

Перераспределение тепловых нагрузок технологических линий пищевых производств на примере дистилляции мисцелл растительных масел

Д.т.н. Пеленко В.В., аспирант Федоров В.А.

Любое пищевое производство связано с потреблением или отводом большого количества теплоты. В современном мире очень актуальным стал вопрос снижения расхода энергоресурсов ввиду постоянного роста их стоимости, помимо этого очень остро стоит вопрос их дефицита. Кроме роста промышленного потребления энергоносителей, развитие обслуживающей инфраструктуры вызывает увеличение потребления энергии вспомогательными отраслями: транспорт, связь, торговля, общественное питание, сервис. Не остается в стороне и бытовое потребление энергии, при сравнительно незначительных единичных мощностях, но большом количестве общее потребление внушительно. Дополнительные мощности на конкретном пищевом производстве могут быть получены именно за счет высвобождения и перераспределения энергии, но при главном условии не ухудшения качества конечного продукта. Помимо этого, снижение уровня рабочих температур позволяет сохранить некоторые полезные свойства пищевых продуктов, а для некоторых это является необходимым условием производства.

Все перечисленное справедливо в маслоэкстракционном производстве. Растительное масло – жир растительного происхождения один из важнейших пищевых продуктов, необходимых как основа для жизнедеятельности человеческого организма. Растительное масло употребляется в пищу как непосредственно, так и в виде компонентов или основы пищевых продуктов широкого спектра: майонезы, маргарины, спреда, кремы, кетчупы, соусы, рыбные и овощные консервы, салаты; используется в большом количестве в хлебопекарной и кондитерской промышленности. В ряде случаев растительные жиры не могут быть заменены никакими другими, в то время как сами растительные жиры могут с успехом заменять животные жиры, в особенности для диетического и лечебно-профилактического питания. Комбинация жирных кислот, фосфатиды, токоферолы, и другие необходимые человеку вещества, содержатся в нем в удобном для усвоения виде. Кроме того, растительное масло это сырье для производства глицерина, моющих средств, натуральных олиф и основа биотоплива.

В условиях резкого сокращения поголовья скота в России, расширение посевов масличных культур – более быстрый способ обеспечения страны продовольственными ресурсами. Одновременно с увеличением объемов производства растительных масел экстракционным способом, соответственно возрастает выработка другого продукта – шрота, ценнейшей белковой основы кормопроизводства. Все технологические операции в

производстве и переработке растительных масел связаны с интенсивным подводом или отводом теплоты, нагреваются и охлаждаются внушительные массы веществ – до нескольких тонн в час, так как агрегаты и установки имеют большую производительность. Учитывая масштабы производства и переработки растительных масел в стране, около 1,3 млн. т в год, экономия энергоресурсов является актуальной задачей, что на фоне ощущаемого в последнее время «энергетического голода» чрезвычайно важно, так как это обеспечивает конкурентоспособность получаемого продукта не только на внутреннем, но и на мировом рынке.

Большинство работ по совершенствованию процессов дистилляции в основном было направлено на создание высокоинтенсивных процессов удаления растворителя. Важнейшими вопросами являлись: повышение производительности установок и улучшение качества готового продукта – растительного масла. Проблемы энергосбережения решались в основном в плоскости снижения энергозатрат на нагрев и испарение растворителя. Снижение потерь растворителя в основном относилось к вопросам безопасности производства. Если подходить к вопросу рациональной организации производства с позиции снижения энергетической нагрузки на конденсаторы, то на первый план выходят следующие задачи:

- сбалансированность загрузки конденсаторов по ступеням
- использование теплоты отогнанных паров растворителя для нагрева
- снижение температуры отогнанных паров растворителя
- уменьшение расхода острого водяного пара
- снижения уровня рабочих температур.

Принципиально, различие процессов предварительной и окончательной дистилляции определяется тем, что в первом случае процесс ведут за счет кипения мисцеллы, а во втором случае испарением растворителя. Процесс удаления растворителя можно было бы вести простым выпариванием растворителя, но в таком случае, температуру ведения процесса пришлось бы увеличивать до 140-150°C и выше. Но это недопустимо, так как при таких температурах в масле происходят необратимые изменения. Ведение процесса таким образом, неприменимо. Поэтому прибегают к использованию острого пара, распылению и организации процесса в пленках /1/. Вопросы конденсации паров растворителя и смеси этих паров с водяным паром, как самостоятельного процесса достаточно хорошо освещены в литературе, например, в /2/. Постановка и решение поставленных задач принципиально отличается для предварительной и окончательной дистилляции. На предварительной стадии указанные задачи выполнимы при условии рационального построения технологических схем, применения отдельных вспомогательных элементов, а также изменения конструкций или режимных параметров внутри аппаратов. Накопленный опыт и достаточно основательная теоретическая база позволяют, воспользовавшись ими, компоновать объекты под поставленные конечные цели. Было проведено компьютерное моделирование процесса выпаривания в вертикальных трубах

на предмет определения эффективности «работы» трубы по длине, а также режима рециркуляции мисцеллы на первой ступени дистилляции с применением демпфирующей смесительной емкости. На предварительной стадии дистилляции применимо вторичное использование отогнанных паров растворителя, и интенсификация процесса отгонки растворителя в трубах дистиллятора. Это позволяет снизить температуру отходящих паров, за счет снижения уровня рабочих температур.

