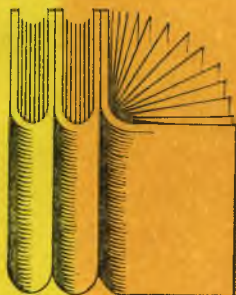


МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО
И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

УЧЕБНО -
МЕТОДИЧЕСКИЙ
КАБИНЕТ
ПО ВЫСШЕМУ
ОБРАЗОВАНИЮ

СБОРНИК
НАУЧНЫХ
ТРУДОВ



**ТЕПЛО- И МАССООБМЕННЫЕ
ПРОЦЕССЫ
В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

КИЕВ

1990

3. Силин П.М. Технология сахара. - М.: Пищепромиздат, 1967. - 624 с.
4. Лысянский В.М., Гребенюк С.М. Экстрагирование в пищевой промышленности. - М.: Агропромиздат, 1987. - 188 с.
5. Способ интенсификации теплообменных процессов в диффузионных установках колонного типа / Н.Н.Пушанко, В.Р.Кухар, А.А.Серегин и др. // Пищ. пром-сть. - 1978. - № 1. - С. 42-44.
6. О нагреве сокоотрующей смеси в диффузионных аппаратах типа *Дд 5* / В.М.Лысянский, А.М.Сегай, В.А.Матвиенко и др. // Пищ. пром-сть, 1984. - С. 23-25.
7. Погорелова Н.В. Исследование массообмена в ротационных аппаратах и разработка методов повышения эффективности экстрагирования в них: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - К., 1978. - 24 с.
8. Тепловая и химическая обработка свекловичной стружки сульфатом алюминия в наклонных двухшнековых аппаратах / Ю.Б.Навроцкий, А.А.Липец, А.Я.Романюк и др. // Пищ. пром-сть, -1986. - № 3. - С. 25-27.
9. Работа диффузионного аппарата А1-ПДС-20 с предварительным нагревом стружки / И.А.Олейник, В.В.Манк, А.В.Садыч и др. // Сахарная пром-сть. - 1987. - № 1. - С. 30-32.
10. Дронов С.Ф. Динамическая теория извлечения сахара из свеклы диффузионным методом. - М.: Пищепромиздат, 1952. - 100 с.
11. Карташов А.К., Коваль Е.Т. Реакция свекловичной ткани на различные воздействия // Сахар.пром-сть. - 1955. - № 2. - С. 12-15.
12. Шнайдер Р. Непрерывнодействующие диффузионные установки // *Zucker*. - 1955. - № 4. - С. 595-598.

УДК 664.1.035.1

А.А.Серегин, С.А.Балакан, С.В.Рогальский

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА В ОПАРИВАТЕЛЕ

Проблема совершенствования технологических процессов экстрагирования сахара из свеклы, модернизация существующей и создание для этих целей новой высокоэффективной аппаратуры тесно связана с вопросом предварительной подготовки сырья для осуществления процесса экстрагирования.

В настоящее время известен ряд методов предварительного воздействия на сырье: физический, химический, электромагнитный и др. Однако в современных диффузионных установках применяются в основном аппараты для предварительной обработки сырья, использующие принцип теплового воздействия. В качестве теплового агента в них используется либо пар (непосредственный контакт со свекловичной стружкой) либо нагретый диффузионный сок.

При разработке оптимальной конструкции аппаратов для предварительной тепловой обработки стружки (ошпаривателей) исходят, как правило, из того, что должен быть обеспечен режим противоточного движения фаз, обуславливающий повышение концентрации экстрагента при соответствующем распределении потоков греющего сока. Однако анализ процесса предварительной тепловой обработки свекловичной стружки показывает, что в типовых ошпаривателях существенно нарушается противоток и, следовательно, необходимый тепловой режим. Это приводит к ухудшению показателей работы всей диффузионной установки в целом и не обеспечивает требуемой производительности по свекле.

