Т. В. НАУМЕНКО

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕКЛОВИЧНОГО САХАРА. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ФИЛЬТРОВАНИЯ СОКОВ И СИРОПОВ СВЕКЛОСАХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Издание второе, стереотипное

ЛАНЬ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • МОСКВА • КРАСНОДАР
2021

УДК 664.1
ББК 36.84я723

Н 34 **Науменко Т. В.** Технология получения свекловичного сахара. Современные технологии и оборудование фильтрования соков и сиропов свеклосахарного производства : учебно-методическое пособие для СПО / Т. В. Науменко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 52 с. — Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-8114-7124-9

Пособие разработано в соответствии с рабочей программой МДК «Технология получения свекловичного сахара» для изучения раздела «Сокоочистительное отделение». Рассмотрены основные процессы при производстве сахара, влияющие на качество готового продукта: разделение нефильтрованного сока на жидкую и твердую фазы путем фильтрования или отстаивания с целью увеличения массовой доли твердой фазы в сгущенной суспензии для максимально возможного ее обессахаривания.

Пособие предназначено для студентов ссузов, обучающихся по направлению подготовки специалистов среднего звена «Технология сахаристых продуктов». Будет полезно преподавателям — руководителям курсового и дипломного проектирования, а также квалифицированным рабочим, техникам и специалистам — слушателям курсов повышения квалификации по специальности «Технология сахара и сахаристых продуктов».

УДК 664.1
ББК 36.84я723

Обложка
Ю. В. ГРИГОРЬЕВА

© Издательство «Лань», 2021
© Т. В. Науменко, 2021
© Издательство «Лань»,
художественное оформление, 2021

1. ФИЛЬТРОВАНИЕ И ОТСТАИВАНИЕ СУСПЕНЗИЙ

1.1. Фильтрование сока первой сатурации

На большинстве сахарных заводов фильтрование сока первой сатурации осуществляется в две стадии. На первой стадии поступающий из сатуратора нефильтрованный сок разделяется в фильтрах-сгустителях типа ФиЛС, МВЖ, П9-УФЛ и им подобных на фильтрованный сок (75–80%) и сгущенную суспензию (20–25%).

Фильтрованный сок поступает на дальнейшую обработку на станцию второй сатурации, а сгущенная суспензия направляется на вторую стадию фильтрования — обессахаривание.

На второй стадии фильтрования, которая обычно осуществляется на вакуум-фильтрах или фильтр-прессах, происходит окончательное разделение сгущенной суспензии на жидкую и твердую фазы. Твердый осадок, состоящий в основном из кристаллов $CaCO_3$ с адсорбированными на нем несахарами на этой стадии подвергается промывке водой и просушке воздухом с целью максимального (экономически выгодного) извлечения из него растворенной сахарозы, после чего выводится из завода. Фильтрат, а также часть воды, которая использовалась для промывки осадка, содержащая более 4% СВ, возвращается в сборник нефильтрованного сока первой сатурации перед фильтрами-сгустителями.

Исходя из этого, расчет производительности фильтров сока первой сатурации необходимо осуществлять с учетом объемов возвращаемого фильтрата и промывной воды, а также суспензии сока второй сатурации, которая также направляется в сборник нефильтрованного сока первой сатурации.

1.1.1. Фильтры листовые саморазгружающиеся ФиЛС

Принципиальная схема фильтрования сока первой сатурации с использованием ФиЛС приведена на рисунке 1. Нефильтрованный сок первой сатурации из сборника сока *14* насосом *13* подают через подогреватель *1* в напорный сборник *2* перед фильтрами, расположенный на высоте 7,0 м от уровня верхней крышки фильтров. Под действием гидростатического давления (0,07 МПа) сок направляется в фильтр ФиЛС-4, где фильтруется на фильтровальных элементах, представляющих собой металлические рамки, обтянутые фильтровальной тканью. Далее сок самотеком поступает в сборник фильтрованного сока *12*, расположенный на нулевой отметке, откуда насосом *11* направляется на вторую сатурацию.

Сгущенная суспензия поступает в сборник-мешалку *10*, откуда насосом *9* и подается на обессахаривание. Сок из сборника частичного опорожнения *8* насосом *7* возвращают в напорный сборник *2* перед фильтрами ФиЛС. Установка ФиЛС первой сатурации должна иметь два фильтра в резерве для проведения работ по смене ткани и ремонту.

Технологические параметры процесса приведены ниже.

Содержание твердой фазы в фильтрате, г/см^3, не более	$1 \cdot 10^{-3}$
Плотность суспензии (по ареометру), г/см^3	1,18–1,21

Температура сока, °С	85–90
Fk, с/см^2, не более	8
Скорость фильтрования сока, м^3/м^2 в мин	8,4·10^{-3}

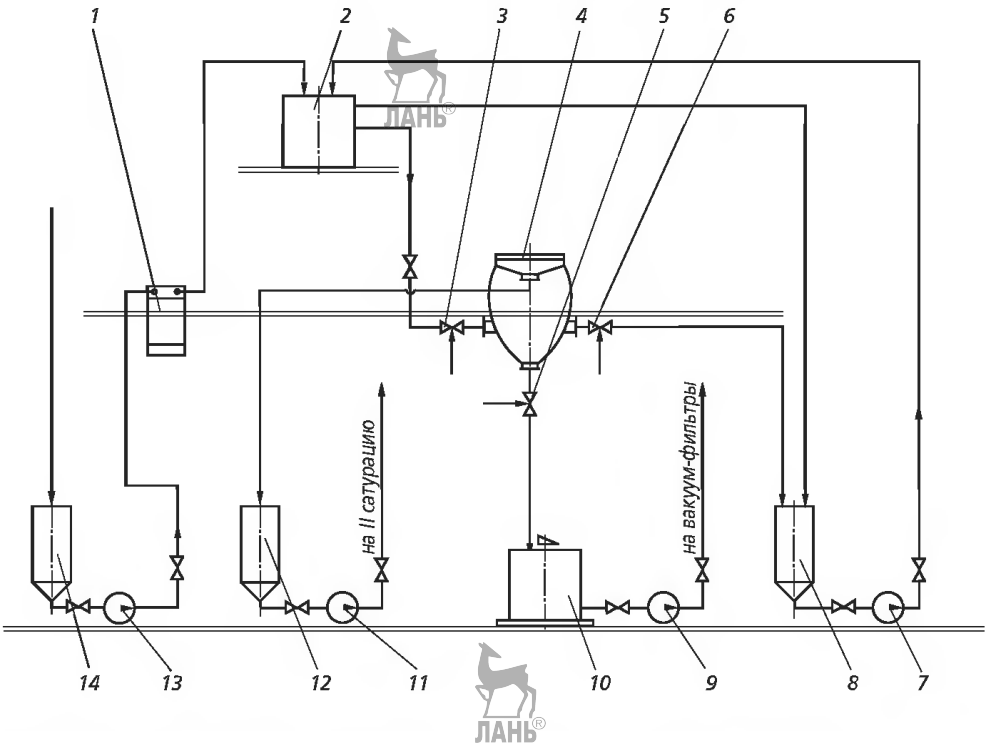

Рис. 1

Фильтры листовые саморазгружающиеся ФиЛС:

1 — подогреватель нефильтрованного сока; *2* — напорный сборник нефильтрованного сока; *3* — автоматическая задвижка набора фильтра; *4* — фильтр-сгуститель ФиЛС; *5* — задвижка конечного спуска суспензии; *6* — задвижка частичного опорожнения; *7* — насос частичного опорожнения; *8* — сборник сока частичного опорожнения; *9* — насос сгущенной суспензии; *10* — мешалка сгущенной суспензии; *11* — насос фильтрованного сока; *12* — сборник фильтрованного сока; *13* — насос нефильтрованного сока; *14* — сборник нефильтрованного сока.

1.1.2. Фильтры листовые МВЖ

Установка листовых фильтров МВЖ предназначена для разделения сока первой сатурации на жидкую (фильтрат) и твердую (осадок) фазы.

При этом объем фильтрата составляет 80–85%, сгущенной суспензии — 15–20% от объема нефильтрованного сока первой сатурации.

