

РГАСНТИ 65.37.29



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЛАНОВЫЙ КОМИТЕТ  
УКРАИНСКОЙ ССР  
УКРАИНСКИЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ  
И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
(УкрНИИТИ)

**НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
КОНСТРУКЦИИ  
КОЛОННЫХ ДИФфуЗИОННЫХ УСТАНОВОК  
В СВЕКЛОСАХАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Киев 1990

УДК 664.1.033.2

Серегин А. А., Пушанко Н. Н., Рогальский С. В., Адаменко В. П., Кухар В. Н., Балакан С. А. **Направление совершенствования конструкции колонных диффузионных установок в свеклосахарном производстве.** К.: УкрНИИНТИ Госплана УССР, 1990.— 28 с. (Новое в науке, технике и производстве: Обзор информ. / Сер. Пром. перераб. и хранение пищ. продуктов; Вып. 2)

ISBN 5—7707—0285—0

Составной частью решения проблемы разработки высокоэффективных колонных экстракторов для сахарной промышленности является определение рациональной формы рабочих органов. Их конструкция, взаимное расположение влияют не только на механизм перемещения сырья и устойчивую работу транспортной системы, но и на процесс извлечения сахара из свеклы.

На основе анализа развития конструкций и достижений современных исследований в области рационализации экстракционного оборудования определены направления совершенствования конструкций таких аппаратов в будущем.

Совершенствование колонных диффузионных установок за счет использования транспортных систем новой конструкции и модернизации существующей будет способствовать стабильной переработке свеклы и повышению выхода сахара.

ISBN 5—7707—0285—0

© УкрНИИНТИ, 1990

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЛАНОВЫЙ КОМИТЕТ  
УКРАИНСКИЙ ССР  
У К Р А И Н С К И Й  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНФОРМАЦИИ  
И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
(УкрНИИТИ)

---

Н О В О Е В Н А У К Е , Т Е Х Н И К Е  
И П Р О И З В О Д С Т В Е

---

Серия. Промышленная переработка и хранение пищевых продуктов

---

О б з о р н а я и н ф о р м а ц и я

---

В ы п у с к 2

А.А. Серегин, Н.Н. Пушанко, С.В. Рогальский, В.П. Адаменко,  
В.Н. Кухар, С.А. Балахан

НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ КОЛОННЫХ ДИФфуЗИОННЫХ  
УСТАНОВОК В СВЕКЛОСАХАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В В Е Д Е Н И Е

В отечественной сахарной промышленности наряду с наклонными и ротационными экстракторами широкое распространение получили колонные диффузионные аппараты. Они состоят из ряда агрегатов — ошпаривателей, насосов сокоотрующей смеси, подогревателей диффузионного сока и экстракционных колонн.

Между ошпаривателем, в котором осуществляется тепловая обработка свекловичной стружки, и колонной, где проводится основная стадия экстрагирования, существует тесная технологическая связь. Она предполагает распределение доли участия каждого из аппаратов в общем эффекте установки и зависит от качества экстрагируемого материала, производительности аппаратов и от планируемых потерь. Опти-



мальная нагрузка на каждый из входящих в установку аппарат будет способствовать достижению расчетной производительности при минимальных производственных затратах.

Однако опыт длительной эксплуатации колонных диффузионных установок показал, что их фактическая производительность чаще всего составляет 80–85% от расчетной. Причины такого несоответствия заключаются не только в нарушениях технологического режима работы установок, но и в несовершенстве конструкций входящих в их состав аппаратов. При одинаковой величине удельного наполнения, характерной для колонных аппаратов разных систем (700–750 кг/м<sup>3</sup>), показатели работы этих аппаратов различны. Очевидно, на формирование технологических показателей оказывает влияние тип и параметры работы транспортной системы, работа устройств подвода и отвода экстрагируемого материала и экстрагента, температура взаимодействующих фаз и характер изменения физических свойств сокостружечной смеси по высоте аппарата и др.

Выбор оптимальных параметров транспортных систем колонных диффузионных аппаратов пока не имеет достаточного научного обоснования. Поэтому в настоящее время в сахарной промышленности эксплуатируются колонные установки КДА, БМА и Буккау-Вольф с транспортными системами, имеющими разную конструкцию и разное количество составляющих элементов – лопастей и контролопастей. Например, в колонных аппаратах БМА, КДА и Буккау-Вольф производительностью 2500 т свеклы в сутки количество лопастей и контролопастей составляет соответственно 252/111, 180/95 и 24/89 шт.

Таким образом, определение рациональной формы рабочих органов, их количества и оптимального размещения в аппарате является составной частью решения проблемы разработки высокоэффективных колонных экстракторов.

## ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИИ КОЛОННЫХ ДИФфуЗИОННЫХ АППАРАТОВ

### Классификация колонных установок

За многолетнюю историю развития свеклосахарного производства предложено около 300 конструкций диффузионных аппаратов и их отдельных узлов, но практическое применение получили лишь некоторые из них. В промышленности используются ротационные, колонные и навлонные аппараты. Значительное распространение колонных диффузионных установок и обилие их типов свидетельствуют о том, что до сих пор не найдена рациональная конструкция аппарата [1,2].

На рис. I. приведена классификация только колонных диффузионных установок.

В основу классификации положен применяемый способ транспортирования, количество рабочих объемов, тип транспортной системы и ее конструктивные особенности.

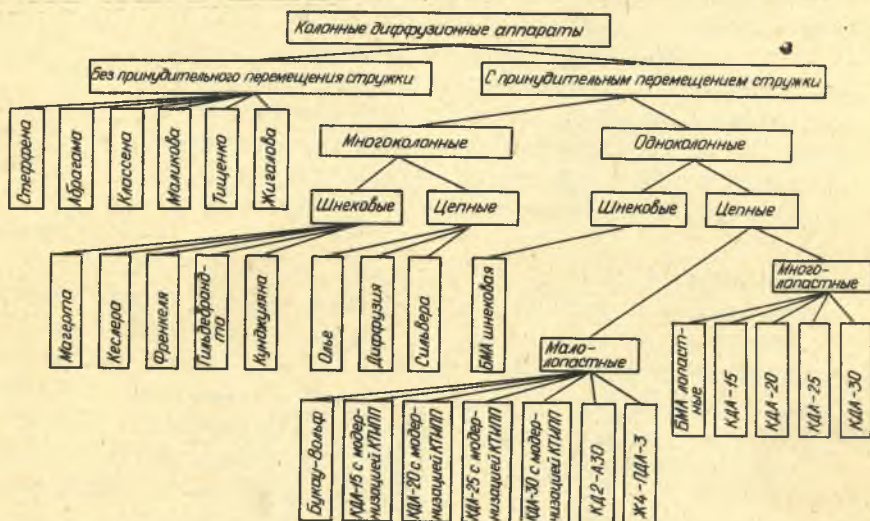


Рис. I. Классификация колонных аппаратов

По способу транспортирования все колонные установки разделены на аппараты, имеющие принудительную систему перемещения стружки и не имеющие ее. В аппаратах без принудительной системы перемещения движение стружки происходит под действием гравитационных сил.

Общий недостаток всех непрерывно действующих аппаратов с транспортными системами заключается в том, что из-за осуществляемого в них механического передвижения стружки посредством различных приспособлений (шнеков, лопаток, грабель, лопастей и др.) стружка измельчается. Это ухудшает процесс экстракции. К тому же появление дополнительных механических элементов резко снижает надежность и долговечность эксплуатации оборудования. Этим можно объяснить стремление создать диффузионный аппарат непрерывного действия без транспортной системы. Ниже приведена характеристика некоторых из них.

