепарировании молока может быть принят равным 0);  $V$  – объем шламового пространства барабана сепаратора;  $M$  – объемная производительность сепаратора;  $a$  – объемная концентрация тяжелых дис-

персных частиц в сепарируемом продукте.

Снижение эффективности центробежного разделения означает начало третьего периода – режима ухудшающегося сепарирования. Именно в этот момент необходимо останавливать для чистки и мойки сепаратор с ручной периодической выгрузкой осадка или производить центробежную выгрузку осадка саморазгружающегося сепаратора.

Установить этот момент можно, контролируя содержание жира в обезжиренном молоке.

Способ избежать наступления режима ухудшающегося сепарирования саморазгружающегося сепаратора – устанавливать меньшее время между разгрузками. Но следует учитывать, что при каждой разгрузке вместе с осадком из барабана выбрасывается некоторое количество молока, а, следовательно, увеличение числа разгрузок приводит к увеличению потерь жира.

При обезжиривании молока следует обращать внимание на то, что эффективность этого процесса зависит от того, каким воздействиям подвергалось молоко до сепарирования.

Например, содержание жира в обезжиренном молоке увеличивает многократное (свыше трех раз) перекачивание молока по трубам с использованием центробежных насосов, а также хранение с интенсивным перемешиванием.

Повышенная кислотность молока, как правило, также ухудшает результат обезжиривания. При подаче молока в сепаратор следует избегать подсоса воздуха в продукт через неплотности подводящих коммуникаций, поскольку наличие воздуха в молоке также отрицательно влияет на процесс обезжиривания.

Следует также обращать внимание на техническое состояние сепаратора, поскольку качество сепарирования зависит и от качества балансировки барабана, и даже от износа элементов привода, в частности, винтовой пары.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ДВИЖЕНИЯ МОДЕЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ В ПРОДУКТОВОМ ЗАЗОРЕ РОТОРНО-ПЛАСТИНЧАТОГО ОХЛАДИТЕЛЯ**

*Е. А. Чеботарев, А. В. Малсугенов*

*ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь  
Ставропольский технологический институт сервиса  
(филиал) ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС», г. Ставрополь*

Роторно-пластинчатые охладители, широко используемые в настоящее время для маслообразования, по сравнению с другими теплообменниками (пластинчатыми, кожухотрубными и т.д.) имеют существенную особенность – наличие в каждом продуктовом зазоре вращающегося рабочего органа с установленными на нем скребковыми ножами.

Для проведения исследований была разработана экспериментальная установка, позволяющая моделировать гидромеханические процессы в роторно-пластинчатом охладителе.

Установка состоит из пластинчатого модуля, шестеренчатого насоса и емкости, связанных между собой системой трубопроводов. Основным элементом установки является пластинчатый модуль, состоящий из сжатого пакета продуктовых секций и пластин, заменяющих охлаждающие пластины.

Внутри продуктовых секций расположены рабочие органы (диски или крестовины) с установленными на них скребками. Размеры рабочих органов и продуктовых секций соответствуют размерам этих деталей в пластинчатом маслообразователе типа ОУА.

В качестве модельной жидкости использовалось авиационное масло МС-20.