Схема фильтрования сока первой сатурации на фильтрах МВЖ разработана в двух вариантах.

По первому варианту (рис. 2) фильтрование сока осуществляется под действием гидростатического давления жидкости в напорном сборнике, расположенном на уровне 7–18 м от крышки фильтра.

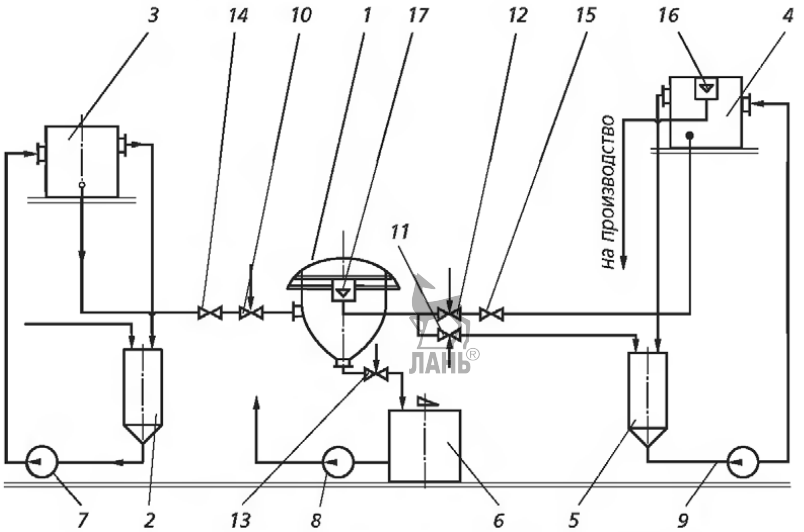

Рис. 2

Схема фильтрования сока первой сатурации на фильтре МВЖ:
1 — фильтры МВЖ; *2* — сборник нефильтрованного сока; *3* — напорный сборник нефильтрованного сока; *4* — сборник промывного фильтрата; *5* — сборник фильтрованного сока; *6* — мешалка сгущенной суспензии; *7–9* — насосы; *10–13* — автоматические задвижки; *14–15* — ручные задвижки; *16–17* — щелевые расходомеры.

По второму варианту (рис. 3) фильтрование осуществляется под действием гидростатического давления жидкости в напорном П-образном трубопроводе с высотой переливного колена 10–18 м от уровня крышки фильтра.

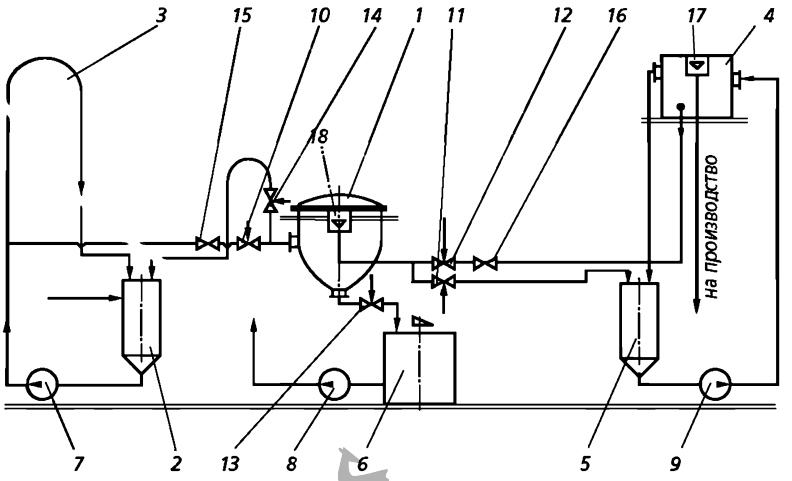

Рис. 3

Схема фильтрования сока первой сатурации на фильтрах МВЖ:
1 — корпус фильтра МВЖ; *2* — сборник нефильтрованного сока; *3* — П-образный трубопровод; *4* — сборник промывного фильтрата; *5* — сборник фильтрованного сока; *6* — мешалка сгущенной суспензии; *7–9* — насосы; *10–14* — автоматическая задвижка; *15–16* — ручные задвижки; *17–18* — щелевые расходомеры.

По первому варианту нефильтрованный сок из сборника *2* подается в напорный сборник *3*, откуда он поступает в фильтр *1*, где фильтруется через ткань, натянутую на рамки. Фильтрат через коллектор рамки отводится в треугольный коллектор, опоясывающий весь фильтр, и через щелевой самотек подается в сборник фильтрованного сока *5*, расположенный на нулевой отметке. Из этого сборника фильтрованный сок направляется в напорный сборник.

По второму варианту нефильтрованный сок из сборника *2* насосом *7* подается в напорный сборник *3*, откуда он поступает в корпус фильтра *1*, где фильтруется через ткань, натянутую на рамки. Фильтрат через коллектор рамки отводится в треугольный коллектор, опоясывающий весь фильтр, и через щелевой расходомер *17* самотеком подается в сборник фильтрованного сока *5*, расположенный на нулевой отметке. Из этого сборника насосом *9* фильтрованный сок направляется в напорный сборник промывного фильтрата *4*.

В верхней части сборника промывного фильтрата находится щелевой расходомер *16*, через который фильтрованный сок первой сатурации направляется на дальнейшую обработку — на вторую сатурацию. Количество фильтрата, проходящего через этот расходомер, является одним из критериев, определяющих цикл работы установки и частоту выгрузки сгущенной суспензии и промывки ткани.

После окончания цикла активного фильтрования закрывается клапан *11* отвода фильтрованного сока и открывается клапан *12* подачи промывного фильтрата. Фильтрованный сок обратным потоком подается в рамки фильтра, и, проходя через фильтровальную ткань, сбрасывает осадок, который опускается в нижнюю часть фильтра, смешивается с нефильтрованным соком и через клапан *13* отводится в мешалку сгущенной суспензии, откуда насосом *8* направляется для обессахаривания на вакуум-фильтры. Избыток сока из корпуса по схеме рисунка 2 через открытые заслонки *10* и *14* возвращается в напорный сборник *3*, а по схеме рисунка 3 при закрытой заслонке *10* через заслонку *14* и переливное колено поступает в сборник *2*.

Технологические параметры процесса фильтрования сока первой сатурации и сгущения суспензии приведены ниже.

Содержание твердой фазы в фильтрате, г/см^3, не более	$0{,}5\cdot10^{-3}$
Плотность суспензии, г/см^3	1,15–1,22
Температура сока, °С	85–90
Коэффициент фильтрования, с/см^2, не более	8
Скорость фильтрования сока, м^3/м^2 в мин, не менее	$12\cdot10^{-3}$

1.1.3. Фильтры листовые П9-УФЛ

Принципиальная технологическая схема фильтрования сока первой сатурации с использованием фильтров П9-УФЛ представлена на рисунке 4. Нефильтрованный сок из сборника *1* насосом *2* подается в напорный сборник *3*, откуда направляется в фильтры *4*. Проходя сквозь фильтрующие элементы и выходной коллектор, сок насосом *5* подается в сборник обратной промывки *3а*, установленный на напорном сборнике *3*. Далее из этой части сборника через щелевой расходомер сок идет на дальнейшую обработку.

