



техническая программа

► **Свеклосахарные диффузионные установки**

Области применения:

диффузионная установка непрерывного действия компании БМА применяется для экстракции сахара из свекловичной стружки. После прохождения стружкой противоточного ошпаривателя и колонного диффузионного аппарата из неё получается диффузионный сок высокой чистоты с высоким содержанием сухих веществ и низкой температурой.

Стерильный режим работы без доступа воздуха снижает до минимума наличие микроорганизмов и связанные с ним потери сахара.



ВМА 

Превосходство благодаря эффективности



Уже в течение многих десятилетий БМА занимает на мировом рынке ведущее положение в области разработок и строительства свеклосахарных диффузионных установок непрерывного действия. Свеклосахарные диффузионные установки компании БМА наиболее эффективны как в технологическом, так и в экономическом аспекте.

Новая конструкция колонного диффузионного аппарата, оснащенного только боковыми ситами (без донных сит), значительно более надёжна в эксплуатации, позволяет снизить до минимума наличие микроорганизмов и значительно облегчает проведение текущего ремонта и техобслуживания. Благодаря новой кон-

цепции и расширению типоряда диффузионных установок БМА теперь на одной установке может быть переработано более 16.000 т свеклы в сутки.

Диффузионная установка непрерывного действия компании БМА применяется для экстрагирования сахара из свекловичной стружки. После прохождения стружкой противоточного ошпаривателя и колонного диффузионного аппарата из неё получается диффузионный сок высокой чистоты с высоким содержанием сухих веществ и низкой температурой. Стерильный режим работы без доступа воздуха снижает до минимума наличие микроорганизмов и связанные с ним потери сахара.

Свеклосахарная диффузионная установка

Технологические основы процесса

В ходе экстрагирования в системе твёрдое вещество-жидкость из клеток свекловичной стружки извлекается содержащаяся в них сахароза с использованием воды в качестве экстрагента. Т.к. стенки клеток непроницаемы для молекул сахарозы, перед собственно экстракцией их необходимо денатурировать. Часть стенок клеток разрушается механически уже при изрезывании свёклы в стружку, а основная часть подвергается денатурированию лишь в ходе непродолжительного термического воздействия.

Целью эксплуатации диффузионной установки, работающей в экономически эффективном технологическом и энергетическом режиме, является получение диффузионного сока высокой чистоты с большим содержанием сухих веществ и низкой температурой. Для достижения этой цели используется принцип противотока между стружкой и экстрагентом, полный возврат жомпрессованной воды и малые количества экстрагирующей воды. Режим работы без доступа воздуха снижает до минимума наличие микроорганизмов и связанные с ними потери сахара из-за разрушения сахарозы микробами.

Свеклосахарная диффузионная установка компании БМА подразделяется на два основных компонента, имеющих различные технологические задачи:

- **противоточный ошпариватель** служит для термического разрушения клеток, теплообмена между поступающей стружкой и выходящим соком, а также для пеноподавления;
- **колонный диффузионный аппарат** служит для экстрагирования сахарозы из клеток свекловичной стружки в системе твёрдое тело-жидкость с применением принципа противотока.

Оба компонента – противоточный ошпариватель и колонный диффузионный аппарат – соединены трубопроводами и специальными насосами и работают как единый технологический агрегат.

Компьютеризированная разработка компоновочных чертежей диффузионной установки БМА





Описание технологического процесса

Вымытая и нарезанная свёкла подаётся через загрузочную шахту в противоточный ошпариватель. Здесь стружка подогрывается соком из колонного диффузионного аппарата и стенки клеток подготавливаются к выходу молекул сахара. Получаемая в противоточном ошпаривателе сокостружечная смесь перекачивается насосами для стружки с регулируемым числом оборотов в нижнюю часть колонного диффузионного аппарата.