Сотрудниками кафедры теплообмена в пищевой промышленности на протяжении ряда лет проводилась комплексная научно-исследовательская работа по совершенствованию процесса экстрагирования, интенсификации теплообмена диффузионной установки, включающей ошпариватель ОС-25/30 и колонный диффузионный аппарат КДА-30-66 с модернизированной транспортной системой по [1].

В результате указанной модернизации за счет упорядочения подачи, транспортировки и выгрузки сырья удалось увеличить производительность колонного диффузионного аппарата на 10-15% и довести ее до паспортной. Однако препятствием на пути дальнейшего увеличения эффективности диффузионной установки является неудовлетворительная подготовка (тепловая обработка) сырья, осуществляемая в ошпаривателях типа ОС.

Практика эксплуатации типовых ошпаривателей ОС показывает, что в существующей конструкции, особенно при достижении нормативной производительности, тепловая обработка осуществляется при медленном росте температуры стружки и не позволяет достигать достаточно высоких значений степени проницаемости сырья. При этом период времени, превышающий 10...15 мин, уже не может быть отнесен к предварительному тепловому воздействию (ошпариванию) [2].

Интенсивность процесса теплообмена в головной части наклонных двухшнековых экстракторов типа ДДС (на соответствующем участке

по времени процесса) выше, чем в ошпаривателях колонных экстракционных установок. Хотя назначение ошпаривателей – интенсивный нагрев сырья, а в шнековых экстракторах нет специально выделенного устройства, предназначенного для проведения тепловой обработки [3]. Такое положение – следствие различных условий противоточного взаимодействия фаз, а также условий гидродинамики в наклонных экстракторах и ошпаривателях колонных аппаратов.

Целью проведенных авторами исследований было выявление факторов, препятствующих росту эффективности работы диффузионной установки после модернизации. Задача сводилась к исследованию гидродинамики в ошпаривателе и определению условий интенсификации теплообмена.

Для исследования движения фазовых потоков в различных режимах тепловой обработки нами была создана следующая методика с использованием установки, включающей ошпариватель ОС-25/30 (рис. 1).

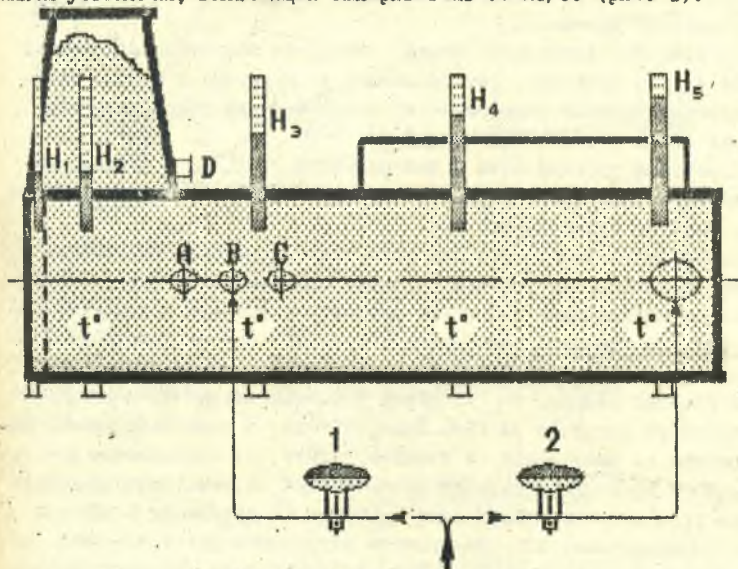


Рис. 1. Схема установки

По длине ошпаривателя в пяти точках устанавливались мерные трубки, с помощью которых определялся уровень сока в каждом из пяти сечений аппарата (H_1, H_2, H_3, H_4, H_5). В первом сечении измерялся уровень

сока в соковой камере аппарата (за торцевым ситом). Остальные места установки мерных трубок располагались на расстоянии соответственно 0,20, 2,40, 4,80, 7,50 м от торцевого сита. Распределение сока башенного потока (после подогревателей) регулировалось клапанами 1 и 2, а также вентилями А, В, С и Д.