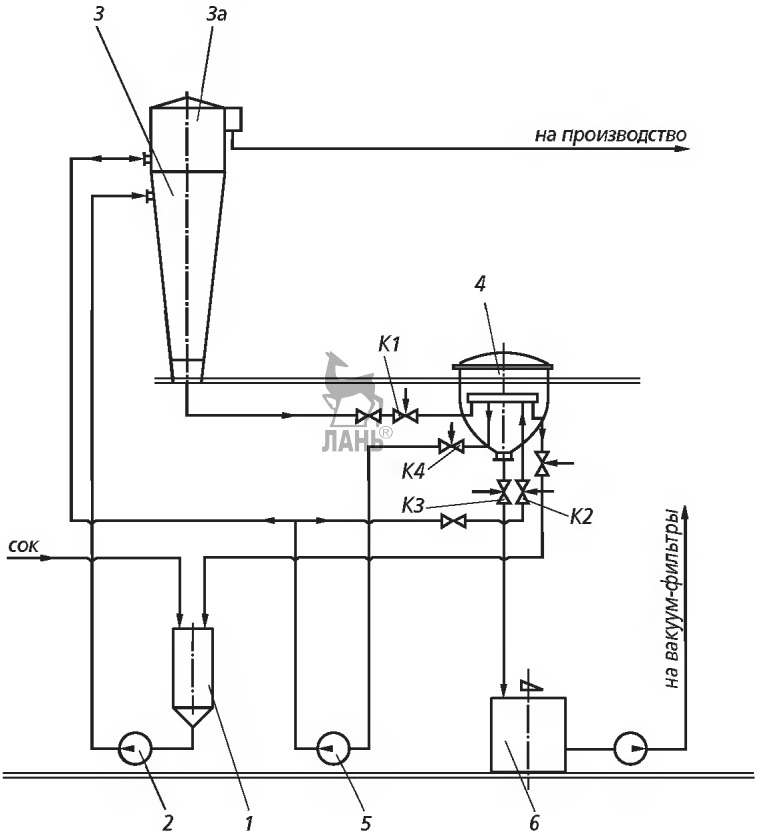

Рис. 4

Принципиальная технологическая схема фильтрования сока первой сатурации на фильтре П9-УФЛ:

1 — сборник нефильтрованного сока; *2, 5* — насосы; *3* — напорный сборник; *3а* — сборник обратной промывки; *4* — фильтр; *6* — мешалка сгущенной суспензии; *К1–К4* — автоматические задвижки.

После прохождения некоторого количества сока или через оговоренный промежуток времени начинается обратная промывка, при которой может осуществляться выгрузка осадка в мешалку *6* или без него, что зависит от плотности суспензии.

Промывка проводится фильтрованным соком из верхней части напорного сборника через клапан *К2*, выгрузка суспензии — через клапан *К3*. Если промывают с выгрузкой осадка, открываются оба клапана *К2* и *К3*, потом клапан выгрузки *К3* закрывается, и продолжается обратная промывка. После окончания промывки предусмотрена операция «отстой», когда закрыты все клапаны, кроме *К1*. Осадок накапливается в нижней части фильтра. Технологические параметры процесса приведены ниже.

Содержание твердой фазы в фильтрате, г/см^3, не более	$0{,}5 \cdot 10^{-3}$
Плотность суспензии, г/см^3	1,18–1,22
Температура сока, °С	85–90

Давление фильтрования, МПа (кгс/см^2)	0,07 (0,7)
Давление регенерации ткани, МПа (кгс/см^2)	0,03–1,1 (0,3–1)
Продолжительность операций:	
активного фильтрования, мин	20–30
обратной промывки, мин	0,42–0,67
выгрузки осадка, мин	0,17–0,50
«отстой», мин	0–0,25

1.1.4. Дисковые фильтры

Дисковые фильтры используются для фильтрования сока первой сатурации и промывки фильтрационного осадка. Они находят применение на сахарных заводах со старой технической базой и малой производительностью (до 2000 т свеклы в сутки). Компоновку дисковых фильтров сока первой сатурации производят согласно схеме, представленной на рисунке 5.

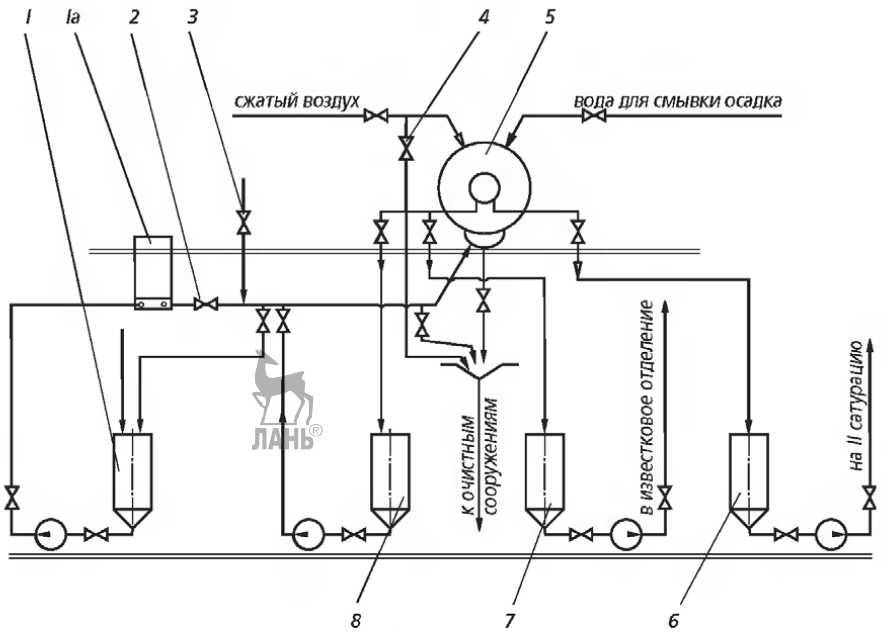

Рис. 5

Принципиальная схема фильтрования сока первой сатурации на дисковом фильтре:
1 — сборник нефильтрованного сока; *1а* — подогреватель; *2, 3* — вентили подачи промывной воды и сока; *4* — вентиль спуска воздуха из фильтра; *5* — дисковый фильтр; *6* — сборник фильтрованного сока; *7* — сборник неконцентрированного промывного фильтрата; *8* — сборник концентрированного промывного фильтрата.

Нефильтрованный сок первой сатурации из сборника *1* подают центробежным насосом через подогреватель на дисковые фильтры *5*. Фильтрованный сок из сборника *6* насосом через подогреватель направляют на вторую сатурацию. Дисковые фильтры работают по определенному циклу. После окончания активного фильтрования проводят очистку фильтра. При этом закрывают вентили подвода сока и отвода фильтрата, остаток сока из корпуса фильтра выпус-

кают в сборник нефильтрованного сока первой сатурации, а для предотвращения сползания осадка в корпус подают сжатый воздух под избыточным давлением 0,07–0,08 МПа (0,7–0,8 кгс/см^2).

Затем осуществляют промывку осадка густым промоем и аммиачной водой. Промой с содержанием сухих веществ 4–5% собирают в сборнике *8* и используют для промывки на первом этапе осадка на фильтре, остановленном на очистку. Промой с содержанием сухих веществ 1–3% собирают в сборник *7* объемом 7–8 м^3 и используют для приготовления известкового молока.

Обессахаренный осадок смывают барометрической водой из соплового аппарата и в виде суспензии направляют на поля фильтрации. Технологические параметры процесса приведены ниже.

Давление фильтрования, МПа (кгс/см^2)	0,15 (1,5)
Давление воздуха, МПа (кгс/см^2)	0,07–0,08
Расход аммиачной воды на промывку осадка, % к массе осадка	150–200
Потери сахара в осадке, % к массе свеклы, не более	0,11
Температура сока, °С	85
Скорость фильтрования, м^3/м^2 в мин, не менее	$4\cdot10^{-3}$

1.1.5. Вакуум-фильтры со сходящим полотном

Комплектация дополнительного оборудования в технологической схеме модернизированных вакуум-фильтров со сходящим полотном в основном аналогична обычным вакуум-фильтрам за исключением того, что для них нужна операция отдувки осадка и, соответственно, оборудование для этого. Для облегчения удаления осадка и регенерации фильтровальной ткани смыв осадка осуществляют струями воды с обеих сторон.

Технологические параметры процесса приведены ниже.

Разрежение, МПа (кгс/см^2)	0,05 (0,5)
Частота вращения барабана, с$^{-1}$	$2{,}5\cdot10^{-4}$–$3{,}3\cdot10^{-4}$
Плотность суспензии, г/см^3	1,15–1,20
Потери сахара в фильтрационном осадке, % к массе свеклы	не более 0,1
Температура воды на промывку осадка, °С	80–90
Расход воды на промывку осадка, % к массе осадка	100–120
Скорость фильтрования сгущенной суспензии, м^3/м^2 в мин	не менее $18\cdot10^{-3}$

1.2. Фильтрование под давлением

К отечественным фильтр-прессам относятся фильтры типа РКО-25 для сгущенной суспензии и ФКС-50 для фильтрования сока первой сатурации без предварительного сгущения.