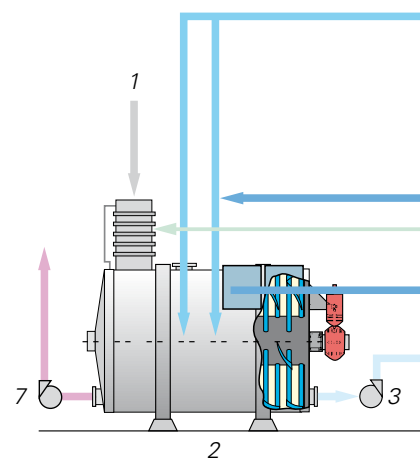
В диффузионном аппарате стружка при помощи транспортных лопастей и контролопастей плотным пакетом равномерно перемещается вверх. В это время происходит экстрагирование молекул сахара из клеток свёклы. Экстрагированная стружка выгружается двумя разгрузочными шнеками в верхнем конце аппарата и подвергается механическому обезвоживанию в расположенных далее жомовых прессах. Получаемая здесь жомопрессовая вода с небольшим содер-

жанием сахара полностью возвращается в диффузионный аппарат.

Экстрагирующая жидкость, состоящая из свежей и жомопрессовой воды, подается в аппарат отдельно на двух различных уровнях. Она стекает вниз противотоком к стружке, обогащаясь при этом сахаром из-за постоянно имеющегося различия концентраций. Получаемый при этом сок откачивается в нижней части диффузионного аппарата через встроенные по всему периметру сита и после прохождения песколоушки возвращается к противоточному ошпаривателю.

Часть возвращаемого сока служит для приготовления перекачиваемой насосами сокостружечной смеси, другая часть проходит секцию теплообменника в противоточном ошпаривателе, отдаёт значительную часть своего тепла свежей стружке и покидает ошпариватель через торцовые сита в качестве так называемого „холодного диффузионного сока“ для дальнейшей переработки на дефкосатурации.