Потоки перераспределялись клапанами 1 и 2. При этом фиксировались значения высоты уровня сока в каждом из пяти сечений аппарата. Опыты проводились на разных режимах. Сопротивление движению потока сока в ошпаривателе (по уровням) определялось в зависимости от удельного наполнения твердой фазой (свекловичной стружкой). Изменение уровней сока в ошпаривателе фиксировалось относительно уровня, соответствующего верхней точке торцевого сита.

Для изучения теплового режима одновременно записывались значения температур сокостружечной смеси в пяти сечениях аппарата. Производился отбор сока и стружки по длине ошпаривателя для изучения экстракционных кривых.

Во всех без исключения опытах обнаружен значительный перепад уровней сока в сечениях, расположенных у загрузочной шахты. Наличие перепада уровней характеризует сопротивление относительному движению фаз и условия фильтрации.

Изменение уровней сока в ошпаривателе ОС-25/30 в зависимости от удельного наполнения стружкой при подводе сока башенного потока в зону мешалки иллюстрирует рис. 2,а.

Из графиков видно, что при увеличении удельного наполнения возрастает общий перепад уровней по длине ошпаривателя. Так, в опыте с удельным наполнением 720 кг/м^3 разность в уровнях составляет 1 м, тогда как при удельном наполнении 570 кг/м^3 она не превышает 0,25 м. Горизонтальная линия на каждой кривой (равенство значений уровня сока в соковой камере H_1 и перед торцевым ситом H_2) указывает на отсутствие нагрузки на сита ошпаривателя. В зоне загрузочной шахты аппарата на расстоянии от торцевого сита, не превышающем 2,4 м, наблюдается наибольший перепад уровней сока, о чем свидетельствует больший угол наклона прямой этого участка по сравнению с другими зонами ошпаривателя. Это объясняется ухудшением фильтрационных способностей слоя свекловичной стружки в данной зоне аппарата (уплотнением массы стружки).

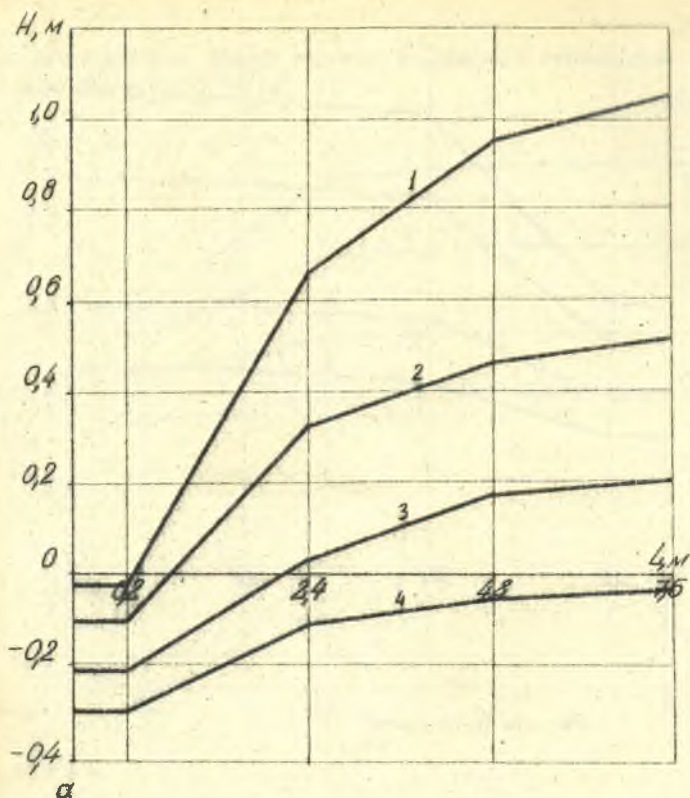
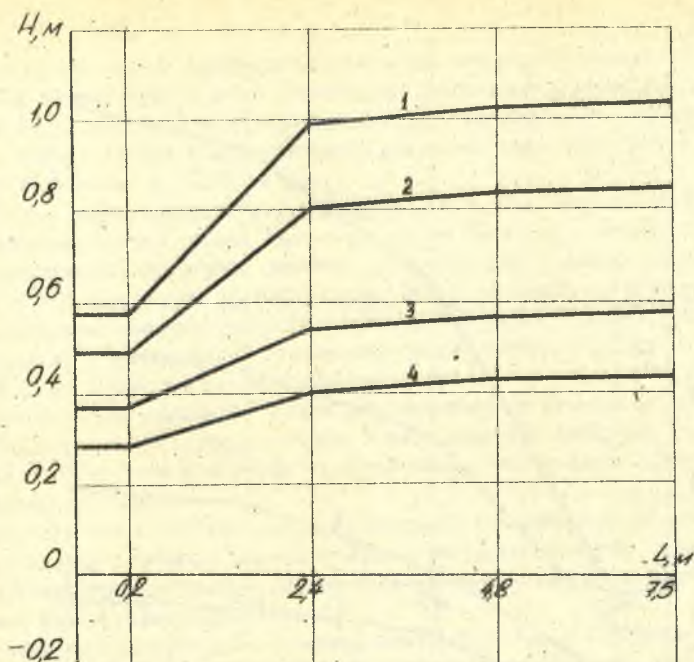