Фильтр-прессы РКО-25 и ФКС-50 в основном используются для фильтрования сатурационных соков свеклосахарного производства, однако их также можно использовать для промывки осадков дефекосатурационных клеровок при переработке тростникового сахара-сырца. Фильтр-прессы объединяют в себе возможности проведения нескольких технологических операций и позволяют наиболее полно извлечь сахар из осадка.

Фильтр-пресс позволяет получить осадок легко транспортирующийся, который можно использовать в качестве удобрения для раскисления почвы, производства строительных материалов и добавок в комбикорма.

1.2.1. Фильтр-пресс РКО-25 и ФКС-50

Вертикальный камерный фильтр-пресс РКО-25 представляет собой пакет фильтровальных плит и рам, расположенных горизонтально между неподвижной упорной и подвижной нажимной плитами. Фильтровальная ткань в виде бесконечной ленты протянута между плитами и рамами. Фильтровальные плиты соединены между собой серьгами и подвешены к нажимной плите. Рама соединена с расположенной выше нее плитой также с помощью серег. В серьгах выполнены пазы таким образом, чтобы при разжатом фильтр-прессе между плитами и рамами выдерживались зазоры, ширина которых превышает толщину слоя, отложившегося за время цикла осадка.

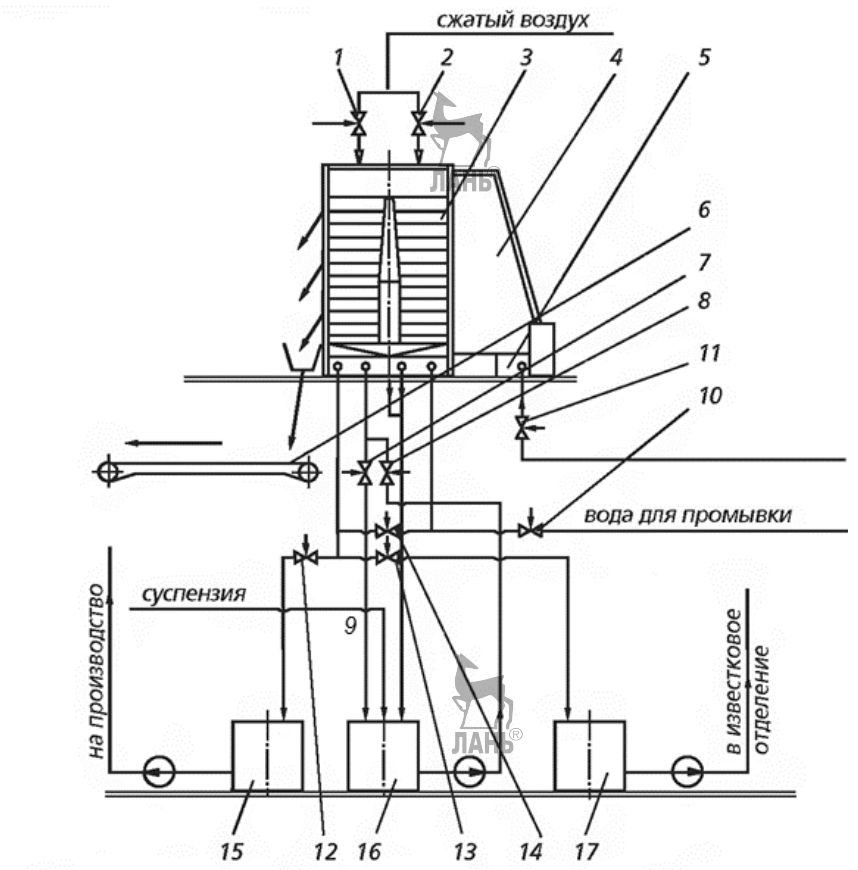

Рис. 6

Технологическая схема работы фильтр-пресса РКО-25:

1–2, *7–8*, *10–14* — клапаны; *3* — фильтр-пресс; *4* — натяжное устройство; *5* — устройство для регенерации ткани; *6* — конвейер; *9* — патрубок; *15* — сборник фильтрата; *16* — сборник суспензии; *17* — сборник неконцентрированного промоя.

Перемещение нажимной плиты (зажим и разжим фильтр-пресса) выполняется с помощью двух гидроцилиндров, при этом их корпуса закрепляются в упорной плите, а штоки — в нажимной плите.

Основой фильтр-пресса является опорная рама, на которой размещена упорная плита, привод перемещения фильтровальной ткани и камера регенерации. Фильтровальная плита и рама представляют собой двухконтурную сварную конструкцию, причем внутренний контур и дренажные поверхности плит изготовлены из нержавеющей стали, что практически не ограничивает срок их эксплуатации. Технологическая схема работы РКО-25 включает фильтрование суспензии, промывку, сушку и выгрузку осадка (рис. 6).

Цикл работы фильтр-пресса РКО-25 начинается с зажима плит и рам, после чего начинается цикл активного фильтрования (рис. 7). Открывается клапан подачи суспензии *8*, клапан отвода фильтрата *12* и разделительный клапан *14*. Суспензия из сборника *16* поступает в рамное пространство фильтр-пресса до полного заполнения его осадком. Фильтрат проходит через фильтровальную ткань с обеих сторон осадка, дренажную основу плит и через щель в плитах выходит на два коллектора для отвода фильтрата, откуда через клапаны *14* и *12* отводится в сборник фильтрата *15*. Жидкость, попавшая в пространство между привалочными поверхностями плит и рам, собирается в днище и выводится через патрубок в сборник *16*.

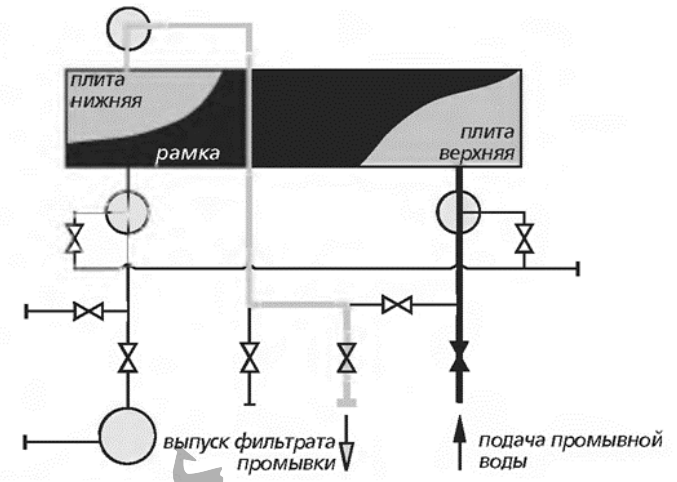

Рис. 7
Операция фильтрования

После окончания операции фильтрования выполняется операция продувки (рис. 8). В начале этой операции закрываются клапаны *8* и *14* и открывается клапан *1* для подвода воздуха в коллектор подачи суспензии, клапан *7* для оттока суспензии из коллектора подачи.

Коллектор подачи продувается сжатым воздухом. Потом клапаны *1* и *7* закрываются, а клапан *10* для подачи промывной воды открывается (рис. 8). Промывная вода подается в плиты через общий коллектор, проходит сквозь фильтровальную ткань и слой осадка и отводится в коллектор выхода фильтрата.

Первые порции концентрированного промоя при открытом клапане *12* отводят в сборник фильтрата *15*.

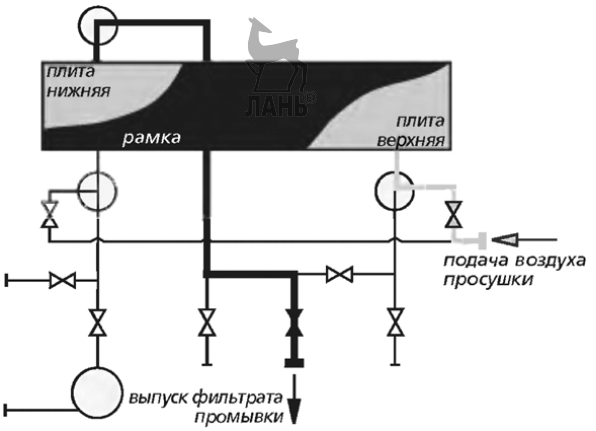

Рис. 8
Операция продувки

Потом клапан *12* закрывается, а клапан *13* открывается, и остаток разбавленного промоя отводится через него в сборник *17*, откуда поступает дальше на производство.

