

Программой развития народного хозяйства страны на текущую пятилетку и перспективу предусматривается всемерное повышение комплексности переработки и улучшение использования сельскохозяйственного сырья. В этом отношении имеются значительные резервы более полного извлечения полезных компонентов, в частности пектина, при переработке яблок, citrusовых культур и сахарной свеклы.

Способность пектина вступать в реакции с тяжелыми металлами и их радиоактивными изотопами, образуя при этом нерастворимые соли, не усваиваемые живым организмом, позволяет широко использовать его в производстве продуктов диетического и лечебного питания.

Пектин экстрагируют из пектинсодержащего сырья, подвергая его кислотному или ферментативному гидролизу. Выделение пектина из экстракта осуществляют осаждением его этанолом.

В каждой тонне производимого товарного пектина в зависимости от вида сырья и принятой технологии по технологической цепочке должно циркулировать до 100 т этанола. При осаждении и промывке пектина этанол разбавляется от 90-96 объемной доли,%, до концентрации 55-65 объемной доли,%. Разбавленный этанол подвергается регенерации в ректификационных установках и повторно используется в производстве. На регенерацию I для этанола расходуется до 20 кг греющего пара и значительное количество охлаждающей воды. Неправильное аппаратное оформление и ведение процесса регенерации может приводить к большим потерям этанола.

Процесс регенерации этанола может быть осуществлен в установке, схема которой показана на рис.1.

Поступающая на регенерацию питающая жидкость А через ротаметр I подается в нижнюю секцию дефлегматора 3, где нагревается до температуры 66-70 °С за счет теплоты конденсации пара, поступающего из верхней части колонны 2. Затем питающая жидкость нагревается до температуры, близкой к температуре на тарелке питания (82-83 °С), в теплообменнике 9, использующем теплоту отходящей из колонны кубовой жидкости и подается в колонну, которая работает по принципу ректификационной.

В верхней секции, дефлегматоре 4 и конденсаторе 5, охлаждаемых водой, конденсируется оставшаяся часть пара, поступающего из колонны.

Для улавливания спиртового пара, увлекаемого неконденсируемыми газами, служит спиртововушка 6, сообщенная с атмосферой.

Конденсат водно-спиртового пара, нижней и верхней секций делится на две части: одна часть - флегма - возвращается на верхнюю тарелку колонны, а оставшаяся часть отбирается в виде готового продукта - дистиллята.

Дистиллят через ротаметр 8 подается в холодильник 7, а затем в спиртоприемное отделение.

Охлаждающая вода из коллектора последовательно проходит через холодильник 7, конденсатор 5 и спиртоловушку 6 в верхнюю секцию дефлегматора 4. Нагретая вода отводится на технологические нужды или в систему оборотного водоснабжения.

Для обогрева колонны используется пар давлением 0,3 - 0,4 МПа. Для закрытого обогрева колонна оснащается испарителем 10. Избыточное давление в нижней части колонны составляет 0,025 - 0,035 МПа, в верхней части - до 0,010 МПа.

В течение одного производственного цикла (включая регенерацию) теряется до 1 % этанола. Таким образом, этанол в среднем проходит 100 циклов технологического процесса, в результате которых происходит накопление в нем примесей.

В таблице представлены результаты исследования накопления примесей в процессе многократного использования технического этанола при выработке пектина из цитрусового сырья.

Таблица

Содержание примесей в техническом и многократно регенерируемом этаноле при выработке цитрусового пектина

Исходный этанол		Многократно регенерируемый этанол	
Наименование примеси	Массовое содержание примеси, %	Наименование примеси	Массовое содержание примеси, %
Метанол	0,02-0,09	Метанол	0,13-0,15
Этилацетат	0,004-0,005	Этилацетат	0,04-0,05
Уксусный альдегид	не обнаружен	Уксусный альдегид	0,01-0,012
Ацетон	" "	Ацетон	0,02-0,022

Накопление примесей в указанных в таблице количествах не приводит к заметному влиянию на качество вырабатываемого пектина. Поэтому нет необходимости при регенерации этанола устанавливать дополнительное оборудование для отделения этих примесей.

Особенность поступающей на регенерацию водно-спиртовой

смеси является ее коррозионная агрессивность и наличие в ней взвешенных частиц и растворенных органических и неорганических веществ, способных образовать отложение на поверхности контактных устройств. Вследствие совокупного воздействия агрессивной среды, повышенного давления, вибрационных воздействий барботажного слоя и выпадения осадка тарелки колонны подвергаются ускоренному износу.