Рис. 2. Изменение уровней сока в ошпаривателе ОС-25/30 в зависимости от удельного наполнения стружкой:
 1 - 720 кг/м³; 2 - 660 кг/м³; 3 - 610 кг/м³;
 4 - 570 кг/м³

при подводе сока башенного потока в зону мешалки (а);
 одновременно в зону мешалки и теплообменную часть (б);
 в теплообменную часть (в)

Если сок башенного потока распределяется клапанами 1 и 2 одновременно в зону мешалки и в теплообменную часть (рис. 2, б), то общий перепад уровней снижается по длине ошпаривателя до 0,4 м. Однако и в этом случае в аналогичной зоне отмечается ухудшение фильтрации слоя свежесваренной стружки.



б

Рис. 2. Продолжение

Данные опытов (рис. 2, в), проведенных при подводе всего сока башенного потока в теплообменную часть, свидетельствует также о наличии уплотненной зоны в головной части ошпаривателя, хотя общая разность уровней по длине аппарата в каждом опыте меньше, чем при ином распределении сока башенного потока в предыдущих случаях.

Полученные данные подтверждают расчеты процесса теплообмена в ошпаривателях типа ОС, проведенные в [3]. Установлено, что в противоточной части коэффициент теплоотдачи от сока к свекловичной стружке α изменяется от 14,5 до 0,6...1 Вт/(м²·К). Это связано с неудовлетворительной гидродинамической обстановкой в ошпаривателях при работе с производительностью, составляющей 80 и более процентов номинальной. В зоне мешалки ошпаривателя, где происходит противоточ-

ное взаимодействие сока и стружки, коэффициент теплоотдачи α резко возрастает до $59 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