После окончания операции промывки выполняется операция просушки (рис. 9). Сначала продувается коллектор подачи, а затем при открытых клапанах *2* и *13* высушивается осадок. Воздух подается на фильтровальную ткань одной плиты, проходит через осадок в рамочное пространство и сквозь фильтровальную ткань соседней плиты направляется в коллектор для отвода фильтрата.

После окончания операции просушки выполняется операция выгрузки. При этом закрываются клапаны *2* и *13* и открывается клапан сброса давления *7*. Затем разжимаются плиты, открывается клапан *11* подачи воды для регенерации ткани и включается механизм передвижения фильтровальной ткани.

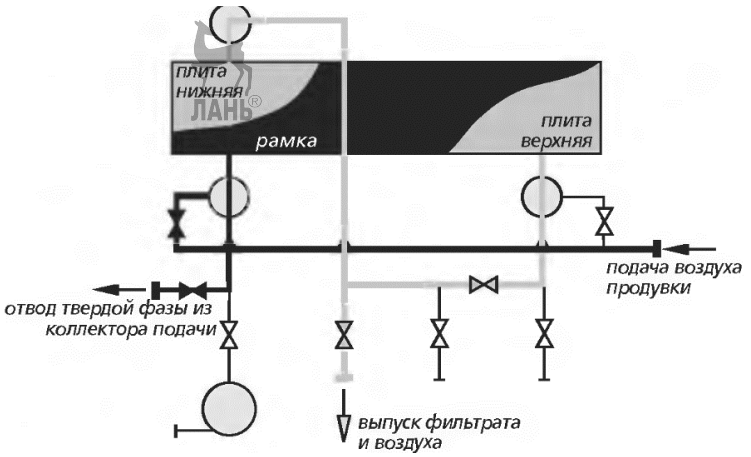

Рис. 9
Операция просушки

Передвижение ткани контролируется счетно-импульсным реле. Количество импульсов должно быть достаточным для перемещения ткани на длину, обеспечивающую полное выведение осадка. Одновременно с включением счетно-импульсного реле начинается отсчет времени выгрузки осадка. Если ткань пробуксовывает и счетно-импульсное реле не работает, после окончания заданного (контрольного) времени выгрузка осадка прекращается и включается аварийная сигнализация. После окончания операции выгрузки начинается новый цикл работы фильтр-пресса.

При технологических операциях фильтрования, промывки и просушки усилие зажима постоянно поддерживается регулятором автоматически в зависимости от давления рабочих сред.

При замене устаревшего фильтровального оборудования фильтр-прессы лучше всего комбинируются с современными листовыми фильтрами-сгустителями МВЖ-60. Такие схемы могут успешно использоваться при переработке как свеклы, так и сахара-сырца.

При совместной работе с фильтрами-сгустителями МВЖ-60 для сока первой сатурации, фильтр-прессы составляют комплексную фильтровальную установку на базе фильтр-прессов РКО-25, которая успешно эксплуатируется на Червонском и Бурынском сахарных заводах. Эффективность работы фильтр-прессов связана с высокими технологическими показателями по обессахариванию фильтрационных осадков: содержание сахара в осадке в среднем составляет 0,2–0,4%, количество воды на промывку осадка не превышает 100% к его массе, что позволяет уменьшить разницу между содержанием сухих веществ диффузионного сока и сока перед ВУ до 1%.

От стабильной работы фильтр-прессов зависит значительная экономия сахара, который может остаться на производстве, а не быть выведенным с фильтрационным осадком.

Эффективность работы фильтр-прессов, как и другого фильтровального оборудования, в большей степени зависит от работы станции дефекосатурации сахарного завода. Следует отметить, что более оптимальные условия обеспечиваются на тех сахарных заводах, где станция дефекосатурации автоматизирована на базе современной микропроцессорной техники.

Анализ работы фильтр-прессов зарубежного и отечественного производства позволяет сделать вывод, что, кроме конструктивных особенностей, присущих каждому конкретному фильтру, большинство установленных на отечественных заводах фильтр-прессов эксплуатируется без учета недостатков, установленных при их эксплуатации, а также режимов работы предшествующих технологических участков, главными из которых являются оптимальное давление фильтрования с учетом характеристик продуктов на входе и выходе фильтра, регулирование количества промывной воды по оптимальному критерию, определение влияния характеристик фильтрационных осадков в зависимости от обработки сока на дефекосатурации, а также степени их влияния на эффективность процесса обессахаривания и пр.

Камерные фильтр-прессы ФКС-50 используются для одностадийного фильтрования нефильтрованного сока первой сатурации, а также сгущенной суспензии сока первой сатурации и сиропа.

Принцип работы фильтра ФКС-50 аналогичен работе камерных фильтр-прессов с вертикальным расположением фильтровальных плит.

К импортным фильтр-прессам, эксплуатируемым на сахарных заводах Украины, относятся мембранно-камерные фильтры типа ПКФ-140 фирмы «Путч», камерные фильтры КФ-1000, КФ-1200 для сгущенных суспензий и мембранные фильтры МЕКО-1200, которые используются для фильтрования сока первой сатурации без предварительного сгущения.

1.2.2. Камерный фильтр-пресс КФ-1000

Камерный фильтр КФ-1000 (рис. 10) работает в циклическом режиме. Необходимая концентрация сухих веществ в осадке, получаемом при фильтровании, обеспечивается максимально допустимым давлением в фильтре с учетом фильтрационных свойств осадка.

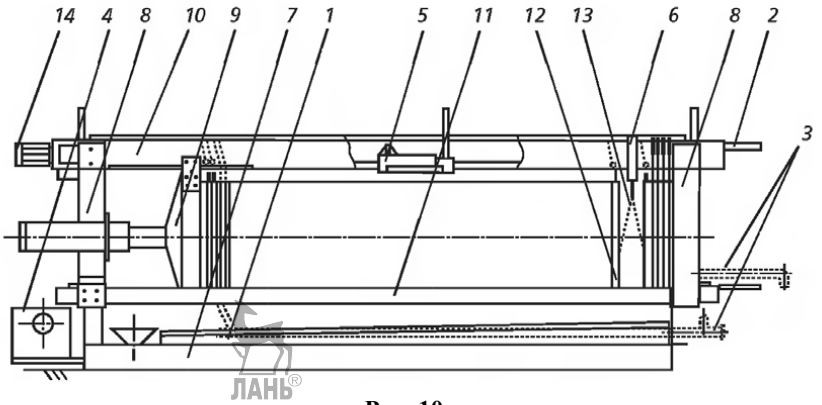

Рис. 10

Камерный фильтр-пресс КФ-1000:

1 — опрокидная ванна (опрокидывающая камера); *2* — ограждение; *3* — трубопроводное соединение фильтра; *4* — гидравлический агрегат; *5* — тележка (каретка); *6* — подвеска фильтровального полотна; *7* — рама; *8* — неподвижный торец; *9* — подвижный торец; *10* — рама; *11* — тяга; *12* — пластина 1000×1000; *13* — фильтровальное полотно; *14* — электрическая коробка передач.

С увеличением слоя осадка увеличивается давление и снижается расход в камере фильтра. При достижении установленного минимального расхода или максимального объема фильтрата процесс фильтрования заканчивается. Рабочее давление может достигать 0,1 МПа. По окончании фильтрования производится продувка и промывка с последующим досушиванием осадка воздухом под давлением.

1.2.3. Мембранный фильтр-пресс МЕКО-1200

Анализируя работу схемы фильтрования сока первой сатурации с использованием: сгустителей П9-УФЛ, МВЖ, фильтр-прессов РКО и ФКС-50, чешских фильтр-прессов, на сахарном заводе им. Цюрупы было принято решение о реконструкции станции фильтрования сока первой сатурации с установкой

двух мембранных фильтров МЕКО-1200 (рис. 11, 12), техническая характеристика которых приведена ниже.

