

**Д.И.Березюк, аспирант;**  
**В.А.Шуляк, кандидат технических наук**  
*Могилевский технологический институт*

УДК 621.557:664.002.35

## **Применение тепловых насосов в низкотемпературной технологии производства натуральных пищевых красителей**

*В статье приводится энергосберегающая схема производства натуральных свекольных красителей с применением тепловых насосов. Дается описание экономической системы теплохладоснабжения производства с применением холодильной и теплонасосной установки.*

Тепловые насосы (ТН) относятся к энергосберегающим системам, позволяющим снизить потребление невозполнимых природных топливных ресурсов и снизить техногенное тепловое загрязнение окружающей среды. В зарубежных индустриально развитых странах ТН широко распространены как в жилищно-коммунальном секторе, так и в промышленности. По оценкам специалистов, установленная мощность ТН к 2000 г. должна возрасти до 50–150

*The article gives an energy saving scheme of producing natural beet colours by using a heat pump method. It describes an economic system of heat and cool supply.*

млн. кВт [4]. В промышленности ТН используют в основном для сушки и выпаривания. Причем при существующем паритете цен на топливо и электроэнергию срок окупаемости составляет от 2 до 10 лет. Наиболее эффективно применение ТН на предприятиях со значительными тепловыми сбросами: пивзаводах, консервных заводах, химических предприятиях и т.д. Целесообразно также введение ТН в схему производства с холодильной установкой, например, в схему

низкотемпературной технологии производства натуральных пищевых красителей.

В настоящее время пищевые красители, применяемые в производстве ликеро-водочных, кондитерских изделий, молочных продуктов, по природе в основном синтетического происхождения и на рынок стран СНГ поставляются иностранными производителями. Их относительно высокая стоимость является сдерживающим фактором при производстве многих видов продовольственных товаров (йогуртов, цветного мороженого, напитков и т.д.). В то же время продукты питания с использованием искусственно синтезированных веществ вызывают недоверие у рядового потребителя, что обуславливает возрастающий интерес к натуральным пищевым красителям. Натуральные красители, как правило, кроме красящих веществ, содержат витамины, минеральные, белковые вещества, что позволяет использовать их как полноценную добавку, повышающую пищевую ценность продуктов.

Одним из наиболее доступных видов сырья для производства натуральных красителей является столовая (красная) свекла. Свекольные красители можно использовать для подкрашивания джемов, желе, конфитюров и других консервированных продуктов, содержащих в значительном количестве такие естественные консерванты, как сахар и органические кислоты. Кроме этого, свекольные красители можно использовать для формирования цвета продуктов, подлежащих употреблению сразу после изготовления или имеющих непродолжительный срок хранения.

В настоящее время наиболее распространенными являются технологические схемы производства свекольного красителя в виде водного концентрированного раствора [1,2]. Более предпочтительным является производство красителя в виде сухого порошка. Это позволяет снизить транспортные расходы, уменьшить складские площади, увеличить гарантийный срок хранения. Кроме этого, порошковые технологии позволяют производить прямую переработку сырья и исключить потери красящих веществ с выжимками.