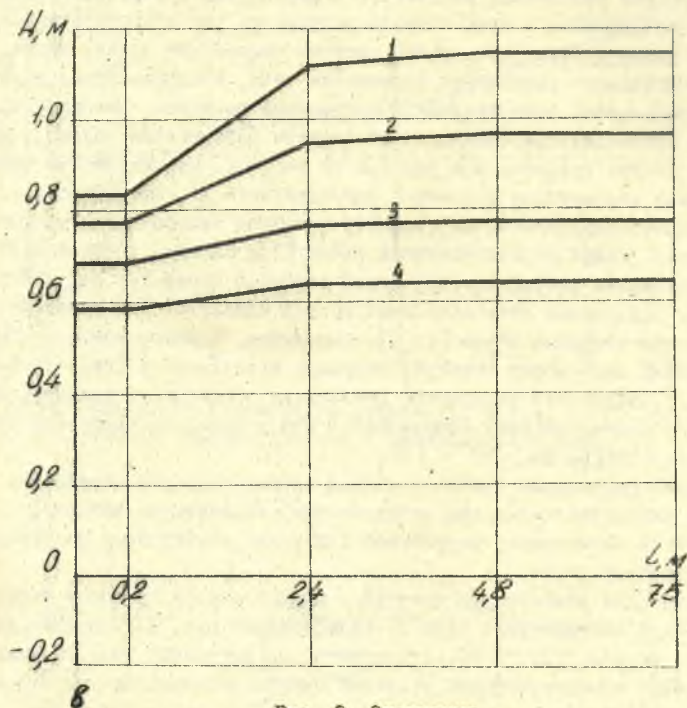


Рис. 2. Окончание

Таким образом, проведенные исследования гидродинамики ошпаривателей типа ОС выявили возникновение значительного сопротивления движению сока в направлении к торцевому ситу. Анализ данных, полученных при изучении сопротивления движению сока, показывает, что при работе с максимальной производительностью удельное наполнение объема аппарата стружкой возрастает до $700 \text{ кг}/\text{м}^3$, возникает большой перепад давлений по длине ошпаривателя (10^4 Па) и значительно снижается количество откачиваемого сока. Это свидетельствует о том, что процесс противотока протекает неудовлетворительно.

В таких условиях свежескошенная стружка поступает в диффузионный аппарат недостаточно подготовленной к экстрагированию (имеет низ-

кий коэффициент степени проницаемости). Улучшение гидродинамической обстановки в ошпаривателе и повышение температуры сокоотрующей смеси требуют увеличения количества циркулирующего сока (600–700% и выше), что вызывает в свою очередь перегрузку сит колонного аппарата. В связи с этим здесь более уместен дискретный подвод тепла без значительного увеличения количества сока, отбираемого из колонны.

В результате лабораторных исследований показано, что наибольшая степень проницаемости свекловичной стружки достигается только в начальной стадии процесса при быстром ее нагреве. При медленном нагреве стружки максимально возможная проницаемость не достигается, что отрицательно сказывается на скорости процесса экстракции и полноте извлечения сахара из свекловичной ткани [2]. Поэтому в последнее время появились работы по скоростной тепловой обработке стружки паром [3]. Предложено несколько конструкций аппаратов для ошпаривания стружки открытым паром [4; 5]. Они имеют, однако, существенный недостаток: происходит перегрев наружных поверхностей свекловичной ткани и в результате ухудшаются показатели процесса экстракции. Это вынуждает исследователей использовать пар только для подогрева стружки до температуры 55...60 °C [7].

Более рационален комбинированный способ тепловой обработки: стружка ошпаривается жидким экстрагентом, температура которого поддерживается максимально допустимой благодаря контактному подогреву его насыщенным паром.

Изменение температуры твердой и жидкой фаз в процессе термобработки в ошпаривателе типа ОС иллюстрирует рис. 3. Температура стружки, равная 70...72 °C, достигается по истечении 15...20 мин.

График комбинированной тепловой обработки свекловичной стружки показан на рис. 4.

Принципиальное отличие предлагаемого способа тепловой обработки заключается в том, что при нагревании диффузионного сока паром градиент температур между соком и стружкой значительно больше, температура стружки резко повышается, а температуру первичного теплоносителя – диффузионного сока можно поддерживать максимально допустимой, поскольку сок пополняет запасы тепла за счет вторичного теплоносителя (например, насыщенного пара). В этом случае значительно снижается время нагрева сырья и общее время тепловой обработки.