Количество мембранных и камерных плит, шт.	69
Размер плиты, мм	1200×1200×70
Толщина осадка, мм	40
Площадь фильтрования, м^2	153
Давление сока на входе в фильтр, МПа (кгс/см^2)	0,5 (5)
Давление воды на высолаживание, МПа (кгс/см^2)	0,3–0,5 (3–5)
Масса заполненного фильтра, кг	18 500

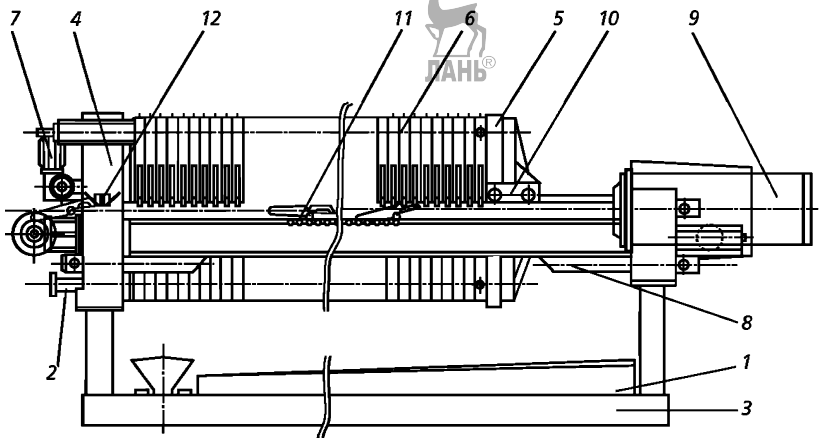

Рис. 11

Мембранный фильтр МЕКО-1200:

1 — опрокидывающаяся ванна; *2* — трубопроводное соединение фильтра; *3* — рама; *4* — неподвижный торец; *5* — подвижный торец; *6* — пластина 1200×1200; *7* — электрическая коробка передач; *8* — направляющие; *9* — гидравлический цилиндр; *10* — подвижный торец; *11* — цепь; *12* — разгон (срабатывание).

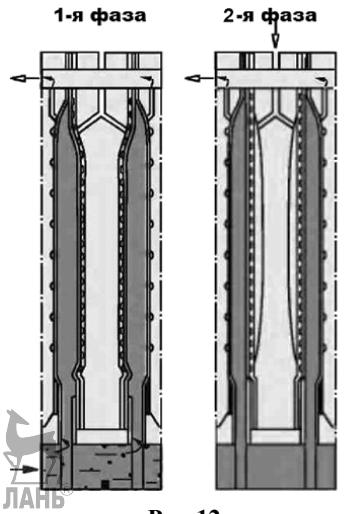

Рис. 12

Принцип работы мембран фильтра с использованием фильтра МЕКО-1200

Первая фаза работы мембранного фильтра аналогична работе камерного фильтра, но только до давления около 0,8 МПа. После образования достаточно толстых «лепешек» или после заполнения камер осадком подающий насос выключается.

Во второй фазе используются гибкие мембраны. При их заполнении воздухом под давлением или водой происходит вытеснение жидкости из «лепешки» в результате повышающегося давления рабочей среды без подачи суспензии. Давление фильтрования может достигать 1,6 МПа. Объем «лепешек» зависит от сжимаемости осадка. Данная фаза помогает также упростить выгрузку осадка, который после снятия давления, действующего на мембраны, уже не так сильно прилипает к фильтровальному полотну.

Принципиальная схема фильтрования сока первой сатурации с использованием фильтр-прессов МЕКО-1200 на сахарном заводе им. Цюрупы представлена на рисунке 13.

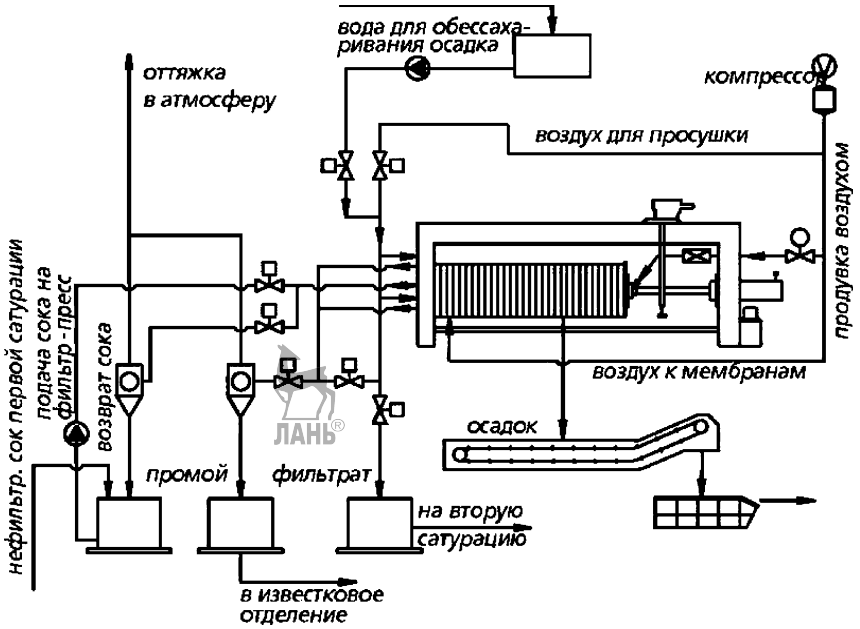

Рис. 13

Принципиальная схема фильтрования сока первой сатурации с использованием фильтр-прессов МЕКО-1200 на сахарном заводе им. Цюрупы

При проведении исследований на переработку поступала свекла с сахаристостью стружки 15,3–16,9%, чистота свекловичного сока 83,2–86,7%.

Очистка сока осуществлялась по следующей схеме: диффузионный сок после наклонного диффузионного аппарата поступал на прогрессивный преддефекатор типа Бригель — Мюллера, куда возвращали 60–70% нормально отгазованного сока первой сатурации, на выходе из преддефекатора добавляли 0,25% известкового молока. Далее сок поступал на основную дефекацию, где добавляли основное количество известкового молока (1,8–2,0%), потом на первую сатурацию и через подогреватель — в сборник перед фильтр-прессами.

Средняя скорость осаждения твердой фазы сока первой сатурации за первые 5 мин составляла 3,9–6 см/мин. После 25 мин отстаивания объем осадка сока первой сатурации составлял 14,6%. Технологические параметры процесса фильтрования с использованием фильтра МЕКО-1200 представлены ниже.

Температура суспензии, °С, не более	90
Площадь поверхности фильтрования, $м^2$	153
Объем камерного пространства, $м^3$	3,14
Толщина осадка, полученного при фильтровании, мм	40
Рабочее давление воздуха, МПа	0,7

Для оценки качества фильтрованного сока периодически отбирали пробы, в которых определяли содержание сухих веществ, мутность по оптической плотности на фотоэлектрокалориметре. Показатели качества фильтрованного сока приведены в таблице 1.

Таблица 1

Продолжительность цикла фильтрования, мин	**Содержание сухих веществ в фильтрате, %**	**Мутность, ед. ICUMSA/ед. шт.**
Фильтрованный сок		
3	14,0	2919/139
6	14,0	79,8/3,8
9	13,8	0
12	13,5	0
15	13,5	0
18	13,6	0
21	13,8	0
24	6,6	0
27	2,0	365/17,4
30	1,0	1197/57,0

Проведением замеров содержания сахара в образцах прессованного осадка, отобранного из различных точек каждой рамки, а также в образцах, отобранных из фильтровальных камер обоих фильтров, установлено, что высолаживание осадка идет равномерно по всем отобранным точкам и содержание сахара в среднем составляет 0,16–0,34% к массе осадка. Степень разбавления сока на фильтр-прессах составляет 15–17%.

Содержание сахара в пробах осадка, отобранных из одной рамки, представлено в таблице 2. Полученные результаты свидетельствуют, что при прямом фильтровании сока первой сатурации достигается практически полное высолаживание осадка при фильтровании соков с хорошими фильтрационно-седиментациоными свойствами.

Таблица 2

№ пробы	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**Среднее значение**
Содержание сахара, % к массе осадка	0,25	0	0,2	0	0,05	0,05	0,05	0,15	0,05	0,1	0,09

Промой после высолаживания осадка направляли в сборник фильтрованного сока в связи с тем, что при существующей на заводе мощной ВУ в ее первый корпус приходится добавлять аммиачную воду. После выравнивания мощности сахарного завода весь промой будет направляться в известковое отделение.