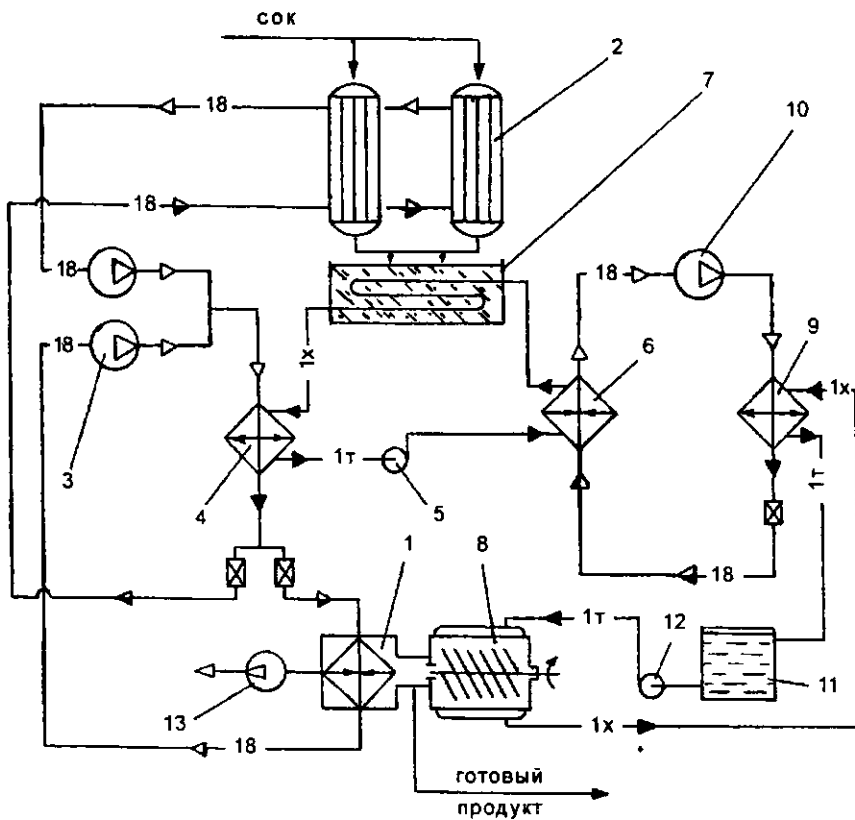
Учитывая недостатки существующих технологий, в Могилевском технологическом институте на кафедре теплохладотехники были разработаны технологические схемы для производства нескольких видов порошковых красителей из свеклы. Технологии предусматривают максимальное снижение энергоемкости производства, практически безотходную переработку сырья, получение растворимого красителя для прозрачных напитков и красящей пищевой добавки с 30–35%-ным содержанием тонкодисперсной нерастворимой фракции. Основные технологические операции включают: мойку, бланширование корнеплодов, измельчение, прессование. Сок подвергается фильтрации, выдержке, криоконцентрированию до содержания 38% сухих веществ и сублимационной сушке. Выжимки подвергаются вакуумной сушке и

криоизмельчению. Размер частиц нерастворимого вещества составляет 50–150 мкм, что гарантирует высокое качество при окрашивании пастообразных продуктов.

Качество готового красителя напрямую зависит от длительности процесса сушки и максимальной температуры нагрева продукта. При сублимационной сушке растительных продуктов сублимацией удаляется в среднем 60–70% влаги. Остальная влага, более прочно связанная с продуктом, удаляется при температурах, превышающих температуру сублимации льда при соответствующем вакууме. Чем выше энергия связи влаги с материалом, тем выше, при прочих равных условиях, конечная температура продукта. При сушке на противнях максимальная температура продукта может достигать 60°C и выше. Такое высокотемпературное воздействие отрицательно сказывается на качестве красителя. Кроме этого, концентрат свекольного сока из-за большого содержания сахаров и наличия желирующих веществ очень вязкий и обладает сильной адгезионной способностью к поверхности противня. Перечисленные особенности продукта потребовали разработки специального аппарата для механотермической обработки свекольного концентрата – вакуумной мельницы-сушилки роторного типа. В нем происходит сублимационная сушка свекольного сока с непрерывным интенсивным механическим воздействием на высушиваемый материал. Подвод теплоты сублимации осуществляется комбинированным способом. Предотвращение подтаивания сублимируемого льда достигается организованным отводом водяного пара непосредственно из зоны сублимации. Активное механическое воздействие роторного рабочего органа обеспечивает непрерывное обновление поверхности массоотдачи и предотвращает образование труднопроницаемого слоя на поверхности высушиваемого продукта. После окончания процесса сушки готовый продукт охлаждается до температуры -25–35°C жидким азотом и дезинтегрируется в течение 0,5–1 минуты. Жидкий азот впрыскивается непосредственно в рабочий объем мельницы-сушилки. Эта операция позволяет получить порошок однородной структуры и полностью очистить рабочий объем мельницы. Пакуется краситель в герметичную тару в среде азота.

Разработанные технологические схемы ориентированы в основном на небольшие и средние предприятия. Для производств мощностью 100, 500 и 1000 кг готового продукта в сутки подобрано технологическое и энергетическое оборудование. Наиболее энергоемкие процессы в разработанной технологии – это процессы сублимационной сушки и криоконцентрирования. Поэтому большое внимание уделено разработке систем теплохладоснабжения производства. Основные требования, учитываемые при разработке, – экономичность, экологическая безопасность, компактность, единая система энергоподвода.