Аппарат Стеффена, схема которого приведена на рис.2,а, состоит из колонны и турникетных выгрузателей. Стружка подается в верхнюю часть колонны. Под действием силы тяжести она должна опус-

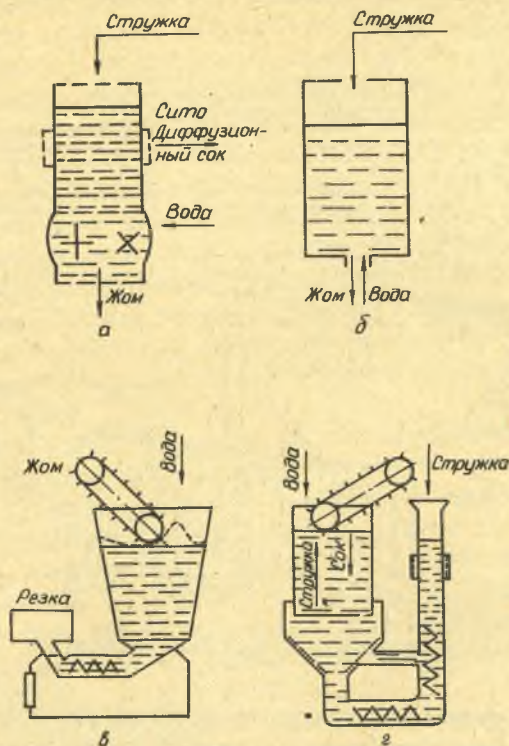


Рис.2. Диффузионные аппараты непрерывного действия без транспортной системы:

а - Стеффена; б - Маликова; в - Абрагама; г - Классена

каться и вращающимися лопастными механизмами удаляться из колонны. Для уменьшения уплотнения слоя стружки внутри установлены решетки. Вода подается снизу, а отбор сока производится через верхние сита. Аналогичный принцип положен в основу конструкции аппарата Маликова (рис.2,б). Стружка перемещается в колонне вниз также под действием гравитационных сил. Вода поднимается снизу вверх и в виде диффузионного сока отбирается в верхней части аппарата.

Испытания аппаратов такого типа не дали желаемых результатов. Значительное уплотнение стружки и образование пробок в рабочем объеме не позволяли нормально отбирать сок.



Как показали исследования, плотности стружки и сока очень мало различаются. Следовательно, стружка практически находится в равновесии и самостоятельно не может опускаться вниз навстречу соку [3]. Этим можно объяснить попытки Абрагама и Классена создать аппарат с принудительным перемещением, но без транспортной системы (рис.2, в, г). Стружка в таких аппаратах уплотнялась в средней части, не давая возможности отобрать сок в нужном количестве.

Результаты исследований позволяют с полным основанием утверждать, что в любом диффузионном аппарате непрерывного действия стабильное перемещение стружки может быть достигнуто только принудительно. Поэтому дальнейшее развитие получили аппараты с принудительным перемещением стружки при помощи транспортных систем разных конструкций.

По количеству колонн аппараты с принудительной системой перемещения стружки условно можно разделить на одно- и многоколонные. К многоколонным отнесены аппараты, имеющие две и более колонны, снабженные шнековой или цепной транспортной системой. Одноколонные аппараты развивались по двум направлениям — как шнековые и как лопастные. Лопастные условно можно разделить на много- и малолопастные. Аппараты с принудительной системой перемещения требуют более полного и тщательного анализа.

#### Развитие многоколонных аппаратов с принудительным перемещением стружки

Аппараты Магерта, Кеслера и Френкеля, схемы которых представлены на рис.3, были оборудованы небольшими транспортными системами. Авторы предполагали, что для перемещения стружки достаточно лишь подтолкнуть ее. Однако подъем стружки на выходе из аппарата был очень затруднен. В верхней части колонны Магерта (рис.3, а) образовались уплотнения, нарушающие гидродинамическую обстановку.

В аппаратах Кеслера и Френкеля (рис.3, б, в) шнеки с коническим валом при загрузке и выгрузке разрушали уплотнения стружки, однако они образовывались в средней части аппарата. Отсюда можно сделать вывод, что транспортная система должна размещаться по всему объему аппарата.

Наиболее удачно и просто этот вопрос решен в цепных диффузионных аппаратах, в частности аппаратах системы Олье, Сильвера, Оперманн-Дайхманна, I-VIII.

Диффузионный аппарат Олье (рис.4, а) представляет собой последовательно соединенную систему колонн, внутри которых движется замкнутый транспортный орган для перемещения свежесочной стружки,

состоящий из круглых стальных сит, поддерживаемых на равном расстоянии друг от друга боковыми щелями, надетыми на барабаны-звездочки.

Противоточно стружке в аппарате движется экстракционная жидкость под действием гидростатического давления, определяемого разностью уровней в местах входа воды в аппарат и выхода диффузионного

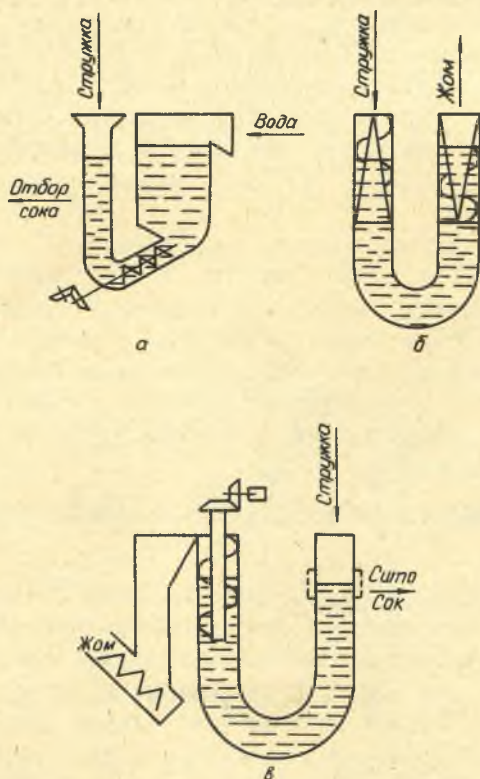


Рис.3. Диффузионные аппараты непрерывного действия с дополнительными транспортирующими элементами:

а - Магера; б - Кеслера; в - Френкеля

сока из аппарата. Аппарат имеет ряд преимуществ - сравнительно небольшие потери, хорошее отделение воды от жома (до содержания в нем 7-7,2% сухих веществ). При этом жом светлее, чем в других аппаратах. Стружка при перемещении не измельчается, процесс происходит без доступа воздуха.



Несмотря на ряд преимуществ, апараты Олье не получили широко-го распространения из-за громоздкости, большой металлоемкости, сложности конструкции и ненадежной эксплуатации.

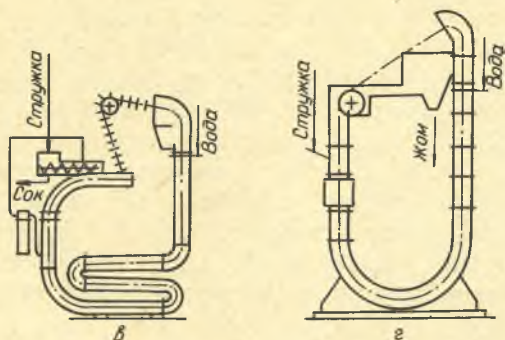
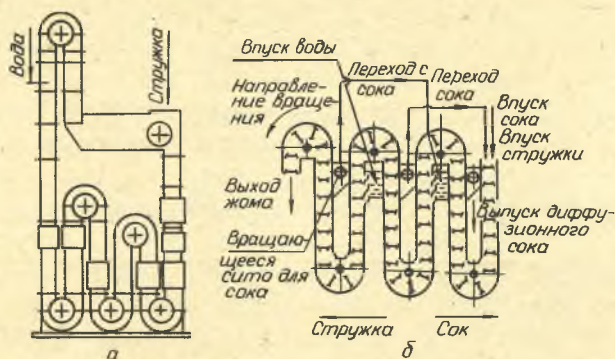


Рис.4. Цепные диффузионные аппараты:

а - Олье; б - Сильвера; в - Сперманн-Дайхманн; г - I-IV

Создать установку такой конструкции большой единичной мощности не представляется возможным из-за низкого рабочего удельного наполнения ( $370 \text{ кг/м}^3$ ) и конструктивных особенностей аппарата.