Осадок с содержанием сухих веществ 65–70% к массе осадка выводили из производства и складировали на специальной площадке, откуда реализовали свеклосдатчикам для внесения в почву.

Наглядное представление об эксплуатационных возможностях камерного и мембранного фильтров можно получить из сопоставления показателей их работы, графически представленных на рисунке 14, откуда видно, что производительность мембранного фильтра по сравнению с камерным значительно выше, и процесс фильтрования становится более эффективным за счет сокращения времени вспомогательных операций.

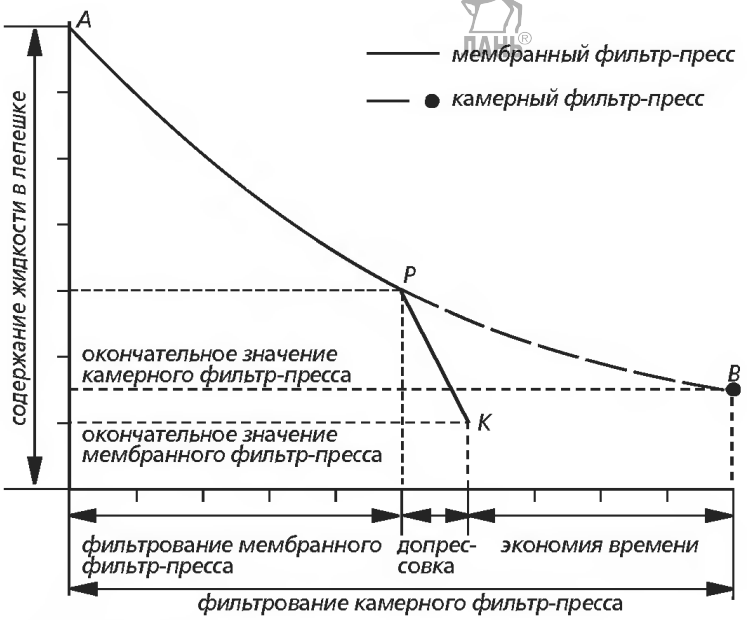

Рис. 14

Сравнение эксплуатационных возможностей камерного и мембранного фильтров

Можно с уверенностью утверждать, что наиболее эффективное решение при проведении работ по замене устаревшего фильтровального оборудования сахарных заводов — использование современных фильтр-прессов, основными показателями эффективности которых являются: уменьшение количества воды, расходуемой при проведении операций (показатель разбавления диффузионного сока перед ВУ уменьшается в 1,5–2 раза); уменьшение содержания сахара в осадке до 0,02–0,04% к массе свеклы по сравнению с использованием дисковых фильтров или вакуум-фильтров, достижение равномерного обессахаривания во всех камерах и во всем слое осадка по площади сечения фильтра, получение осадка с содержанием сухих веществ 65–70%.

1.3. Фильтрование сока второй сатурации

Для фильтрования сока второй сатурации используются фильтры-сгустители ФиЛС, а с некоторого времени — МВЖ и П9-УФЛ, а также отстойники, как с фильтрующим слоем осадка, так и тонкослойные. На отдельных сахарных заводах для этой цели продолжают применять дисковые фильтры.

Технологическая схема автоматизированного фильтра ФиЛС для фильтрования сока второй сатурации аналогична ранее рассмотренной схеме с использованием фильтра ФиЛС для фильтрования сока первой сатурации (п. 1.1.1), однако сок второй сатурации перед фильтрованием не подогревается, а фильтрационный осадок без промывки направляют в напорный сборник перед фильтрами-сгустителями ФиЛС сока первой сатурации. Установку ФиЛС для фильтрования сока второй сатурации необходимо комплектовать расчетным количеством фильтров с учетом одного резервного. Технологические параметры процесса приведены ниже.

Содержание твердой фазы в соке, г/см^3, не более	$1–10^{-4}$
Скорость фильтрования сока второй сатурации, м^3/м^2 в мин	$12{,}5–10^{-3}$
Давление фильтрования, МПа (кгс/см^2)	0,07 (0,7)

Схема фильтрования сока второй сатурации с использованием фильтров МВЖ аналогична рассмотренной выше схеме для сока первой сатурации (п. 1.1.2).

Для повышения качества фильтрата сока второй сатурации в схему установки дополнительно введена линия отвода первых мутных порций фильтрата и автоматический клапан для управления этой операцией.

После окончания регенерации фильтровальной ткани выполняется операция возврата мутных порций. При этом фильтрат, проходя через рамки фильтра, возвращается в сборник нефильтрованного сока и образует на поверхности фильтрования слой осадка, который улучшает фильтровальные свойства ткани. Продолжительность этой операции устанавливается в зависимости от качества фильтрованного сока, что определяется визуально. Технологические параметры процесса приведены ниже.

Содержание твердой фазы в фильтрате, г/см^3, не более	$1–10^{-4}$
Плотность суспензии, г/см^3	1,1–1,18
Температура осадка, °С	93–98
Скорость фильтрования сока, м^3/м^2 в мин, не менее	$15\cdot10^{-3}$

Технологическая схема применения фильтров П9-УФЛ для фильтрования сока второй сатурации аналогична схеме фильтрования сока первой сатурации. При использовании фильтра для контрольного фильтрования сока второй сатурации предусматривается возможность возврата мутных порций фильтрата продолжительностью 1,7–5 мин. Технологические параметры процесса приведены ниже.

Содержание твердой фазы, г/см^3, не более	$1–10^{-4}$
Температура сока, °С	90–95
Продолжительность активного фильтрования, мин	60–120
Давление фильтрования, МПа (кгс/см^2)	0,07 (0,7)

Давление регенерации ткани, МПа (кгс/см^2)	0,03–0,1 (0,3–1,0)
Продолжительность операции «отстой», мин	0,5–1,5

Технологическая схема батареи автоматизированных патронных фильтров приведена на рисунке 15. На схеме показаны первый и последний фильтры, другие компонуются аналогично.

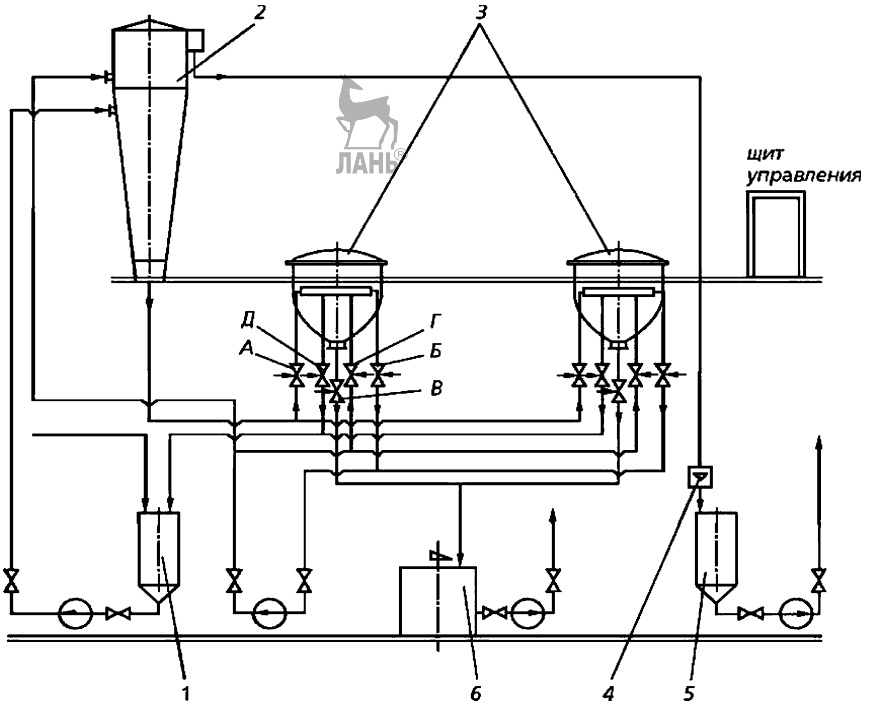

Рис. 15

Схема установки патронных фильтров:

1 — сборник нефильтрованного сока; *2* — напорный сборник; *3* — фильтры; *4* — расходомер; *5* — сборник фильтрата; *6* — мешалка фильтрационного осадка; *А*, *Б*, *В* — затворы подачи нефильтрованного сока, отвода фильтрата и сгущенной суспензии соответственно; *Г*, *Д* — клапаны подачи сжатого воздуха (пара) в кольцевую камеру и соединения ее с атмосферой.