Энергетическая установка завода мощностью 1000



- 1 – десублиматор сублимационной установки;
  - 2 – установка для криоконцентрирования;
  - 3 – компрессор холодильного контура;
  - 4 – конденсатор холодильного контура;
  - 5 – водяной насос;
  - 6 – испаритель теплонасосного контура;
  - 7 – бак-хладоаккумулятор;
  - 8 – сублиматор сублимационной установки;
  - 9 – конденсатор теплонасосного контура;
  - 10 – компрессор теплонасосной установки;
  - 11 – бак-теплоаккумулятор;
  - 12 – насос для теплоносителя;
  - 13 – вакуум-насос;
- трубопроводы:
- 1 – вода;
  - 18 – фреон.

Рис.1. Схема системы теплохладоснабжения производства натуральных свекольных красителей

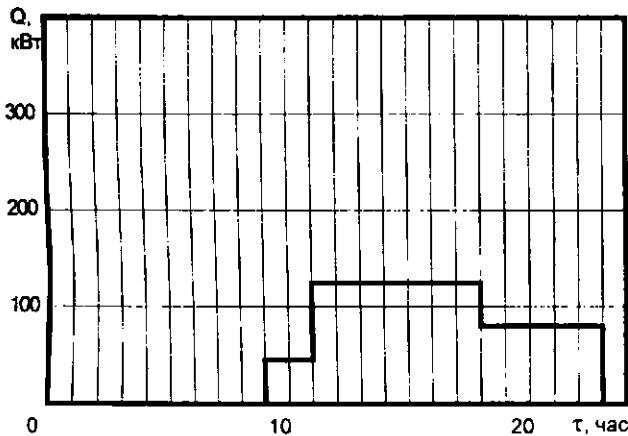


Рис.2. График суточной тепловой нагрузки на испарители холодильного контура

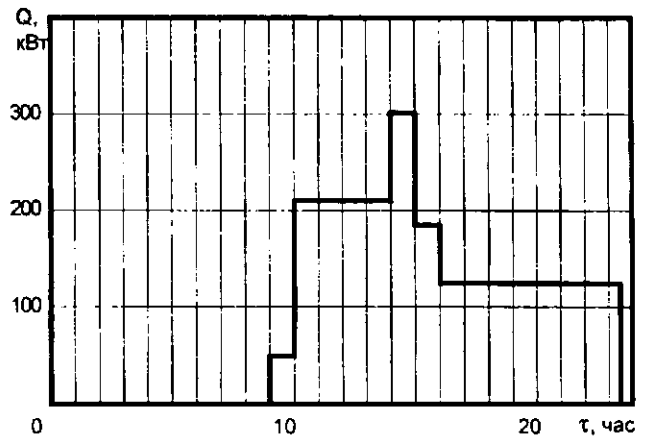


Рис.3. График суточной тепловой нагрузки на конденсатор теплонасосного контура

кг красителя в сутки для обеспечения производства теплотой и холодом включает холодильный и теплонасосный контуры. Схема установки представлена на рисунке 1. Холодильная установка обеспечивает два различных низкотемпературных уровня при работе на хладагенте R 22. Часть жидкого хладагента подается в десублиматор 1 сублимационной установки и кипит при температуре  $-35^{\circ}\text{C}$  за счет отвода теплоты десублимации водяного пара. Часть поступает в систему криоконцентрирования 2 и кипит при температуре до  $-25^{\circ}\text{C}$ . Пар хладагента сжимается компрессором 3 и поступает в кожухотрубный конденсатор 4.

В теплонасосном контуре циркулирует хладагент R 142b. Теплонасосный контур служит для подогрева оборотной технологической воды, используемой для теплоснабжения сублимационной установки и техпроцессов, до температуры  $65^{\circ}\text{C}$ . Температура конденсации в этом контуре составляет около  $70^{\circ}\text{C}$ .