Аппарат Сильвера своими транспортирующими органами и емкостью подобен аппарату Олье. Он состоит из ряда v-образных диффузионных осудов (рис.4,б). Стружка и сок движутся внутри каждого элемента прямоточно, а в целом по аппарату - противоточно. Элементы аппарата выполнены из труб прямоугольного сечения; ширина трубы около 0,6, высота 3,6 м. Сокостружечная смесь движется в одном колене аппарата вниз, затем через v-образный переход попадает во второе

колено, где движется уже вверх. Всего в диффузионном аппарате Сильвера насчитывается 19-21 ячеек, расположенных в два ряда один над другим. Каждая следующая ячейка расположена несколько выше предыдущей, благодаря чему сок перетекает из одной в другую.

Существенная особенность аппарата Сильвера в том, что стружка на выходе из ячейки отделяется от сока и поступает в соседнюю ячейку, заполненную соком меньшей концентрации. Для этого к колену, в котором происходит восходящее движение сокостружечной смеси, приваривается труба с установленным в ней непрерывно вращающимся и очищающимся ситом, через которое и отводится сок.

Диффузионные аппараты Сильвера металлоемки и громоздки в изготовлении. Их цепная транспортная система сложна в ремонте и подвергается сильной коррозии. Непосредственный контакт сока с цепью и приводными звездочками заметно снижает долговечность и надежность эксплуатации транспортной системы. Но главный недостаток в малой производительности и невозможности ее повысить.

Цепной диффузионный аппарат Оперманн-Дайхманна во многом сходен с аппаратом Олье. Однако промежуточные  $\gamma$ -образные элементы его расположены не вертикально, как в диффузионном аппарате Олье, а горизонтально. Такое расположение устраняет один из недостатков аппарата Олье — смешение слоев с различной концентрацией при движении его вверх, поскольку в этих аппаратах он движется горизонтально (рис. 4, в). Однако многие недостатки аппарата Олье остаются.

К цепным аппаратам относятся аппараты I-IV, изготовленные в Венгерской Республике, производительностью 15000 ц свеклы в сутки. Общий вид этого аппарата показан на рис. 4, г. К достоинствам экстрактора следует отнести возможность работы на тонкой стружке и равномерное ее перемещение по аппарату без перемешивания. Основные недостатки — большая металлоемкость, малая производственная мощность, а также неравномерное обессахаривание стружки по сечению аппарата.

К многоколонным установкам отнесен непрерывно действующий диффузионный аппарат системы Гильдебрандта. Стружка подается в верхнюю часть первой колонны, перемещается с помощью шнека вниз на горизонтальный шнек и отсюда поднимается шнеком с перфорированными витками вверх по винтовой линии второй колонны. Противоточно потоку стружки барометрическая вода поступает в верхнюю часть второй колонны. Диффузионный сок отбирается из верхней части первой колонны.

Работа аппарата не всегда была стабильной, что связано с узким диапазоном эксплуатационных возможностей. При незначительном

изменении удельного объемного наполнения в любой зоне диффузионного аппарата происходило закручивание стружки в колонне. Смесь вращалась в горизонтальной плоскости и не перемещалась вертикально. Для устранения этого недостатка в последующих моделях были установлены контролопасти. Благодаря работам Гильдебрандта постепенно был создан одноколонный шнековый аппарат типа ВМА.

### Одноколонные аппараты с принудительной системой перемещения твердой фазы

Основоположителем одноколонных аппаратов непрерывного действия является чешский инженер И. Вошат. Исследования этого аппарата показали возможность работы одноколонной установки с лопастной транспортной системой. Стружка перемещалась противоточно диффузионному соку. Однако из-за частичного вращения стружки вместе с лопастями не было достигнуто устойчивого транспортирования смеси в аппарате. Лопастная транспортно-мешательная система функционировала в очень узких эксплуатационных пределах и требовала исследования ее транспортирующих возможностей.

Дальнейшее развитие лопастная транспортная система Вошата нашла в непрерывно действующей диффузионной установке колонного типа, предложенной А.П. Соколовым [1]. Главный элемент установки - диффузионная колонна (рис. 5, а), представляющая собой вертикальный корпус, средней частью которого является цилиндр, сопряженный сверху и внизу с двумя усеченными конусами. Нижний конус колонны служит приемником стружки. Внутри диффузионной колонны установлены центральный вал и его продолжение в верхнем конусе - выжимной вал. На центральном валу укреплены по две пары лопастей, выгнутых по профилю гребного винта (в одном ряду пара лопастей длинная, в другом укороченная). К внутренней стороне цилиндра прикреплены по четыре контролопасти, расположенные под углом  $90^{\circ}$  друг к другу. Для уменьшения разницы в шагах лопастей на концах они имеют переменный угол подъема. В месте крепления лопастей на валу этот угол равен  $15^{\circ}$ , на концах лопастей  $5^{\circ}$ .

Диффузионный аппарат Соколова работает следующим образом. Свежая стружка транспортером подается в загрузочную трубу. Вращающийся шнек нагнетает ее в нижний конус колонны. С помощью лопастей и контролопастей стружка передвигается вверх по колонне и в виде жомы выталкивается через выгрузочную щель.

Установка Соколова была впервые испытана на Красноармейском сахарном заводе. Опыт показал, что аппарат может работать с удовлетворительными технологическими показателями. Эксплуатация уста-



новки Соколова, как и аппарата Вошата, подтвердила возможность непрерывного извлечения сахара из стружки в одном сосуде.

Первые модели экстрактора Соколова не имели контролопастей и отличались от аппарата Вошата тем, что ошпаривание стружки осуществлялось непосредственно в его нижней части.

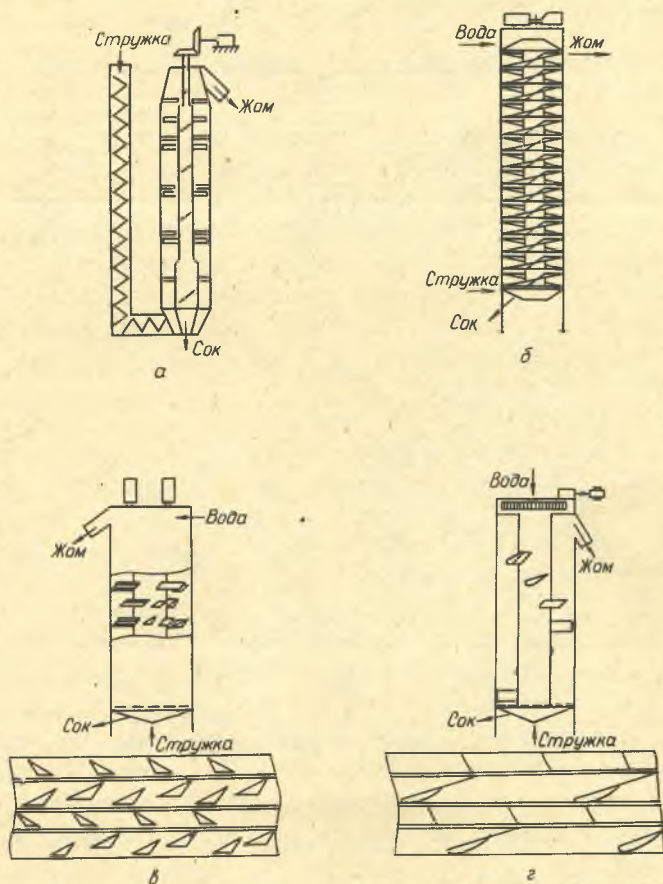


Рис.5. Диффузионные аппараты непрерывного действия с активной транспортной системой:

а - Соколова; б - ВМА; в - КДА; г - Буккау-Вольф

А.П.Соколов усовершенствовал транспортную систему, предложив увеличить в каждом ряду количество вращающихся и неподвижных контролопастей до четырех [4]. Однако в таком исполнении аппарат Соколова в промышленных условиях оказался неработоспособным.