Кроме того, непосредственный контакт пара и сока дает возможность улучшить качество последнего, способствуя осаждению растворенных вредных веществ [8].

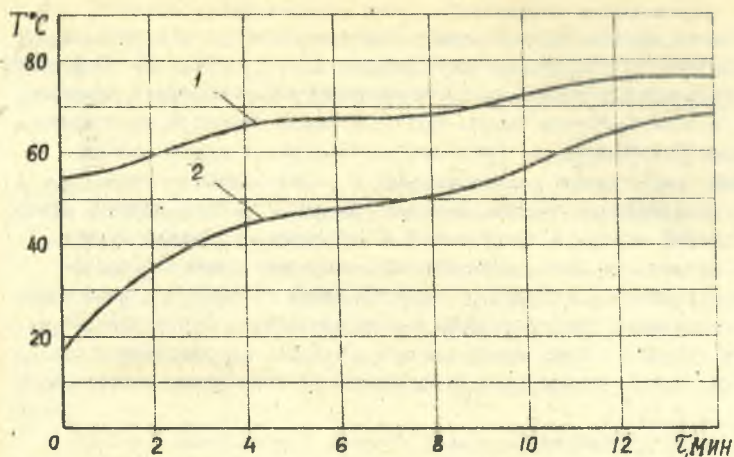


Рис. 3. Изменение температуры жидкой (1) и твердой (2) фаз в процессе термообработки в ошпаривателях типа ОС

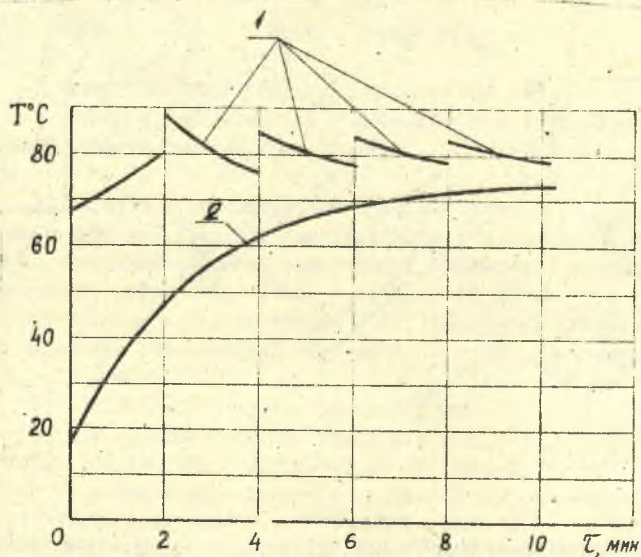


Рис. 4. Процесс комбинированной тепловой обработки: изменение температуры жидкой (1) и твердой (2) фаз

Учитывая незначительное время теплоотдачи от сока к стружке, можно работать на повышенных температурах (порядка 80...85 °С и выше) в зоне наибольшей разности температур диффузионного сока и стружки, а именно в зоне загрузки сырья. При этом время тепловой обработки минимально: 5...7 мин.

Схема конструкции ошпаривателя 8, в котором осуществлен предлагаемый способ, показана на рис. 5. Ошпариватель представляет собой корпус с загрузочной и выгрузочной шахтами, внутри которого расположен шнек. Шнек охвачен цилиндрической перфорированной поверхностью, которая в головной части соединена с перфорированными стенками загрузочной шахты ошпаривателя. Это исключает попадание стружки в зону между ситом и корпусом предлагаемого устройства, и она находится в соке как бы во взвешенном состоянии.