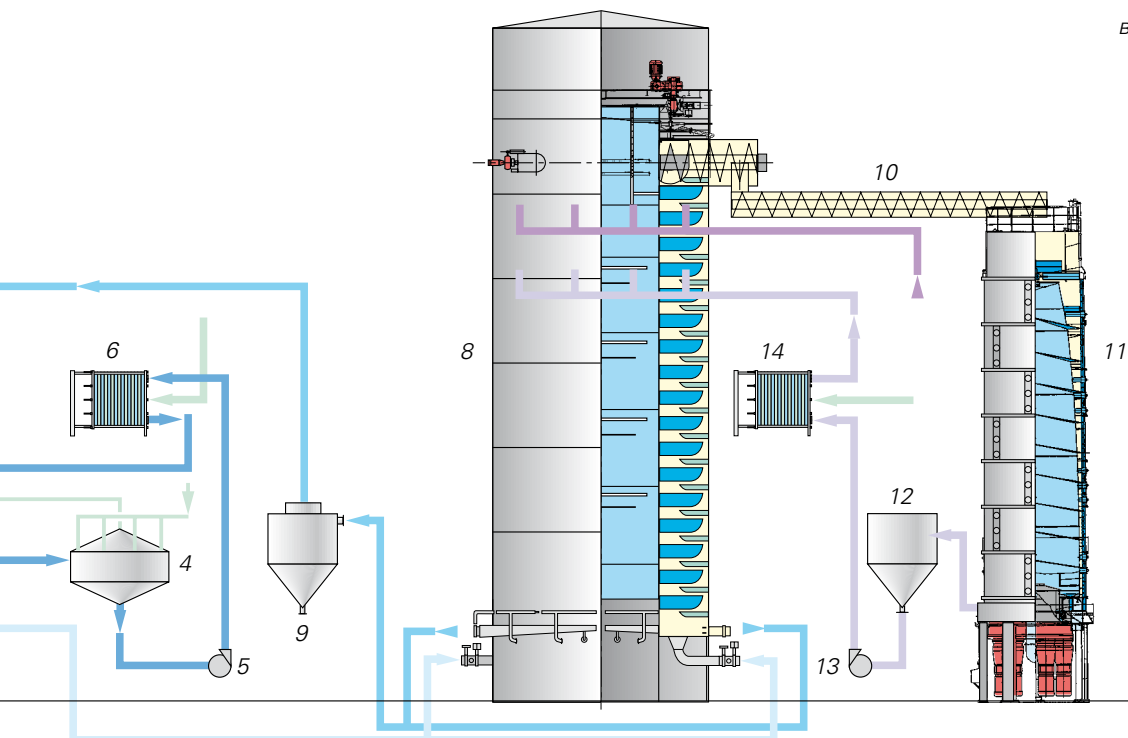
*Колонный
диффузионный
аппарат*





Изготовление
диффузионных установок
в цехах БМА

- ▶ Диффузионный сок
 - ▶ Возвращаемый сок колонной диффузии
 - ▶ Обеспеченный сок
 - ▶ Сокостружечная смесь
 - ▶ Жомопрессовая вода
 - ▶ Свежая вода
 - ▶ Пар
1. Свежая стружка
 2. Противоточный ошпариватель
 3. Насос для сокостружечной смеси
 4. Емкость для пеноподавления
 5. Насос для обеспеченного сока
 6. Подогреватель для обеспеченного сока
 7. Насос для диффузионного сока
 8. Колонный диффузионный аппарат
 9. Песколовушка
 10. Транспортный шнек
 11. Жомовый пресс
 12. Емкость для жомопрессовой воды
 13. Насос для жомопрессовой воды
 14. Подогреватель для жомопрессовой воды





Противоточный ошпариватель подразделён на две камеры: теплообменную и смесительную.

Свежая холодная стружка подаётся в противоточный ошпариватель без доступа воздуха на входе в теплообменную камеру. Расположение и конструкция транспортирующих лопастей и контрлопастей в теплообменной камере, а также бесступенчатое регулирование числа оборотов вала ошпаривателя обеспечивают образование гомогенного и плотного пакета стружки, необходимого для оптимального теплообмена.

Идущий противотоком к стружке охлажденный диффузионный сок откачивается через встроенное в торцовую стенку сито из проволоки из нержавеющей стали, со щелями с двойным конусным сечением и с полезной ситовой поверхностью 34 %.

В смесительной камере противоточного ошпаривателя поступающий из теплообменной камеры плотный пакет стружки разрыхляется, завершается подогрев стружки и готовится сокостружечная смесь, пригодная для перекачивания насосом.

Кривая температурного режима в противоточном ошпаривателе имеет крутой подъём на участке неблагоприятного с микробиологической точки зрения диапазона температур между 30 и 40°C. Благодаря быстрому прохождению этого участка опасность размножения микроорганизмов снижается до минимума. По той же причине температура откачиваемого из противоточного ошпаривателя диффузионного сока не должна превышать 30°C.

Особенностью противоточного ошпаривателя является производство „холодного“ диффузионного сока с температурой (в зависимости от откачки диффузионного сока) на 10 – 15 К выше температуры свежей стружки. Этот холодный диффузионный сок может быть позже подогрет в ходе производственного процесса не используемым иным образом отходящим теплом (вторичный пар кристаллизации, конденсат). Таким образом возможна экономия пара в размере 5- 7 % к в.св. по сравнению с диффузионными установками без противоточного ошпаривателя.

Теоретически достигаемая разность температур между откачиваемым диффузионным соком и свежей стружкой зависит, при соответствующей плотности пакета стружки, от разности температур в смесительной камере и температуры свежей стружки, а также от величины откачки диффузионного сока. Эта взаимосвязь показана на иллюстрации на стр. 5.

На достигаемую на практике разность температур между диффузионным соком и свежей стружкой влияет к.п.д. теплообмена, составляющий (в зависимости от качества стружки и зависящей от этого показателя плотности пакета стружки) от 90 до 95 %.

Для оптимальной эксплуатации противоточного ошпаривателя и стерильного состояния всей установки большую роль играет эффективное **пеноподавление**. Пена может образоваться, например, из-за газов, высвобождающихся при денатурации свекольных клеток, или при переработке незрелой или повреждённой микроорганизмами свёклы. Вносимый ворохом стружки воздух также может усилить пенообразование.