В целях предотвращения быстрого засорения колонны рекомендуется использовать контактные устройства, в которых, во-первых, зазоры между контактными элементами достаточно велики и не так быстро забиваются, во-вторых, нет застойных зон, где могли бы осаждаться взвеси.

Целесообразно испытать колонну с регулярными (пленочными) насадками. На контактных поверхностях регулярных листовых насадок, как правило, нет застойных зон, где могли бы осаждаться взвешенные частицы. Колонны с регулярными насадками имеют низкое гидравлическое сопротивление и могут быть применены для регенерации этанола в условиях разрежения с использованием в качестве теплоносителя вторичного водяного пара с более низким энергетическим потенциалом.

При одинаковом диаметре колонны с регулярными насадками имеют примерно на четверть большую высоту и в 3-4 раза большую производительность [4], чем тарельчатые колонны. Учитывая, что на регенерацию этанола, затрачиваемого на выработку 1 т пектина в сутки, требуется установка 4-6 колонн с колпачковыми тарелками диаметром около 1600 мм, замена колонн на пленочные позволила бы обойтись тремя колоннами, имея две рабочие колонны и одну резервную.

При заданной концентрации подаваемой в колонку питающей жидкости расход пара на регенерацию спиртоводной смеси, в основном, зависит от концентрации получаемого дистиллята и режима работы колонны (флегмового числа). Чем выше концентрация получаемого дистиллята, тем больше греющего пара требуется на регенерацию одного декалитра этанола в пересчете на безводный. Теоретический удельный расход пара на декалитр дистиллята мож-

но определять по формуле

$$D = 10^{-2} \frac{M_1}{M_2} (V+1) \rho \quad \text{кг/даг} \quad (I)$$

где  $M_1$  и  $M_2$  - молекулярные массы воды и дистиллята, кг/моль;

$V$  - флегмовое число;

$\rho$  - плотность дистиллята, кг/м<sup>3</sup>.

Результаты выполненных по приведенной формуле расчетов удельного расхода греющего пара в зависимости от концентрации дистиллята при работе колонны с различными флегмовыми числами и одинаковой концентрации исходной массовой доли смеси, равной 50 %, приведены на рис. 2.

Из рис. 2, видно, что при увеличении объемной доли дистиллята от 88 до 96 % удельный расход пара на регенерацию одного декалитра этанола возрастает на 6-7,5 - 20 кг. Чем больше число тарелок в колонне, тем ниже удельный расход пара.

Снизить удельный расход пара можно уменьшением концентрации части колонны. Последнее обстоятельство нежелательно, поскольку приводит к возрастанию высоты колонн, их удорожанию и затруднению обслуживания. Поэтому целесообразно идти по пути снижения концентрации дистиллята. Согласно рис. 2 при числе тарелок

$n = 15$  снижение концентрации дистиллята от 94 до 90 объемных долей, %, сопровождается уменьшением удельного расхода пара от 11 до 6,6 кг на декалитр дистиллята.

На рис. 3 показано изменение стоимости греющего пара, расходуемого на регенерацию этанола, требуемого для осаждения 1 т пектина из экстракта в зависимости от концентрации дистиллята. Расход дистиллята  $A'$ , требуемого для осаждения 1 т пектина, определяли по формуле

$$A' = A \frac{100}{C_2} \quad (2)$$

где  $C_2$  - концентрация пектина в экстракте;