Технологические и тепловые расчеты показали нецелесообразность использования элемента “конденсатор-испаритель”, обычно используемого в подобных каскадных схемах [3]. Неравномерность, несоответствие по величине и во времени нагрузки на холодильный и теплонасосный контур (рис.2,3) затрудняют эф-

эффективное использование конденсатора-испарителя. Тем не менее, температура конденсации хладагента поддерживается на уровне  $20^{\circ}\text{C}$  независимо от температуры окружающей среды. Хладагент R 22, циркулирующий в холодильном контуре, конденсируется в кожухотрубном конденсаторе 4 за счёт нагрева охлаждающей воды на  $3-4^{\circ}\text{C}$ . Охлаждающая вода насосом 5 подаётся в испаритель 6 теплонасосной ветви, где охлаждается в зависимости от технологических условий на  $1,5-4^{\circ}\text{C}$ . Окончательное охлаждение до температуры воды на входе в конденсатор происходит в теплообменнике бака-хладоаккумулятора 7. В баке-хладоаккумуляторе 7 накапливается лёд, замороженный из сока свеклы в процессе криоконцентрирования. Таким образом, теплота плавления льда используется на отвод части теплоты конденсации хладагента R 22, что позволяет снизить общую энергоёмкость схемы производства.

Как уже отмечалось выше, замораживание и сублимационная сушка концентрата, вакуумная сушка выжимок осуществляются в аппаратах (сублиматорах 8) роторного типа с комбинированным подводом теплоты, характеризующихся высокой интенсивностью процессов тепломассопереноса. Сочетание глубокого вакуума, создаваемого вакуумным насосом 13, с высокой интенсивностью процессов тепло-массопереноса позволяет эффективно использовать теплоноситель (воду) с относительно невысокой температурой  $65^{\circ}\text{C}$ . Подогрев технологической воды происходит в конденсаторе 9 теплонасосного контура за счёт конденсации пара фреона R 142b, поступающего из компрессора 10. Горячая вода накапливается в баке-теплоаккумуляторе 11 и затем насосом 12 подается теплопотребителям.

Такой режим работы позволяет эффективно эксплуатировать компрессорные установки. Так, теоретический холодильный коэффициент на температуре  $-35^{\circ}\text{C}$  составляет  $\epsilon=3,4$ , на температуре  $-25^{\circ}\text{C}$   $\epsilon=4,3$ , в теплонасосном контуре тепловой коэффициент  $\eta=4,2$ . Техничко-экономические расчеты показали целесообразность использования криоконцентрирования при

мощности производства 1000 кг красителя в сутки и выше. Поэтому из-за значительного увеличения доли капитальных затрат на оборудование криоконцентрирование в технологической схеме предприятий меньшей мощности заменено вакуум-сублимационной сушкой. В схему системы теплохладоснабжения внесены соответствующие изменения. При проектировании производства натуральных пищевых красителей как отдельного цеха в составе завода может быть произведено подключение к существующей холодильной установке и котельной.

Разработанная нами технологическая схема может использоваться как базовая для организации производства и других видов порошковой продукции, например, сухих соков и напитков, витаминных добавок, лекарственных препаратов и т.д.

На способ производства тонкодисперсных порошков из термолабильных пищевых продуктов и аппарат для сушки и измельчения подана заявка на изобретение.

Лиц, заинтересованных в сотрудничестве и получении дополнительной информации, просим обращаться по адресу: 212027, г. Могилев, пр. Шмидта, 3, Могилевский технологический институт, кафедра теплохладотехники.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баляян А.Р., Эгамбердиев Н.Б., Наралиева Б.Ф. Новый пищевой краситель для кондитерской и безалкогольной отраслей. // Пищевая промышленность. – 1994. – № 6. – С.14.
2. Выгодин В.А., Бабодей А.П., Иванов В.В. и др. Краситель из свеклы. // Молочная промышленность. – 1995. – № 1. – С.16.
3. Пархаладзе Э.Г., Ларьяновский С.Ю., Ольшамовский В.С. Совершенствование непрерывной холодильной цепи на основе малоотходной технологии переработки растительного сырья. // Холодильная техника. – 1992. – № 11–12. – С.13–14.
4. Чумак И.Г. и др. Холодильные установки. – М.: Агропромиздат, 1991. – 495 с.