Исследования работы аппарата Соколова на Саливонковском сахарном заводе показали, что транспортная система нуждается в специальном изучении. В процессе эксплуатации замечена зависимость транспортирующей способности от оборотов трубовала и герметической формы лопастей и контролопастей. Наблюдалось образование пробок в колонне и снижение производительности аппарата, причины возникновения которых установить не удалось.

Оказался неработоспособным и аппарат с прерывистой транспортной системой шнекового типа системы Кунджульяна.

Западногерманская фирма ВМА создала одноколонный диффузионный аппарат (рис.5,б), представляющий собой цилиндрический, вертикально установленный сосуд, оборудованный транспортно-мешательной системой для передвижения свекловичной стружки, выполненной в виде вращающегося трубовала, на котором с интервалом установлены элементы шнека. На протяжении тридцати лет геометрические размеры изменялись в зависимости от производительности в следующих пределах: высота - 13...16 м, диаметр 3,3...5,2 м. Одновременно совершенствовалась и конструкция транспортной системы. Принципиальные отличительные особенности аппарата оставались неизменными.

В первом варианте аппарат ВМА, как и аппарат Соколова, не имел контролопастей. Исследования работы аппарата указали на явление недостаточного вертикального перемещения стружки. При этом привод колонны потреблял значительную мощность, а перемещения стружки вдоль оси вращения трубовала в аппарате не наблюдалось. Стружка вращалась вместе с трубовалом. Чтобы предупредить вращение свекловичной стружки вместе со шнеком и обеспечить подъем ее по аппарату вверх, к корпусу прикреплялись неподвижные лопасти, препятствующие вращению стружки вместе с трубовалом.

В нашей стране созданы одноколонные установки типа КДА-25-59М, КДА-30-66 (рис.5,в).

При исследовании их работы экспериментально установлено, что число оборотов трубовала с лопастями зависит от количества контролопастей. При четырех контролопастях оно равно 0,9...1,2, при восьми 1,2...1,4, при десяти 1,4...1,7 мин<sup>-1</sup>.

Аппараты ВМА, КДА-25-59, КДА-30-66 развивались как многолопастные (см.развертку транспортной системы - рис.5,в). Обладая хорошими технологическими показателями и легкостью в управлении, они получили быстрое распространение. Однако из-за большого потребления мощности, высокой металлоемкости, поломок лопастей и контролопастей потребовалось дальнейшее совершенствование конструкции.

Одновременно с многолопастными экстракторами получили распространение малолопастные диффузионные аппараты, к которым относятся установки системы Буккау-Вольф (рис.5,г), КДА-15 и др. Принципиальное отличие этих аппаратов от многолопастных заключается как в геометрии транспортирующих элементов, так и в их количестве (см.развертку транспортной системы рис.5,г). По разному трактуется в них и назначение лопастей и контролопастей /6/.

Аппараты Буккау-Вольф работают при более высоком удельном наполнении, чем другие колонные аппараты. Это дает возможность обеспечивать большую производительность при меньшем объеме. Единичная производительность таких аппаратов 8 тыс.т переработки свеклы в сутки. Диаметр их колонн составляет 8,8 м, высота 18 м. В настоящее время разрабатываются колонные экстракторы производственной мощностью 10000 т переработки свеклы в сутки и более. Они потребляют сравнительно меньше энергии и обладают повышенной надежностью.

Исследования работы колонных установок показали, что между транспортными системами для сокоотружечной смеси и устройствами для перемещения других вязких материалов имеются существенные различия. Конструктивные принципы построения транспортирующих элементов должны опираться на результаты исследований реологических свойств сокоотружечной смеси.

#### Анализ транспортных систем и вопросы совершенствования их конструкции

Эффективная работа диффузионных установок зависит от ряда технологических и конструктивных параметров. В отличие от технологических параметров (качества стружки, температуры, pH среды), являющихся переменными, конструктивные параметры (угол наклона лопасти, размеры лопастей и контролопастей, их взаимное размещение) неизменны.

Проводимые работы по усовершенствованию конструкции колонных установок направлены в основном на модернизацию двух главных агрегатов - устройства для ошаривания стружки и колонны, в которой извлекается основная масса сахара.

Работа отдельных элементов - сит, распределительно-загрузочных устройств и транспортной системы взаимосвязана. Например, плохая работа загрузочно-очистных устройств ухудшает пропускную способность сит, уменьшает отбор сока из колонны. Это нарушает гидродинамическую обстановку и ухудшает транспортирование стружки в аппарате.



Вопросы совершенствования конструкции сит, загрузочно-распределительных устройств, выгрузочных устройств, транспортной системы имеют принципиальное отличие в постановке и решении. Ниже рассмотрены лишь проблемы совершенствования конструкции транспортной системы колонных аппаратов.

В соответствии с разработанной классификацией, к группе колонных аппаратов относятся многоколонные диффузионные аппараты типа Олье, Оперман-Дайхмана, Сильвера и др. Они оборудованы транспортными системами цепного типа. Цепные транспортные системы представляют собой бесконечный транспортер, движущийся в рабочем объеме и имеющий вид цепи с элементами различной формы, перемещающими стружку. Транспортирующие органы перемещают ее слоями практически без измельчения. Транспортные системы такого типа эффективно работают только при небольших значениях удельного наполнения. Поэтому несмотря на простоту, аппараты большой единичной мощности, созданные на их основе, будут чрезвычайно громоздкими. Определение производительности и расчеты на прочность элементов транспортных систем таких аппаратов не вызывают затруднений.

Колонные диффузионные аппараты с принудительным перемещением стружки с помощью вращающихся органов (шнеков, лопастей и контролопастей) из-за неудачного конструктивного выполнения транспортирующих устройств долгое время не находили применения. В первых конструкциях этих аппаратов перемещение стружки осуществлялось вращающейся винтовой поверхностью. При малых диаметрах колонн аппараты работали устойчиво, при больших - оказались неработоспособными из-за того, что в центральной части стружка вращалась вместе с валом и не перемещалась по вертикали. Нормальное перемещение стружки наблюдалось лишь у стенок колонны.

Переход от лопастной транспортной системы Вохата и Соколова к шнековой в Германии был шагом назад. Поэтому впоследствии колонные диффузионные аппараты с шнековой транспортной системой были полностью заменены на лопастные.

Ввиду того что шнековые транспортные системы были заимствованы сахарной промышленностью из химической, предпосылки расчетов транспортирующей способности шнеков, их размеров и размещения были перенесены без учета реологических особенностей сокостружечной смеси. Поэтому результаты эксплуатации таких систем не всегда удовлетворяли требованиям практики.

Появление прерывистого шнека расширило диапазон устойчивой эксплуатации аппарата. Винтовые поверхности таких шнеков имели одинаковый диаметр. Транспортные системы с этими элементами применя-

лись в диффузионных аппаратах типа ВМА и Кунджуляна. В диффузионном аппарате системы Кунджуляна прерывистые шнеки имели переменный диаметр винтовых поверхностей. Сложность изготовления элементов и необоснованность выбора главных параметров способствовали появлению упрощенной геометрии лопастей и контролопастей. Их начали изготавливать в виде наклонно установленных пластин с поперечным сечением в форме треугольника. Угол наклона таких пластин принимался одинаковым по всей высоте колонны и равнялся  $15-25^{\circ}$ .

Сложности расчета геометрии лопастных транспортных систем, их размеров, количества и других параметров требовали появления большего числа экспериментальных работ как в нашей стране, так и за рубежом. Их результаты не отличались определенностью [7,8].

Выполнены испытания моделей установок, имеющих различное размещение лопастей (по линии одно-, двух-, четырехзаходного шнека). Получены опытные данные, связывающие скорость вращения лопастей с числом заходов и вертикальным перемещением стружки [7].