Пена вместе с частью потока сока удаляется из противоточного ошпаривателя через щелевое сито в верхней части смесительной камеры и направляется в расположенную далее ёмкость для пеноподавления, где она гасится паром или, при необходимости, смесью пара с пеноподавляющим средством.

Необходимое для денатурации клеток стружки и для экстрагирования количество тепла вносится в систему не только свежей или жомпрессовой водой, но и частичным потоком сока из контура пеноподавления. В этом контуре установлен подогреватель, нагревающий циркулирующий по контуру сок в количестве приблизительно 80 % к в.св. примерно до 80°C. Этим подогревом достигается также положительный с точки зрения микробиологии эффект – стерилизация части потока, в результате которой значительно снижается количество микроорганизмов в соке.



Противоточный

ошпариватель для

оптимального

теплообмена



Все соприкасающиеся со стружкой узлы и детали противоточного ошпаривателя выполняются из коррозионностойкой стали или облицованы высококачественной сталью.

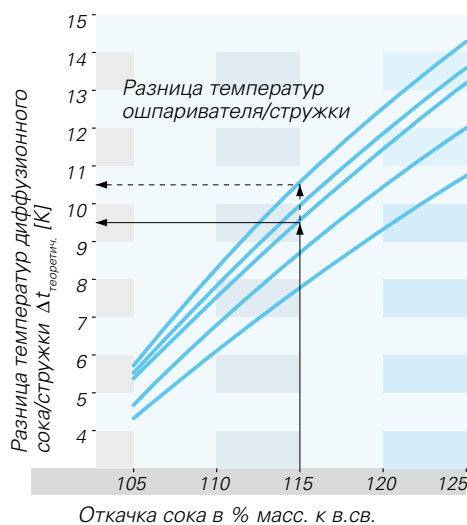
Используемое в противоточном ошпаривателе **оборудование КИПиА** выполняет следующую основную задачу: для денатурирования стружки в смесительной камере противоточного ошпаривателя важно точное соблюдение необходимой температуры примерно в 70°C. Это достигается контролируемым подогревом обезпеченного сока, который может производиться автоматически в зависимости от температуры в смесительной камере.

Для достижения возможно более низкой температуры диффузионного сока обязательно необходимо контролировать заполнение стружкой теплообменной камеры. При используемом для этого регулировании степени заполнения число оборотов вала ошпаривателя изменяется в зависимости от потребления тока приводным двигателем. Уровень заполнения противоточного ошпаривателя поддерживается на одном и том же уровне регулированием числа оборотов насосов для стружки.

Подогретый до 80°C обезпеченный сок перед входом в противоточный ошпариватель смешивается с более холодным диффузионным соком для предотвращения местного перегрева, который, как известно, отрицательно влияет на структуру стружки.

Привод противоточного ошпаривателя состоит из редуктора-насадки с предохранительной муфтой и прифланцованным электродвигателем с бесступенчатым регулированием числа оборотов.

Как торцевое сито для откачки диффузионного сока, так и сито пеноподавителя очищаются подвижными скребками, находящимися на вращающихся транспортных лопастях.



Зависимость

температуры холодного

диффузионного сока от

откачки сока

Новая концепция колонного диффузионного аппарата БМА

Колонный диффузионный аппарат БМА состоит из цилиндрического вертикального корпуса с контролопастями, транспортного вала с насаженными на него транспортными и распределяющими лопастями, привода, разгрузочных шнеков и нижней части с боковыми ситами. Собственно диффузионная камера с улучшенной по сравнению с предыдущими моделями геометрией – это кольцевое пространство между наружной царгой и внутренним транспортным валом. Одной из наиболее характерных особенностей прежней конструкции колонного диффузионного аппарата БМА

была откачка диффузионного сока через донные и боковые сита. Максимальная нагрузка на боковые сита составляет примерно $65 \text{ м}^3/[\text{м}^2 \cdot \text{ч}]$. Эта величина ограничена находящимся над ситом пакетом стружки, влияющим на движение потока.