Для окончательной дистилляции остается перспективным использование прогрессивных методов распыления мисцеллы, особенно применением двухфазных паровых форсунок, ведения процессов в пленках и барботаже. Применение в различных комбинациях разработанных и опробованных элементов позволяет создавать широкий спектр оборудования. Эффективным является секционирование полости дистилляторов, для возможности ведения отдельных процессов при индивидуальных параметрах. Барботаж растительных масел освещен специалистами ориентировочно, данные носят приблизительный, рекомендательный характер. Практически отсутствуют удобные соотношения и корректные методики расчета.

Используя известные и новые разработки функционально-конструктивных элементов, предложены концепции построения аппаратов окончательной дистилляции мисцеллы. Для распылительной зоны предлагается использовать двухфазные форсунки, а для пленочной зоны – развитые поверхности с большим уклоном. Для построения моделей процесса на финишной операции – при барботаже необходимо получение дополнительной информации, в особенности по теплоотдаче и режимам движения двухфазной среды. В качестве инструмента исследований для данной области процессов был выбран эксперимент.

Прежде всего, было проведено практическое исследование коэффициентов теплоотдачи от греющей стенки к высококонцентрированной мисцелле, для концентраций 95-100%, включая масло.

В результате обработки опытных данных для растительного масла, предложено для расчетов коэффициента теплоотдачи следующее простое соотношение

$$\alpha = (0,26t_{жк} + 15)\delta t_{ст}^{(0,43-0,016t_{жк})} \quad (1)$$

где $\delta t_{ст}$ – температурный напор, разница между температурой стенки и температурой жидкости в объеме; $t_{жк}$ – температура жидкости в объеме, на удалении от стенки.

Были проведены опыты с мисцеллой. Для расчетов коэффициентов теплоотдачи высококонцентрированных мисцелл предлагается пользоваться следующей аппроксимирующей формулой.

$$\alpha = (0,2t_{жк} + 21,99)\delta t_{ст}^{(0,328-0,0002t_{жк})} \quad (2)$$

Для высококонцентрированных мисцелл были проведены серии экспериментов для различных концентраций, а именно для 95%, 97%, 98%,

100% (масло), температура жидкости поддерживалась 100°C. После обработки опытных данных получено следующее соотношение, которое с погрешностью $\pm 5\%$ описывает данные для перегревов до 30°C

$$\alpha = 44,03 \delta t_{cm}^{0,27} \quad (3)$$

Детальное изучение процесса барботажа, включая проведение экспериментов, позволило впервые предложить соотношения, связывающие, геометрические размеры пузырьков с геометрическими размерами отверстий. Кроме этого, удалось установить границы изменения режимов течения двухфазной среды при барботаже. Все это чрезвычайно важно для дополнения фундаментальных знаний в области гидродинамики и теплообмена, а для практических целей полученные соотношения позволяют рассчитывать и прогнозировать суммарную поверхность раздела фаз, задавать требуемый пузырьковый режим при барботаже, а как результат – значительно экономить перегретый водяной пар и снижать нагрузку на конденсаторы. Все вышперечисленное актуально с позиций не только теории, но и инженерных расчетов аппаратов для барботажа, в частности для определения такого параметра, как шаг отверстий барботера, в зависимости от физических свойств обрабатываемой среды.

На основе полученных данных были разработаны методики расчета тепловых режимов, осуществлены компоновки технологических схем и выбраны режимные параметры для процесса дистилляции. Реализация изложенного представлена также в работах /3,4/.

Полученные результаты с успехом могут быть использованы при создании оборудования и выборе технологических режимов таких энергоемких видов производств как дезодорация растительных масел, производство олиф и натуральных красителей. Данные могут быть полезны для конструкторов и проектировщиков, разрабатывающих оборудование для перекачки, хранения и транспортировки растительных масел. Предложенные методические подходы могут применяться и для других отраслей пищевой промышленности, в которых тепловой обработке подвергаются жидкие продукты и материалы.

Список литературы

1. Руководство по технологии получения и переработки растительных масел и жиров. Т. 6, Кн. 2, -Л.: ВНИИЖ, 1989. – с.182
2. Савус А.С., Крехтунов О.П., Быков Ю.В. К вопросу о конденсации в технологическом оборудовании маслоэкстракционного производства. Конденсация в горизонтальных и наклонных трубах. Масложировая промышленность. 1997 №1-2. с 23-28.

3. Ключкин В.В., Залетнев А.Ф., Круглий С.М., Хорлабадзе Г.О., Федоров В.А. Интенсификация тепло- и массообмена при нагревании и охлаждении растительного масла при различных режимах двухфазного течения. Вестник ВСЕРОССИЙСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА ЖИРОВ, №1. СПб.: ВНИИЖ. – 2003. с. 25-27.
4. Ключкин В.В., Залетнев А.Ф., Федоров А.В., Круглий С.М., Федоров В.А., Хорлабадзе Г.О. Модификация технологии дистилляции мисцеллы / Масложировая промышленность – 2004. № 1.-С. 42-43.