Конструкция транспортирующих органов обосновывалась с позиций создания приемлемых гидродинамических условий. Выводы, сделанные в результате анализа исследования, позволили обосновать высоту и диаметр диффузионной установки. Поиски, связанные с определением количества лопастей и контролопастей в ряду, углов наклона их к вертикали, проведенные на моделях, не дали результатов, пригодных для практики конструирования аппаратов. Изучение степени перемешивания потоков стружки и сока в аппаратах с различными транспортными системами не позволили дать сравнительную оценку их работы.

Таким образом, еще недостаточно изучены конструктивные факторы, влияющие на процесс экстракции. Не найдены оптимальная конструкция транспортной системы колонного аппарата и взаимное расположение ее элементов. Не удалось найти стройной связи экспериментальных данных с данными теоретических исследований. Полученные критериальные зависимости нельзя использовать в практических целях [7].

Характерным примером диффузионных установок с малолопастными транспортными системами является аппарат Соколова. Лопасти его транспортной системы имели разные длины, и рабочая поверхность лопастей выполнена с переменным углом по длине. Однако отсутствие исходных данных для определения расчетным путем геометрии транспортной системы не позволило теоретически обосновать оптимальные соотношения ее параметров. Опыт показал, что транспортные системы такого типа не обеспечивают равномерного рассредоточения стружки по объему аппарата.

За рубежом совершенствование конструкции транспортных систем велось путем создания экспериментальных промышленных установок. Опытным путем были найдены приемлемые варианты конструкции.

В многолопастных транспортных системах сильное механическое перемешивание интенсифицирует процесс массообмена. Однако сопутствующее этому интенсивное смешение фаз может уменьшать движущую силу процесса. Малолопастная транспортная система лишена этого недостатка, поскольку значительно меньше перемешивается стружка и обеспечивается направленное перемещение твердой фазы в колонне. Этим можно объяснить более эффективное использование полезного объема в аппаратах Буккау-Вольф по сравнению с установками ВМА и КДА.

Совершенствование конструкций транспортных систем требует решения ряда теоретических и практических вопросов, вскрывающих внутреннюю связь технологических и конструктивных факторов, влияющих на процесс перемещения стружки и создание оптимальных гидродинамических условий экстрагирования в аппарате. К технологическим отнесем удельное объемное наполнение, коэффициент внутреннего трения, коэффициент трения сокостружечной смеси по материалу транспортной системы, а к конструктивным — только геометрические размеры и конфигурацию транспортирующих элементов, а также их взаимное расположение.

Для решения этой задачи необходимо установить влияние конструктивных факторов на технологический процесс. Первостепенным и основополагающим в обеспечении процесса экстракции является создание противотока фаз с минимальным перемешиванием.

Противоток в колонном аппарате с принудительным перемещением осуществляется следующим образом. Жидкая фаза движется в пористой структуре стружки под действием силы тяжести, преодолевая силы сопротивления. В зонах с большим сопротивлением будет проходить меньше сока и, следовательно, процесс экстракции будет протекать замедленно, что в целом снизит эффективность использования объема.

Твердая фаза перемещается в противоположном направлении и испытывает силу сопротивления движущегося сока. Устойчивое перемещение фаз с равномерным рассредоточением стружки по объему должна обеспечить транспортная система. Она является связующим звеном между технологическими и конструктивными параметрами аппарата.



Конструкция транспортных органов

Совершенствование диффузионных установок велось путем оптимизации процесса ошпаривания стружки, улучшения гидродинамики экстрагирования и уменьшения потребления электроэнергии за счет изменения конструкций транспортных систем (форма и размещение лопастей), диаметра и высоты колонн.

Из-за конструктивных недостатков и быстрого физического износа в основном транспортных систем возникла необходимость разработки лопастей и контрлопастей усовершенствованной конструкции и их установки в колоннах разных типов.

В течение последнего десятилетия в КТИШ на основе системного подхода к изучению процессов определены структурно-механические свойства сокоотрующей смеси различных концентраций, коэффициентов трения, установлены нагрузочные характеристики лопастных транспортных систем. Это позволило разработать конструкцию колонного аппарата с модернизированной транспортной системой, основу которой составили лопасти новой формы. Коробчатый корпус такой лопасти по длине имеет различную форму и размеры поперечного сечения, разный угол наклона рабочей поверхности и ее ширину [9, 10].

Лопасть (рис. 6) состоит из 5 отдельно изготавливаемых деталей. Внутренний радиус кривизны накладки равен радиусу наружной поверхности трубовала. Поверхности листов рабочей плоскости и тыльной стороны выполнены по форме пропеллера и изготавливаются на отдельных штампах. Отогнутые передние кромки листов свариваются встык, лист тыльной стороны приваривается внакладку.

Сборка лопасти осуществляется с помощью кондуктора, обеспечивающего требуемый угол наклона плоскостей, сдвиг лопасти относительно центра кривизны накладки и другие размеры, величины которых для аппаратов разных конструкций существенно различаются.

Отдельные части лопастей изготавливаются Смелянским машиностроительным заводом. На сахарных заводах изготавливается кондуктор, осуществляется сборка и сварка лопастей.

При замене транспортных систем устаревших конструкций в колоннах долго работающих диффузионных установок изношенные лопасти и контрлопасти полностью удалялись из аппаратов, места их крепления зачищались. В случаях износа корпусов колонны и трубовала они укреплялись установкой дополнительных накладок (Шрамковский и Тальновский сахарные заводы).

Накладки лопастей новой конструкции надежно привариваются к корпусу трубовала, контроласти одним концом крепятся к корпусу колонны, вторым — к кольцу, диаметр которого на 80–100 мм больше диаметра трубовала, а высота равна высоте проекции контроласти.

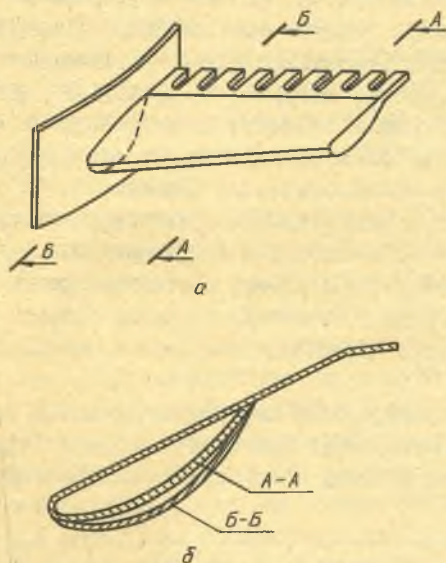


Рис.6. Лопасть новой транспортной системы:  
а — общий вид; б — поперечные сечения лопасти

Одним из важнейших этапов модернизации является размещение элементов транспортных органов, в том числе взаимное расположение лопастей и контроластей, соотношение количества тех и других.

Суть модернизации заключается в замене многолопастных транспортных систем (120–180 лопастей и 80–100 контроластей) на мало-лопастные, составленные, как правило, из 15 рядов лопастей по 2 в каждом ряду и 14 рядов контроластей по 6–7 в ряду. Ставилась задача организовать строго противоточное движение жидкой и твердой фаз и уменьшить продольное перемешивание. Этого удалось достичь за счет размещения лопастей со сдвигом низлежащих в сторону, противоположную направлению вращения трубовала. Каждая порция стружки при перемещении ее лопастью не "проваливается" вниз (как это происходило раньше и было видно невооруженным глазом через смотровые окна), а поддерживается порцией стружки, подходящей от низлежащей смещенной лопасти. Кроме того, в отличие от транспортной системы с треу-

гольными лопастями, где происходило вращение твердой фазы вместе с лопастями, модернизированная обеспечивает противоточное движение сока и стружки за счет формы верхней поверхности лопастей и контролопастей, их взаимного расположения и количества.

Подтверждением вышеизложенного могут служить хотя бы такие показатели, как нагрузка на привод вращения трубовала и коэффициент использования мощности. Диффузионные аппараты с модернизированной транспортной системой, эксплуатирующиеся в настоящее время на сахарных заводах, работают при нагрузке на привод как минимум на 30–40% меньшей с одновременным увеличением производительности до 30%, обеспечивая при этом надежное транспортирование, безаварийность в работе и хорошие технологические показатели.