Как показали проведенные эксперименты, удельная пропускная способность боковых сит может быть (в отличие от донных сит) без особых трудностей увеличена до $200 \text{ м}^3/[\text{м}^2 \cdot \text{ч}]$. В новом колонном диффузионном аппарате диффузионный сок откачивается только через боковые сита совершенно новой конструкции. Подготовленная в противотоком ошпаривателе сокостружечная смесь насосами для стружки перекачивается к колонному диффузионному аппарату и закачивается в него снизу через находящийся в плите днища штуцер противотоком к направлению движения потока (направлению вращения). Большие распределяющие лопасти обеспечивают равномерное распределение стружки по сечению колонны и её быстрое перемещение вверх. Благодаря этому на участке боковых сит образуется зона, заполненная, главным образом, соком, что позволяет производить его бесперебойную откачку.

Оптимальное расположение транспортных лопастей и контролопастей обеспечивает бережное перемещение стружки до верха диффузионной камеры, где она шнеками выгружается из колонного аппарата.

Расположение транспортных лопастей и контролопастей обеспечивает заполнение аппарата большим количеством стружки с равномерным её распределением по всему поперечному сечению колонны. Поэтому уже за 105 минут экстрагирования можно получить откачку диффузионного сока в 110 % к в.св. при потерях сахарозы в 0,25 % к в.св. Как показывает практика, такие результаты достигаются даже при высокой доле мезги в стружке. Взаимозависимость между откачкой сока, продолжительностью экстрагирования и потерями сахарозы показана на иллюстрации внизу.

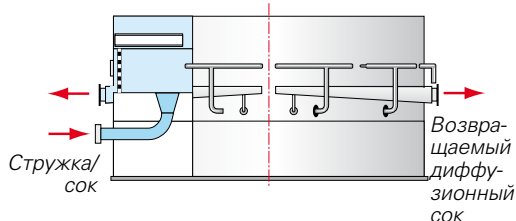
Экстрагирование сахара из стружки производится в колонном диффузионном аппарате противотоком свежей и жомопрессовой воды. В то время, как свежая вода закачивается в аппарат под разгрузочными шнеками с распределением по всему сечению колонны, подача жомопрессовой воды производится в зону колонны, соответствующую содержанию сахара в окружающей экстракционной жидкости.

Вместо прежних донных сит **нижняя часть колонного диффузионного аппарата** оснащена массивным днищем из коррозионностойкой стали.

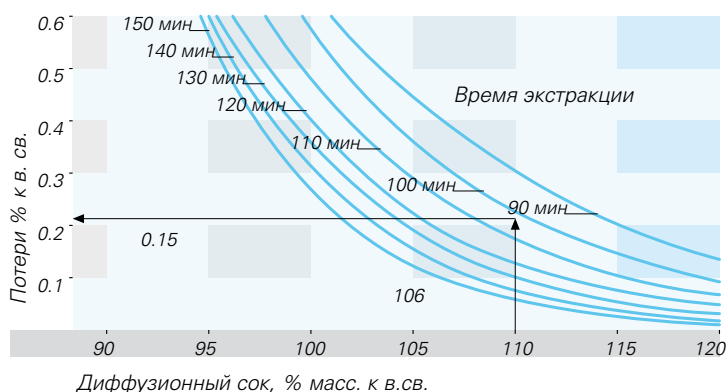
Преимущество новой конструкции заключается в отсутствии донных сит со скребками, которые теперь не могут быть разрушены посторонними примесями и не нуждаются в техобслуживании по окончании сезона. Это снижает не только инвестиционные затраты, но и затраты на техобслуживание.

Еще одно (решающее) преимущество новой конструкции днища – существенное снижение опасности инфекций, т.к. теперь отсутствуют соковые зоны под донными ситами, где могли размножиться микроорганизмы; повышается стерильность работы КДА.

Новая конструкция нижней части КДА



Зависимость потерь при экстракции от откачки диффузионного сока и времени экстракции



Привод с планетарным

редуктором

Как уже упоминалось, нагрузка на боковые сита может составлять до $200 \text{ мЗ} / [\text{м}^2 \cdot \text{ч}]$. Для обеспечения достаточно надёжной работы аппарата при расчёте новой конструкции нагрузка на сита была ограничена величиной $100 \text{ мЗ} / [\text{м}^2 \cdot \text{ч}]$.