$$A = \frac{X_{II}}{X_{II} - X_{сн}} \quad (3)$$

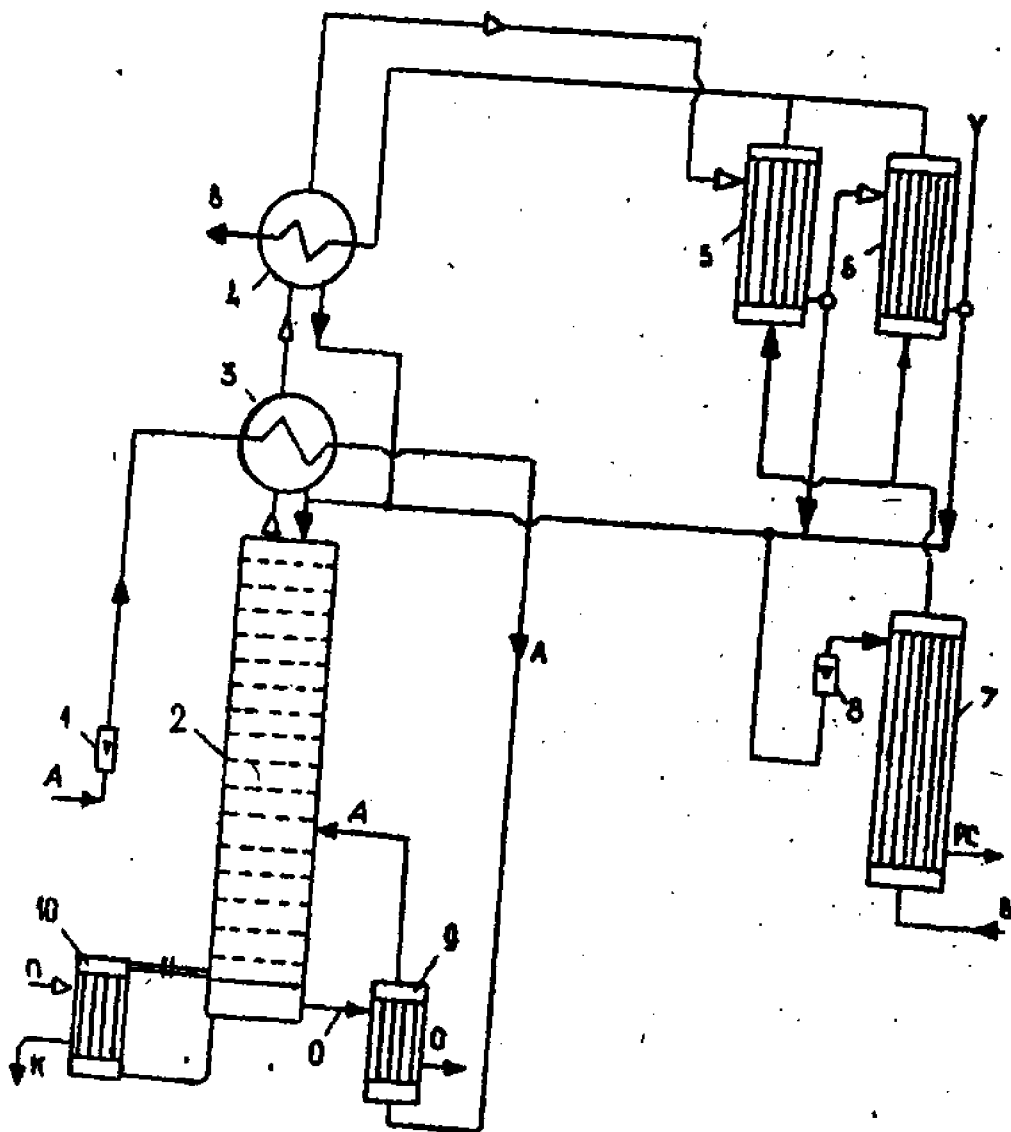


Рис. I. Технологическая схема для регенерации этанола:  
 1, 8 - ротаметры; 2 - колонна; 3 - подогреватель; нижняя  
 секция дефлегматора; 4 - дефлегматор; 5 - конденсатор;  
 6 - спиртоловушка; 7 - холодильник; 9 - теплообменник;  
 10 - испаритель; А - питающая жидкость; В - вода охлаждающая; К - конденсат; П - пар; 0 - кубовый остаток;  
 РС - регенерированный спирт