Необходимо отметить и значительное снижение общей площади поверхности лопастей и контролопастей в предложенной транспортной системе. Уменьшение площади поверхности элементов транспортных органов, перекрывающих поперечное сечение колонны, заметно повлияло на улучшение гидродинамики, интенсификацию процесса фильтрации и экстрагирования.

Работы по замене транспортной системы проводились в соответствии с предварительно составленной разверткой аппарата (рис.7). В соответствии с диаметром колонны и трубовала, их высотой, уровнем

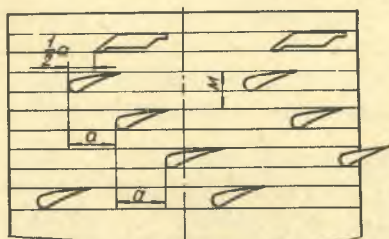


Рис.7. Развертка трубовала модернизированной транспортной системы:  
1 – транспортные лопасти; 2 – выгрузочные лопасти

люков выгрузки производился расчет количества рядов лопастей, контролопастей в одном ряду, их кривизны и угла установки. Числовые значения указанных размеров, зависящих также от типа аппарата, его производительности, характеристики привода, рассчитывались на персональном компьютере, а специально разработанная графическая программа позволила получать развертку трубовала и корпуса аппарата с указанием всех определяющих размеров и углов.



## МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА ВЫГРУЗКИ КОЛОННОГО АППАРАТА

При разработке новых транспортных систем и модернизации старых особое внимание следует уделять конструктивному оформлению узлов выгрузки — предвыгрузочным и выгрузочным лопастям и контрольным лопастям. Их конструкция, взаимное расположение влияют не только на сам механизм извлечения высоложенной стружки из аппарата, но и на процесс перемещения сырья в целом по колонне, на устойчивую работу транспортной системы.

В средней части колонного аппарата величины удельного наполнения достигают  $750 \text{ кг/м}^3$ . Высота уровня жидкой фазы и конструкция разгрузочных устройств определяют величину удельного наполнения в предвыгрузочной зоне, как правило, достигающей своего максимального значения  $800\text{--}820 \text{ кг/м}^3$ .

В типовых колонных экстракторах узел разгрузки выполнен так, что масса стружки, перемещаемая транспортными лопастями последнего ряда как бы "проваливается" и оказывается не перед разгрузочными лопастями, а под ними. Лопасть делает лишний оборот прежде чем накопится определенное количество уплотненной массы. К тому же некоторая часть жомы, находящаяся уже на рабочей поверхности разгрузочной лопасти, сбрасывается обратно в колонну. Поэтому жом скапливается между лопастями и постоянно находится в подпрессованном состоянии в зоне выгрузки; возрастают механические нагрузки на элементы транспортной системы, вследствие чего нарушаются гидродинамические условия фильтрации экстрагента через уплотненный слой; увеличиваются потери сахара в жоме; происходит обрыв лопастей.

На основании исследований реологических характеристик жимовидной смеси и установленной взаимосвязи конструктивных параметров разработана конструкция узла выгрузки, представленная на рис. 8.

Расположение разгрузочной лопасти со смещением не дает возможности жому скапливаться и подпрессовываться в верхней части аппарата, так как транспортные лопасти перемещают сырье непосредственно к рабочей поверхности разгрузочных лопастей. Последние сбрасывают жом в разгрузочные окна. На рабочей поверхности разгрузочных лопастей установлены направляющие ребра высотой 15 мм, которые практически исключают сброс жомы обратно в колонну, интенсивно перемещая его к разгрузочным окнам. Этому способствует также наклон рабочей поверхности лопастей в сторону окон. Лопасть по длине имеет переменное сечение, увеличивающееся к трубоваду. Такая конструкция разгрузочной лопасти обладает повышенной прочностью, надежностью и меньшей металлоемкостью.

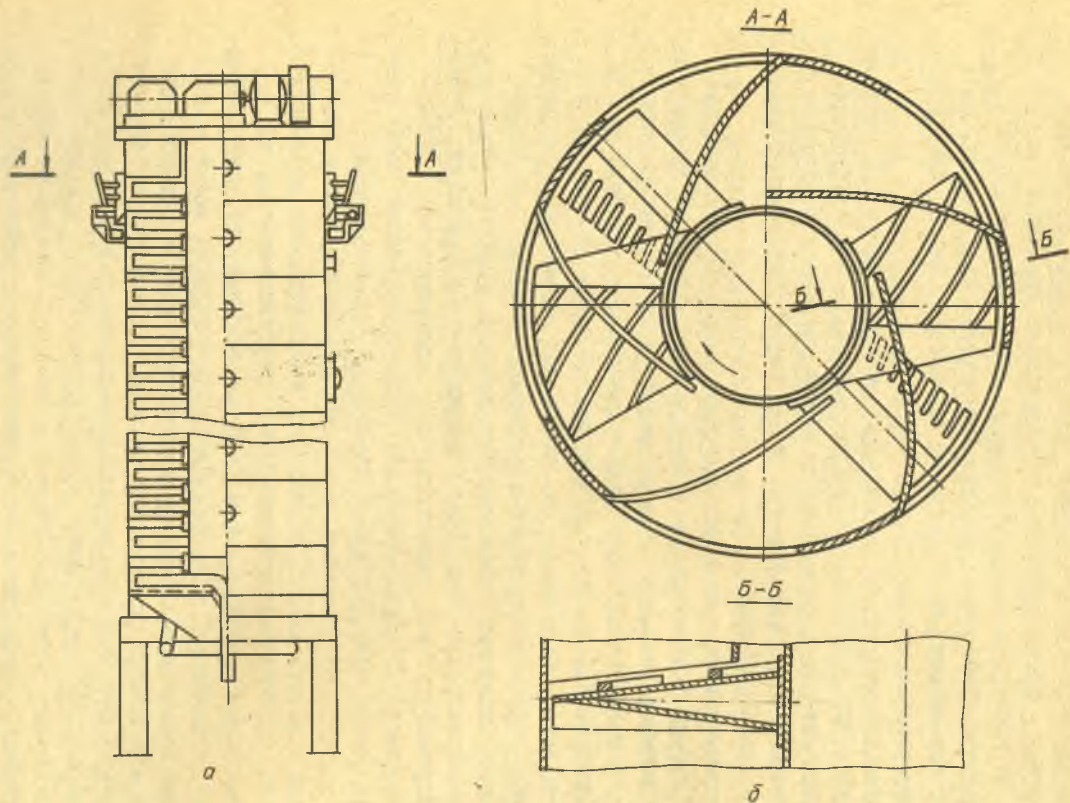


Рис.8. Узел выгрузки колонного диффузионного аппарата:  
 а - общий вид; б - поперечный и продольный разрезы

Модернизированный узел выгрузки обеспечивает снижение величины удельного наполнения в зоне разгрузки стружки и стабильную работу диффузионной установки с увеличением единичной производительности аппарата, низкими потерями сахара в жоме и более глубоким отжатием влаги.

### Эффективность модернизации колонных установок

Практическая реализация результатов работы позволила разработать научно обоснованную программу совершенствования диффузионных установок КДА-20, КДА-25, КДА-30 различных типоразмеров и провести модернизацию аппаратов, установленных на 22 сахарных заводах Украины и РСФСР.

Необходимость модернизации установленных на сахарных заводах аппаратов вызывалась низкой надежностью работы транспортных систем или их аварийным состоянием, высокими потерями сахара в жоме и низкой производительностью (менее 75% паспортной).

Суть модернизации, как уже указывалось, заключалась в замене многолепестных транспортных систем малолепестными.

В таблице, составленной по данным 7 сахарных заводов, представленным в Укрсвакросахпром, приведены основные показатели, характеризующие эффективность модернизации.

Анализ данных показывает, что на заводах, где имелись условия увеличения производительности диффузионных установок, после модернизации она выросла на 10-30% от достигнутой. При этом во всех случаях получено значительное (на 15-70%) уменьшение потерь сахара в жоме.