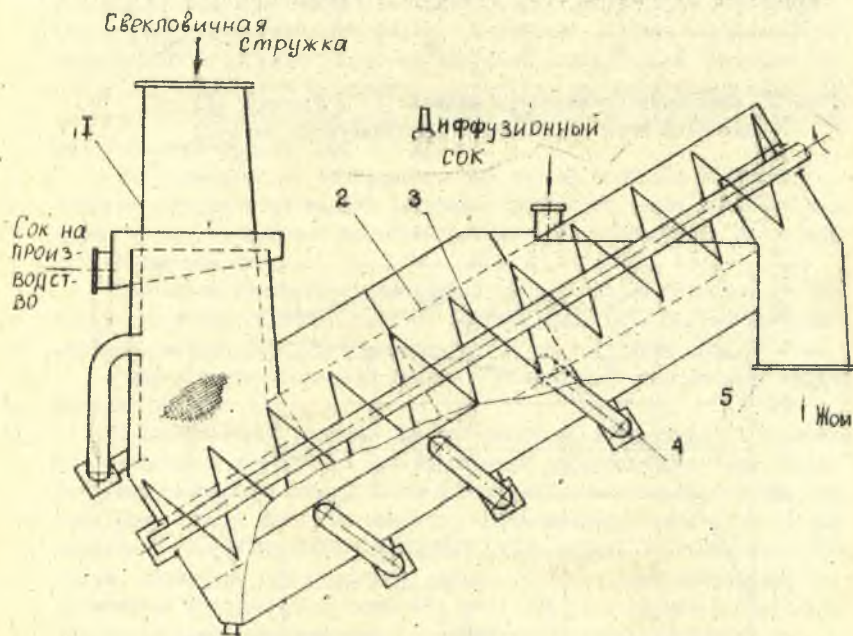


Рис. 5. Ошпариватель свеколовичной стружки: 1 - загрузочная шахта; 2 - цилиндрическая перфорированная поверхность; 3 - шнек; 4 - паровой эжектор; 5 - выгрузочная шахта

В этом случае уменьшается измельчение стружки, улучшаются качественные показатели диффузионного сока, облегчается отбор сока в любой точке аппарата. Ошпариватель имеет перегородки, соединяющие цилиндрическую часть ситовой поверхности и корпус. При этом образуются секции, имеющие патрубки для отбора сока из аппарата и ввода нагретого сока.

Данные секции позволяют осуществлять дополнительный ввод тепла в ошпариватель и обеспечить с помощью сдвига точки ввода тепла от точки отбора сока из ошпаривателя противоточное движение экстрагента и сокостружечной смеси.

В ошпаривателе данного типа значительно сокращается время нагрева стружки до 60 °С и общее время тепловой обработки, улучшается гидродинамическая обстановка в нем. Это позволит снизить потери сахара в жоме при прежнем времени экстрагирования и даст возможность увеличить производительность существующих диффузионных установок.

Использование такого способа дискретного подвода тепловой энергии обеспечит возможность создания экстракционных установок большей единичной мощности с оптимальными технико-экономическими показателями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 1209718 / Оpubл. 00.00.86; Бюл. № 5.
2. Кухар Н.С., Липец А.А., Лысянский В.М. Предварительная тепловая обработка свекловичной стружки. - М.: ЦНИИТЭпищепромиздат, 1974.
3. Сегай А.М. Исследование процесса тепло-массообмена в типовых промышленных экстракторах свеклосахарного производства с целью создания высокоэффективного экстрактора секционного типа: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - К., 1986. - 24 с.
4. Пушанко Н.Н., Коваленко Б.Д., Дмитраш А.С. Скоростная тепловая обработка свекловичной стружки // Сахарная пром-сть. - 1978. - № 1. - С. 7-10.
5. А.с. 543675 / Оpubл. 00.00.77; Бюл. № 3.
6. А.с. 806755 / Оpubл. 00.00.81; Бюл. № 7.
7. А.с. 1057540 / Оpubл. 00.00.83; Бюл. № 44.
8. О термической обработке соков / З.Д.Журавлева, А.Р.Сапронов и др. // Сахарная пром-ть. - 1979. - № 3. - С. 8-10.
9. А.с. 962307 / Оpubл. 00.00.82; Бюл. № 36.