

Новая технология получения концентрированного свекловичного сока

Логвин В. М. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой технологии сахара и водоподготовки;

Мирончук В.Г. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой технологического оборудования пищевых производств;

Национальный университет пищевых технологий.

Сидько В. И. – к.т.н., директор ЧП “Сахарные электрофизические технологии”.

Ныне все сахарные заводы работают по энергоемкой диффузионно-выпарной-известково-углекислотной технологии разработанной в позапрошлом веке. Удаления воды выпариванием является самыми энергоемкими (70-80%) процессом.

На Яготинском сахарном заводе, в производственном сезоне 2011 года, на лабораторной установке опробована технология удаления воды из сахарных растворов методом вымораживания. Она основана на том, что для превращения воды в пар (выпаривание) необходимо подвести 2252 кДж/кг тепла, а для превращения воды в лед (вымораживание) необходимо отнять 335 кДж/кг тепла. Т.е. затраты энергии на льдообразование в 6,7 раза меньше затрат энергии на парообразование.

Суть новой технологии заключается в свойствах водородных связей строить лед из молекул кислорода и водорода, отторгая другие примеси. К тому же сахаропродукты полярные и легко управляются электрополем. Комплексное использование электрофизических технологий и крио-методов предполагает ощутимый технологический

и экономический эффект.

Концентрированию вымораживанием до СВ = 35-39% подвергали диффузионный неочищенный и очищенный соки, а также сок двукратного прессования с электроплазмолизом предварительно замороженной свеклы. Далее концентрировали сушкой в псевдослое с вакуумом, а для досушивания до твердого сахара (в аморфном виде), использовали сублимационную сушку. На слайдах показана лабораторная установка и полученные сахаропродукты.

Дополнительные преимущества вымораживающей технологии: не используется известь; в жмыхе, концентрате сока и сахаропродуктах (сиропе и аморфном сахаре), сохраняются практически все биологически активные вещества сырья, а вода из клеток свеклы - аналог талой питьевой воды. Вне свеклосахарного сезона такое оборудование будет применено для безотходной переработки сорго, топинамбура, овощей, ягод, фруктов и т.п.

Сравним затраты энергии на удаление воды по выпарной и вымораживающей технологии в свеклосахарном производстве.

Затраты энергии на выпаривание. Известно, что на сахарном заводе для проведения технологических процессов на 100 кг свеклы расходуют ~ 50 кг греющего пара. Из них: на сгущение сока в выпарной установке около 40 кг; 5 кг на подогрев соков перед выпаркой, сиропа с клеровкой перед вакуум-аппаратами и сушкой сахара; 8-10% составляют потери. Коэффициент эффективности использования пара на многоступенчатой выпарной установке в среднем составляет 2,5.

В котельной на 50 кг пара будет затрачено (1 кг пара содержит 2721,4 кДж тепловой энергии) $50 \times (2721,4 - 110 \times 4,187) = 113041,5$ кДж теплоты, где 4,187 кДж - эквивалент 1 ккал. На получение электроэнергии (на переработку 100 т свеклы требуется 180 кВт электроэнергии) в турбине будет использовано ~ 13000 кДж тепловой энергии. Тогда общий расход тепла на 100 кг свеклы составит: $113041,5 + 13000 = 126,0415$ МДж. При КПД котла 0,7, сжигание 1 кг условного топлива с теплотворной способностью 29310 кДж, даст: $29310 \times 0,7 = 20517$ кДж теплоты. Следовательно, на переработку 100 кг свеклы будет затрачено: $126041,5 / 20517 = 6,14$ кг условного топлива. В перерасчете на газ $6,4 / 1,15 = 5,57$ м³. При нынешней цене на газ 3,5 грн за м³, это составит $5,57 \times 3,5 = 19,5$ грн на 100 кг свеклы, в том числе затраты на выпарку $19,5 \times 40 / 50 = 15,6$ грн на 100 кг свеклы.

Поскольку на сгущение сока в выпарной установке на 100 кг свеклы (или соответственно на 98,5 кг воды) расходуют 40 кг греющего пара, то на выпаривание 1000 кг воды расходуют $1000 \times 40 / 98,5 = 406,1$ кг пара. Это составляет $2721,4 \times 406,1 = 1105,1$ МДж тепловой энергии или (1 кВт*ч = 3,6 МДж тепла) = 306,9 кВт*ч или на деньги $1000 \times 15,6 / 98,5 = 158,5$ грн.

Затраты энергии на вымораживание. Метод теплообмена через охлаждаемую стенку довольно прост и давно отработан. Однако он низкоэффективен и имеет высокие удельные затраты энергии на вымораживание воды - 540 МДж/т.

Технология блочного вымораживания имеет энергетические затраты ~ 300 МДж/т. Ее достоинством является отсутствие системных потерь энергии во вспомогательных узлах; простота конструкций кристаллизатора и сепаратора; сделан переход от конструкций машинного принципа к аппаратному. Основной недостаток - заложен принцип работы периодического действия.

Вакуумный вымораживатель имеет затраты 40-45 МДж/т. Однако установка технически сложная, требует поддержки стабилизации вакуума порядка 420 Па.

Высокую термодинамическую эффективность имеют контактные вымораживатели работающие по двухступенчатому холодильному циклу. Это определяет их высокую энергетическую эффективность 27-32 МДж/т.

Сравним затраты энергии на удаление 1 тонны воды по выпарной и вымораживающей технологии в свеклосахарном производстве.

	Способ удаления воды	Затраты в МДж/т	Затраты в кВт*ч	Затраты, гривна
1	Выпаривание стандартное многокорпусное	1105,1	306,9	158,5
2	Вымораживание через стенку	540,0	~ 150,0	210,0
3	Блочное вымораживание	300,0	~ 85,0	119,0
4	Вакуумное вымораживание	40-45	~ 15,0	21,0
5	Контактный двухступенчатый холодильный цикл	27-32	~ 9,0	12,6

Установки по вымораживанию воды используют в основном электроэнергию (самый дорогой энергоноситель), то в деньгах при цене электроэнергии 1,4 грн/кВт затраты на вымораживание 1 т воды составят от 12,6 до 210 грн/т.