Боковые сита полностью встроены в наружную рубашку, в результате чего отсутствуют обычные соковые камеры и сита образуют гладкую стенку вместе с наружной оболочкой аппарата.

Отводимый поток сока внутри и вне сит направляется таким образом, что обеспечивается 100%-ное омывание сит и полностью исключается возможность появления отложений.

Расположенные по всему периметру сита имеют слегка измененный размер щелей. Как показывает опыт, опасность повреждения боковых сит отсутствует. Однако в качестве меры предосторожности всё-таки предусмотрены трубопроводы для промывки, чтобы иметь возможность очистить сита в случае необходимости (например, при плохом качестве стружки).

По окончании сезона не требуется открывать камеры для сбора сока, что снижает затраты на техобслуживание.

Привод транспортного вала колонного диффузионного аппарата состоит из нескольких агрегатов с регулируемым числом оборотов. Для надёжной и бесперебойной передачи высоких вращающих моментов, возникающих при работе с высокой степенью заполнения, БМА в сотрудничестве с фирмами-изготовителями редукторов разработала специальную конструкцию привода с „плавающими“ ведущими шестернями, что обеспечивает точную параллельность их боковых поверхностей с большим колесом. Передаваемый вращающий момент каждого приводного агрегата непрерывно измеряется и контролируется.

Переработана концепция привода: изменено передаточное отношение между шестерней и большим колесом, а также уменьшено количество приводных агрегатов, которые теперь выполнены как центрально расположенные планетарные редукторы. Предохранительная муфта

как ограничитель вращающего момента защищает приводы от аварийных перегрузок.

В колонном диффузионном аппарате применяется следующее **оборудование КИПиА**: для достижения оптимального экстрагирования необходимо поддерживать в аппарате постоянно высокую степень заполнения стружкой. Степень заполнения стружкой регулируется изменением уровня жидкости или регулированием числа оборотов транспортного вала.

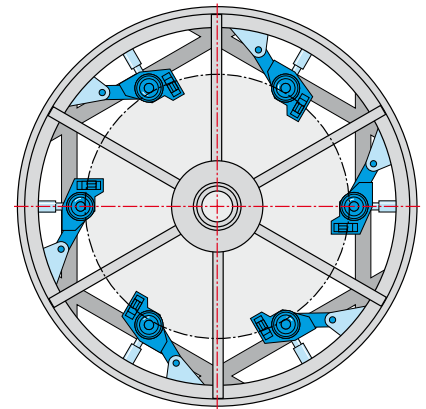
На практике задается фиксированное число оборотов, соответствующее желаемому уровню заполнения. Изменения степени заполнения в результате неравномерной загрузки стружки или её различного качества компенсируются автоматически изменением уровня жидкости в аппарате.

Нормальный уровень жидкости в аппарате (в зависимости от его размера и производительности по переработке) находится на 1-2 м ниже разгрузочных шнеков. Если будет задан более низкий уровень жидкости, увеличивающаяся при этом сухая зона затрудняет выход стружки из аппарата, т.е. продолжительность пребывания стружки в аппарате увеличивается, одновременно увеличивается и степень его заполнения стружкой. При повышении уровня жидкости облегчается выход стружки из аппарата. Увеличение выходящего количества уменьшает время пребывания стружки в аппарате и снижает степень заполнения.