Наряду с достигнутым коэффициентом использования мощности потребление электроэнергии приводом грубовала во всех случаях сократилось на 35-40%. Это способствовало улучшению условий работы всех деталей и узлов транспортных систем и обеспечило их безаварийную работу в течение последних 6 лет. До модернизации на 6 заводах из 7 длительность простоев из-за поломок транспортных систем составляла 1-12 сут.

В новых условиях приведенные в таблице показатели полученной эффективности модернизации являются минимальными.

Совершенствование колонных диффузионных установок за счет использования транспортных систем новой конструкции и модернизации существующих будет способствовать стабильной переработке свеклы и повышению выхода сахара.



Показатели работы сахарных заводов до и после  
модернизации транспортных систем

Заводы	Суточная производительность, т/сут			Потери сахара на диффузии, % к массе перерабатываемой свеклы			Длительность простоев из-за поломок диффузионного аппарата, сут.		
	до модернизации	после модернизации		до модернизации	после модернизации		до модернизации	после модернизации	
		I год	2 года		I год	2 года		I год	2 года
Бучачский	2129	2449	2363	0,47	0,39	0,35	12,44	-	-
Борщовский	2315	2588	2546	0,46	0,34	0,34	0,944	-	-
Городенковский	2132	2153	2146	0,44	0,33	0,29	-	-	-
Шпановский	1568	1926	2030	0,42	0,35	0,29	8,69	-	-
Тальновский	2003	2340	2269	0,42	0,36	0,40	6,54	-	-
Сальковский	2402	2410		0,44	0,26		3,04	-	-
Чупаховский	2070	2045	2076	0,63	0,35	0,34	2,167	-	-

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПЕРСПЕКТИВНОГО КОЛОННОГО ДИФФУЗИОННОГО АППАРАТА

Опыт эксплуатации модернизированных колонных диффузионных установок на протяжении более чем 10 лет показал целесообразность дальнейшего совершенствования конструкции транспортной системы. Проведенные исследования физико-механических свойств сокоотружечной смеси, процесса транспортирования стружки в аппарате и влияние на массообмен различных профилей транспортных лопастей позволили разработать конструкцию перспективного колонного диффузионного аппарата.

Полученные авторские свидетельства на изобретения, каждое из которых используется полностью или частично при внедрении в производство, содержат основные идеи, разработанные для отдельных элементов и узлов колонных диффузионных аппаратов. Среди них — устройство для подачи сокоотружечной смеси и очистки сит, устройство для транспортирования экстрагируемого материала в колонных диффузионных аппаратах, диффузионный аппарат с модернизированной транспортной системой, устройство для выгрузки жомы. Эти изобретения, а также ранее проведенные исследования физико-механических свойств сокоотружечной смеси легли в основу транспортной системы с принципиально новой формой профиля транспортной лопасти [II-14].

Рассмотрим прежде всего те процессы, которые происходят при движении (вращении) лопасти, перемещении транспортируемого сырья вдоль ее рабочей поверхности и движения потоков жидкой и твердой фаз вблизи лопасти.

Как известно, во время прохождения транспортных лопастей под контролостями происходят пульсационные уплотнения сокоотружечной смеси. Величина каждого такого уплотнения и характер изменения его во времени в малолопастных колонных диффузионных аппаратах определяется прежде всего профилем рабочей поверхности их транспортных лопастей.

В описанном ранее диффузионном аппарате потери сахара в жоме, несмотря на модернизацию, остаются сравнительно высокими. Это объясняется тем, что рабочая поверхность не дает возможности интенсифицировать массообмен в системе сок-стружка. В поперечном сечении такой лопасти длина верхней кривой меньше, чем нижней кривой лопасти в том же сечении, поэтому скорости движения потоков под лопастью выше, чем над ней. Над лопастью относительное движение сока и стружки равно нулю. В таких условиях скорость выхода сахара замедляется, что неблагоприятно оказывается на эффективности процесса экстракции.

В результате высокой скорости движения сока под лопастью твердая фаза (свекловичная стружка) после прохождения по рабочей поверхности лопасти увлекается возникающим вихреобразным потоком вниз под лопасть. Это явление снижает эффект транспортирования стружки на 15-20%, уменьшает единичную производительность аппарата, нарушает противоток жидкой и твердой фаз, приводит к продольному перемешиванию фаз и смешению концентраций и, в конечном итоге, к увеличению потерь сахара в жоме.

Снизить потери сахара можно путем увеличения времени экстрагирования, но это влечет за собой уменьшение производительности аппарата.

Другой путь снижения потерь состоит в улучшении гидродинамического режима в аппарате за счет изменения геометрической формы рабочих органов.

Каждая лопасть оснащается передним плоским участком, расположенным под углом  $\alpha = 0-10^{\circ}$  по отношению к горизонтальной плоскости. Под таким же углом располагают задний плоский участок лопасти. Передний и задний плоские участки плавно соединяются между собой двумя плоскостями - верхней рабочей и нижней. Форма этих плоскостей такова, что длина образующей линии верхней рабочей поверхности лопасти в ее поперечном сечении равна или превышает длину образующей линии нижней поверхности (рис.9).

Угол наклона плоских участков лопасти определяется свойствами материала, из которого изготовлена лопасть, ее формой (жесткостью), а также величиной удельного наполнения аппарата, производительностью, скоростью вращения трубовала (т.е. нагрузкой на лопасть).

С повышением жесткости транспортной системы угол наклона плоских участков (переднего и заднего) будет меньшим. С другой стороны, чем больше нагрузка на лопасть, тем больше угол наклона плоских участков лопасти. При увеличении нагрузки лопасть имеет возможность скручиваться и тем самым саморазгружается. При "кручении" лопасти угол наклона переднего и заднего плоских участков не должен стать меньше  $0^{\circ}$  - в противном случае часть стружки под лопастью не будет захватываться передним плоским участком и не будет попадать на рабочую поверхность лопасти. Угол установки плоских участков лопасти должен исключить проход стружки под лопастью при максимальных нагрузках на лопасть, когда деформация кручения наибольшая. В этом гарантия устойчивого транспортирования твердой фазы при любых режимах.

Работа по дальнейшему совершенствованию конструкции колонного диффузионного аппарата должна быть направлена на поиск оптимально-



го профиля транспортных лопастей и рационального порядка размещения элементов транспортной системы. Эти соотношения определяются упругими свойствами сокострумечной смеси.

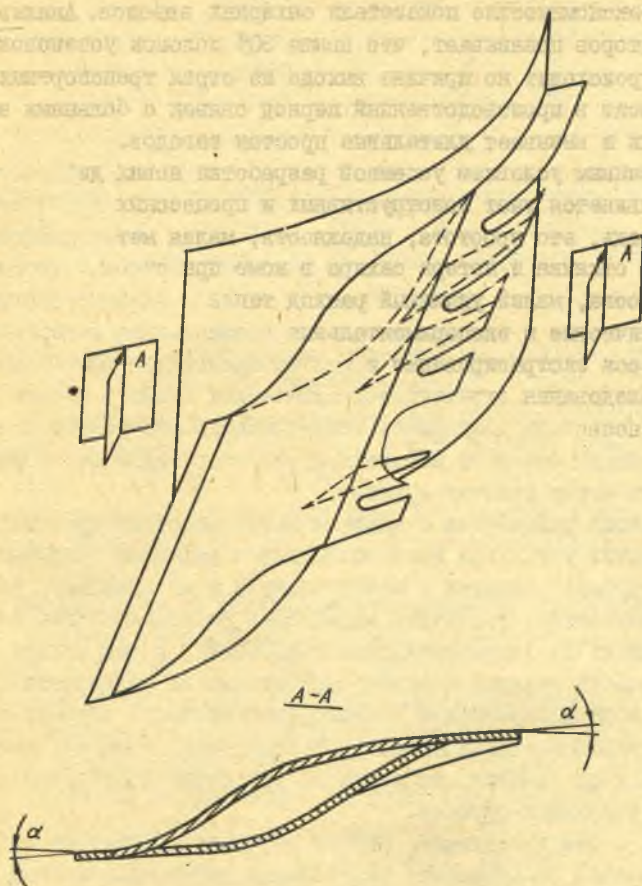


Рис.9. Транспортная лопасть с оптимальной формой рабочей поверхности

Вместе с тем эффективная работа аппарата зависит от гидродинамических условий фильтрования экстрагента через слой свекловичной стружки.