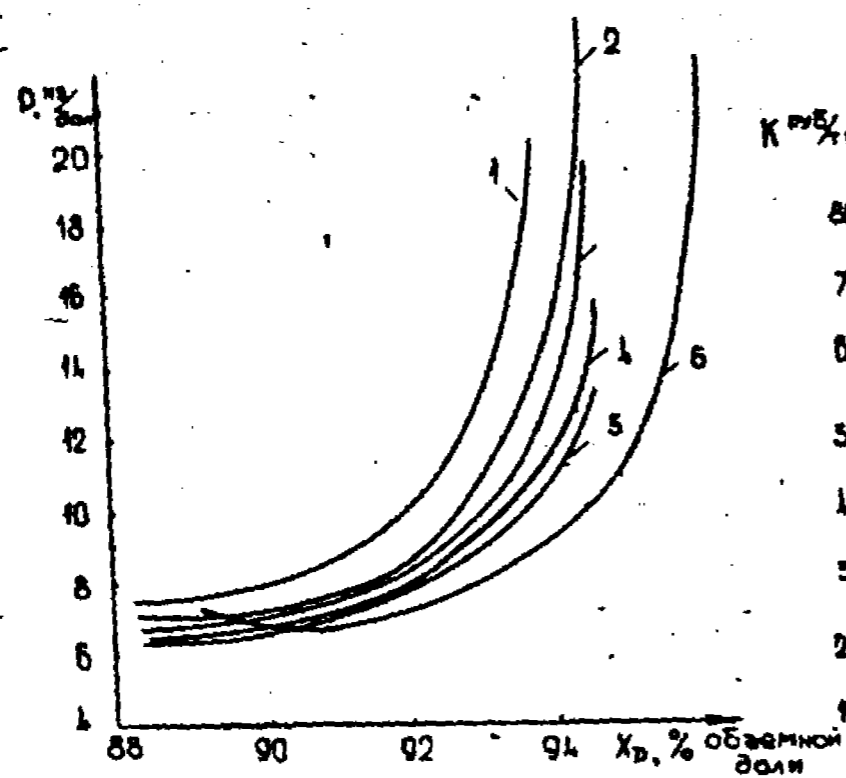


Рис.2. Расход пара  $D$  в зависимости от концентрации  $X_D$  дистиллята при различном количестве теоретических тарелок  $n$  в центрирующей части колонны: 1-6; 2-8; 3-10; 4-13; 5-15; 6-20 теоретических тарелок.

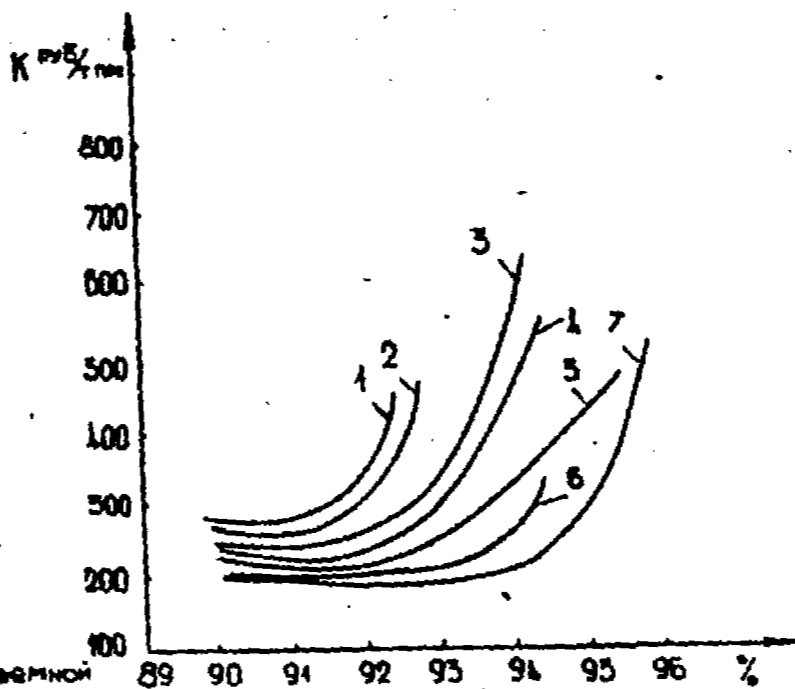


Рис.3. Затраты на греющий пар  $K$  руб./т пектина при регенерации водно-спиртового раствора в производстве пектина: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 - затраты на регенерацию при  $n = 5, 6, 8, 10, 17, 15, 20$  теоретических тарелках.

Принимая массовую долю  $X_n = 50 \%$ ,  $C_s = 2 \%$ , стоимость водяного пара—4 руб./т. Задаваясь разными концентрациями дистиллята, строим зависимости (рис.3). Из рис. 3, следует, что при объемной доли этанола 90-91 % затраты на пар для регенерации этанола минимальны и составляют 190-200 руб. на 1 т пектина.

При увеличении объемной доли дистиллята до 96 % затраты на пар возрастают до 500 руб./т, что приводит к удорожанию пектина.

#### Л и т е р а т у р а

1. НИКОЛАЕВ А.П. Оптимальное проектирование и эксплуатация брагоректификационных установок.— М.: Пищ.пром-сть, 1975.— 183 с.

2. ЦЫГАНКОВ П.С. Ректификационные установки спиртовой промышленности.— М.: Лесная и пищ.пром-сть, 1984.— 336 с.

3. КРАСНОПОЛЬСКИЙ Н.И. Анализ разрушения тарелок бражных колонн брагоректификационных аппаратов. /Республ. межведом. науч.-техн. сб.: Пищ.пром-сть, 1987.— Вып. 33.— С. 98-99.

4. МАРЦЕНЮК А.С. Регулярные перфорированные насадки и их использование в спиртовой промышленности //Изв. вузов СССР. Пищевая технология. Краснодар.— 1986.— № 6.— С. 73-77.