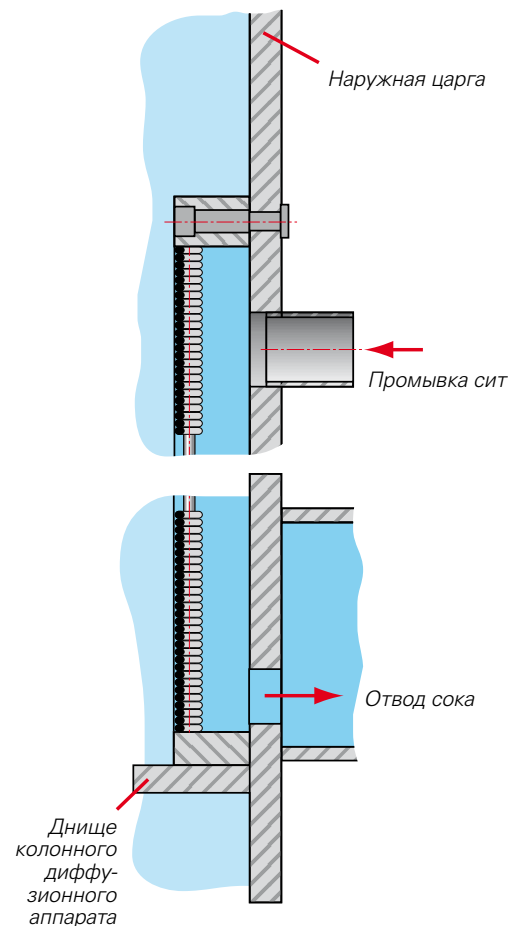
Независимо от регулирования степени заполнения аппарата стружкой уровень жидкости в колонном диффузионном аппарате поддерживается постоянным, для чего в аппарат подается свежая питательная вода в соответствии с заданным значением параметра.

Все соприкасающиеся со средой узлы и детали колонного диффузионного аппарата облицованы высококачественной сталью или выполнены из коррозионно-стойкой стали.

Расположение всех подшипниковых узлов обеспечивает их лёгкое техобслуживание.



Боковые сита





Преимущества, особенно- сти и типоразмеры

Свеклосахарные диффузионные установки компании БМА имеют следующие преимущества и особенности:

- Опыт строительства более, чем 360 диффузионных установок в почти всех свеклоперерабатывающих странах земного шара
- Небольшие производственные площади и пространства
- Противоточный ошпариватель может быть установлен на значительном расстоянии от колонного диффузионного аппарата
- Колонный диффузионный аппарат может быть установлен на открытой площадке и в экстремальных климатических условиях
- Максимальная надёжность в эксплуатации
- Гибкий подход к условиям эксплуатации и качеству стружки, причём производительность по переработке может составлять от 65 до 120 % от номинальной
- Один противоточный ошпариватель может быть скомбинирован с двумя и более колонными диффузионными аппаратами или же один колонный диффузионный аппарат – с несколькими противоточными ошпаривателями
- Получение „холодного“ диффузионного сока ведёт к значительному снижению потребления тепла
- Исключительно низкие потери сахара в процессе экстракции при малой откачке сока
- Переработка стружки, нарезанной кёнигсфельдскими ножами и ножами Голлера, или пластинчатой стружки
- Оптимальное пеноподавление в противоточном ошпаривателе
- Почти стерильная работа благодаря отсутствию соковых камер донных сит, стерилизации части потока в пеноподавляющем циркуляционном контуре, а также благодаря короткой зоне критических температур в теплообменной камере ошпаривателя
- Достаточно большая площадь ситовой поверхности для бесперебойной откачки сока
- Бережное обращение со стружкой
- Отсутствует местный перегрев стружки
- Экстрагированная стружка с содержанием сухих веществ в 10 – 12 %
- Возвращение всей жомпрессовой воды в процесс
- Минимальный объем работ по техобслуживанию и уходу



Переработка свеклы

**Колонный
диффузионный аппарат**

**Противоточный
ошпариватель**

Номинально [т/сутки]	Диаметр [м]	Диаметр / длина [м]
4.000	6,5	4,2 / 7,0
5.000	7,0	4,7 / 8,0
6.000	7,6	5,2 / 8,0
7.000	8,2	5,6 / 8,0
8.000	8,9	6,0 / 8,0
9.000	8,9	6,0 / 8,0
10.000	9,6	6,7 / 8,5
11.000	10,6	6,7 / 8,5
12.000	10,6	7,5 / 9,5
13.000	12,0	7,5 / 9,5
14.000	12,0	8,2 / 10,0
15.000	13,6	8,2 / 10,0
16.000	13,6	9,0 / 11,0
17.000	13,6	9,0 / 11,0

Длина экстракционной части КДА меняется в зависимости от условий эксплуатации и размера установки.