Изучение фильтрационных свойств сокострумечной смеси применительно к существующим колонным диффузионным установкам позволит обосновать соотношение основных размеров корпуса. Это в сочетании с найденными параметрами транспортирующих органов позволит создать рациональную конструкцию колонного диффузионного аппарата с высокими технико-экономическими показателями.

Ненадежная работа экстракционных установок во многом определяет технико-экономические показатели сахарных заводов. Анализ отказов экстракторов показывает, что свыше 30% поломок установок колонного типа происходит по причине выхода из строя транспортных систем. Их ремонт в производственный период связан с большими затратами времени и вызывает длительные простои заводов.

Непрерывным условием успешной разработки новых диффузионных аппаратов является учет конструктивных и процессных требований. В первую очередь, это простота, надежность, малая металлоемкость, минимальная откочка и потери сахара в жоме при высокой чистоте диффузионного сока, малый удельный расход тепла и электроэнергии.

Теоретические и экспериментальные исследования совершенствования процесса экстрагирования и его аппаратного оформления, включая исследования структурно-механических свойств сокоотружечной смеси, позволили предложить классификацию экстракторов по принципу перемещения фаз и на основе полученных результатов обосновать рациональную форму рабочих органов.

Реализация разработок с заменой многолопастных транспортных систем колонных установок малолопастными и решением проблемы выбора конфигурации лопастей и контролопастей и их взаимного размещения дала возможность увеличить надежность работы колонных экстракторов, улучшить их технологические показатели, о чем свидетельствуют данные работы десятка свеклоперерабатывающих предприятий, использующих модернизированную транспортную систему. Во всех случаях отмечены увеличение коэффициента использования мощности установок, снижение расхода энергии, практически устранены простои из-за поломок транспортирующих органов.

Вместе с тем эффективная работа аппарата зависит от гидродинамических условий фильтрования экстрагента через слой свекловичной стружки.

Изучение фильтрационных свойств сокоотружечной смеси применительно к существующим колонным диффузионным установкам позволит обосновать соотношение основных размеров корпуса. Это в сочетании с найденными параметрами транспортирующих органов даст возможность создать рациональную конструкцию колонного диффузионного аппарата с высокими технико-экономическими показателями.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экстракционные аппараты в пищевой промышленности /Т р е б е н ю к С. М. - М.: ЦНИИТЭИлегпищепром. - 1971. - 60 с.
2. Современные диффузионные аппараты непрерывного действия. Бюллетень технической информации ЦИНС. - 1957. - № 3. - С.37.
3. Относительный удельный вес свекловичной стружки и сока в диффузионных аппаратах /Т р е б е н ю к С. М. //Сак.пром-сть. - 1960. - № 9. - С.21-24.
4. Сравнение работы диффузионных аппаратов разных систем /С и л и н П. М. //Сак. пром-сть. - 1966. - № 8. - С.20-22.
5. Влияние циркуляции сока на работу диффузионной установки КДА /К а р п о в и ч Н. С. //Сак. пром-сть. - 1972. - № 9. - С.27-30.
6. Современные диффузионные аппараты непрерывного действия /Л н о и к о в В. П. - М.: ЦНИИТЭИпищепром. - 1977. - 32 с.
7. Исследование свойств транспортной системы одноколонного диффузионного аппарата /П р и л у ц к и й И. И. - В кн.: Труды ЦИНС. - 1962. - Вып.УШ. - С.59-67.
8. Badania dyfuzji ciagley DdS isotopami Badania zucnu fazy staley /Hoffman P., Goiwlowska W., Cieslik S. //Gazeta cukrownicza. - 1966. - № II. - S.265-268.
9. Исследование и разработка рациональных транспортных систем колонных диффузионных аппаратов /С е р е г и н А. А. //Дисс. канд. техн. наук. - К.: КТИШ. - 1982. - 197 с.
10. Совершенствование процесса экстрагирования и его аппаратного оформления в свеклосахарном производстве /П у ш а н к о Н. Н. //Дисс. докт. техн. наук. - К.: КТИШ. - 1983. - 383 с.
11. Колонный диффузионный аппарат: А.с. IOIOI3I СССР: МКИ С13Д1/10 /П у ш а н к о Н. Н., Б а л а к а н С. А., С е р е г и н А. А., Л е б е д е в Ю. В. //Киев. Технол. ин-т пищ. пром-сти. - № 33IO968/28 - I3; Заявл. 02.07.81; Оpubл. 07.04.83. Бюл. № 13.
12. Колонный диффузионный аппарат: А.с. IO35066 СССР: МКИ С I3Д I/10 /П у ш а н к о Н. Н., Б а л а к а н С. Н., К у х а р В. Н., С е р е г и н А. А. //Киев.технол.ин-т пищ. пром-сти. - № 299I9IO/28-I3. Заявл. 02.10.80; Оpubл. 15.08.83. Бюл. № 30.
13. Диффузионный аппарат для свеклосахарного производства: А.с. IO82818 СССР: МКИ С I39 I/10 /П у ш а н к о Н. Н., Б а л а к а н С. А., М а т в и е н к о Б. А., К у х а р В. Н. //Киев.



технол. ин-т пищ. пром-сти. - № 3302630/28-23. Заявл. 18.06.81;  
Опубл. 30.03.84. Бюл. № 12.

14. Колонный диффузионный аппарат: А.с. 1209718 СССР: МКИ  
С 13 I/10 /Пушанко Н. Н., Серегин А. А., Слива Г. М.,  
Кухар В. Н. //Киев. технол. ин-т пищ. пром-сти. -  
№ 3654557/28-13. Заявл. 21.10.83; Опубл. 07.02.86. Бюл. № 5.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение . . . . .	1
Этапы развития конструкции колонных диффузионных аппаратов	2
Классификация колонных установок . . . . .	2
Развитие многоколонных аппаратов с принудительным перемещением стружки . . . . .	5
Одноколонные аппараты с принудительной системой перемещения твердой фазы . . . . .	9
Анализ транспортных систем и вопросы совершенствования их конструкции . . . . .	12
Модернизация колонных диффузионных аппаратов . . . . .	16
Конструкция транспортных органов . . . . .	16
Модернизация узла выгрузки колонного аппарата . . . . .	19
Эффективность модернизации колонных установок . . . . .	21
Разработка конструкции перспективного колонного диффузионно-го аппарата . . . . .	23
Выводы . . . . .	26
Список литературы . . . . .	27

*СЕРЕГИН Александр Александрович*  
*ПУШАНКО Николай Николаевич*  
*РОГАЛЬСКИЙ Сергей Владимирович*  
*АДАМЕНКО Валерий Прокофьевич*  
*КУХАР Владимир Николаевич*  
*БАЛАКАН Сергей Анатольевич*

Серия. Промышленная переработка и хранение пищевых продуктов

Ответственный за издание зав. отделом научного анализа,  
 обобщения научно-технической информации  
 и технико-экономических исследований  
 по проблемам научно-технического прогресса в промышленном комплексе  
**В. Т. Барিশполец**

Редактор Э. Т. Завгородняя  
 Технический редактор Е. В. Сенченко  
 Корректор Г. Л. Костюк

---

Подписано к печати 27.07.90. БФ 10678. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага тип. Офсет-  
 ная печать. Усл. печ. л. 1,63. Усл. кр.-отт. 1,92. Уч.-изд. л. 1,37. Тир. 1012 экз.  
 Зак. 854. Индекс 5.5—20/1. Заказное.

---

ППП УкрНИИНТИ, 252171, Киев-171, ул. Горького, 180.