Нефильтрованный сок из сборника *1* насосом подается в напорный сборник *2* и поступает на фильтры *3* через затворы *А*. Фильтрат заполняет кольцевую камеру, а затем отводится через затворы *Б* и расходомер *4* в сборник фильтрованного сока *5*. После прохождения через расходомер необходимого количества фильтрата фильтр отключается для сброса осадка и вывода сгущенной суспензии. При этом автоматически закрывается затвор *Б* отвода фильтрата, а затем открывается клапан *Г* и сжатый воздух (или пар) из коллектора поступает в верхнюю часть кольцевой камеры. Фильтрат выдавливается воздухом (или паром) из камеры, заполняя в противотоке фильтровальные патроны, а фильтровальная ткань, которая проваливалась между ребрами патронов, приобретает цилиндрическую форму и сбрасывает осадок.

Первая порция фильтрата, который возвращается (от верхнего до среднего уровня в кольцевой камере), выдавливает сок из корпуса в подводящий тру-

бопровод через затвор *А*. При среднем уровне затвор *А* закрывается и открывается затвор *В* отвода сгущенной суспензии.

Уровень в кольцевой камере продолжает падать, а вторая порция фильтрата (от среднего до нижнего уровня) выдавливает из нижней конической части корпуса сгущенную суспензию, одновременно транспортируя ее на дальнейшую переработку.

Подбором датчиков устанавливают оптимальный объем возвращаемых порций фильтрата, обеспечивая необходимую регенерацию и высокую плотность суспензии при минимальном возврате фильтрата.

При достижении нижнего уровня фильтрата в кольцевой камере клапан *Г* и затвор *В* закрываются, а открывается наборный затвор *А* и клапан *Д*, соединяющие кольцевую камеру с атмосферой. При заполнении кольцевой камеры до верхнего уровня клапан *Д* закрывается, а затвор *Б* отрывается, после чего фильтр опять включается в работу. Операция регенерации всех фильтров батареи выполняется поочередно в автоматическом режиме. Экипировка патронных фильтров производится согласно инструкции.

Для фильтрования сока второй сатурации могут использоваться дисковые фильтры ФД-80, которые обычно работают без промывки осадка. Смыв осадка производят фильтрованным соком первой сатурации с помощью соплового аппарата или обратным потоком сока. При работе с промывкой осадка в фильтре схема его компоновки аналогична схеме дискового фильтра сока первой сатурации. При работе без промывки осадка нефильтрованный сок второй сатурации подают на фильтры, а затем — на сульфитацию.

Для очистки фильтра его освобождают от остатков сока, которые сливают в сборник нефильтрованного сока. Открывают задвижку выхода осадка и смывают его фильтрованным соком первой сатурации. Суспензия осадка поступает в сборник нефильтрованного сока первой сатурации.

Контрольное фильтрование сока первой и второй сатурации на дисковых фильтрах осуществляют аналогично фильтрованию на них сока второй сатурации. Технологические параметры процесса приведены ниже.

Давление фильтрования, МПа (кгс/см^2), не более	0,15 (1,5)
Скорость фильтрования, м^3/м^2 в мин	$8 \cdot 10^{-3}$

1.4. Регенерация фильтровальной ткани и коллекторной системы

В процессе работы фильтровального оборудования происходит снижение его производительности вследствие «загорания» фильтрующего полотна. Цементирующий осадок состоит из органических веществ (40–45%), окиси кальция (41–44%), окиси магния (2–3%), полуторных окисей (2–3%).

Для уменьшения загорания ткани необходимо придерживаться оптимальной щелочности сока второй сатурации, отвечающей минимуму кальциевых солей, не допускать проход мути на сульфитацию, способствующей возникновению сернистых и сернисто-кислых осадков.

Наличие в промывной воде повышенного содержания количества углекислого аммония также способствует загоранию ткани. Целесообразно использовать на промывку осадка деаммонизованные конденсаты.

Для уменьшения содержания аммиака в конденсатах его из аммиачных оттяжек (вытяжек) направляют в атмосферу. Температура аммиачной воды на промывку осадка не должна превышать 70°С.

Отвердению ткани способствует использование для промывки осадка жесткой барометрической воды. Сульфитирование барометрической воды позволяет увеличить срок службы ткани на 7–10 сут.

Не рекомендуется одновременно использовать для промывки осадка аммиачную воду, а для регенерации — барометрическую. Целесообразнее использовать только аммиачную воду, в случае ее нехватки для регенерации ткани необходимо брать сульфитированную барометрическую воду.

Возгоранию ткани на фильтрах второй сатурации способствует и введение соды в контрольный ящик второй сатурации. При необходимости соду следует вводить до второй сатурации.

Снижению срока службы фильтровальной ткани способствует также чрезмерное использование пеногасящих жиров и антисептиков.

1.4.1. Регенерация фильтровальной ткани вакуум-фильтров

Вариант 1

Установка представляет собой цилиндр диаметром 520 мм и высотой 800 мм, закрытый сверху крышкой с резьбовым уплотнением. В центре цилиндра вставлена сифонная трубка, соединенная шлангом с форсункой. В крышке есть патрубки для подвода сжатого воздуха и подачи раствора соляной кислоты.

Для регенерации ткани в цилиндр заливают 5%-ный раствор соляной кислоты и после герметизации крышки подают сжатый воздух. Вытесняемая им кислота через сифонную трубку и форсунки регенерирует ткань.

Оператор вакуум-фильтра с помощью ручки, закрепленной на штанге, наносит раствор кислоты на нижнюю часть полотна. Обработка полотна кислотой производится до прекращения образования пузырьков газа.

Вариант 2

Емкость для приготовления раствора кислоты находится рядом с вакуум-фильтрами на высоте 7–8 м. Концентрированная кислота к емкости подается электротельфером. Емкость закрыта, сверху имеет воронку для залива кислоты, подвод холодной воды, вытяжку и отвод рабочего раствора кислоты на вакуум-фильтры, которые регенерируются.

Для обработки фильтровальной ткани кислотным раствором используется один ряд промывных форсунок, ближе всего расположенных к грязевому бункеру вакуум-фильтра.

Вариант 3

Для регенерации фильтровальной ткани вакуум-фильтра со сходящим полотном используют подвесные ванны, изготовленные из нержавеющей стали. Ванна изготавливается съемной, закрепляется на подвесках натяжного вала приставки. Для предотвращения вытекания кислотного раствора вставляются специ-

альные уплотнители из резины, которые вращаются вместе с натяжным валом. Для регенерации полотна используется 2–3%-ный раствор соляной кислоты. Полотно, которое непрерывно движется, проходит через ванну с растворителем и регенерируется. Через 10–15 мин подвесную ванну снимают, и фильтр готов к работе.

Регенерация коллекторной системы вакуум-фильтров

В конце производства при проведении очистки поверхности нагрева выпарной установки целесообразно очищать химическим способом и коллекторную головку барабана вакуум-фильтра. Перед этим необходимо промыть горячей водой всю систему, корыто вакуум-фильтра, сборник фильтрата.

Из мешалки химических веществ направляют 3%-ный раствор соляной кислоты в сборник фильтрованного сока. Из сборника насосом перекачивают раствор в корыто вакуум-фильтров, включают в работу вакуум-фильтр и вакуумную систему. Раствор возвращается в сборник фильтрованного сока.

Раствор по кольцу прокачивают на протяжении 1–1,5 ч, периодически проверяя концентрацию раствора соляной кислоты. После того как концентрация раствора перестанет снижаться, его выпускают в канализацию, после чего по той же схеме набирают 3%-ный раствор соды и прокачивают ею, пока концентрация не перестанет понижаться, затем выпускают в канализацию. Всю систему промывают водой.

ЛАНЬ®

Регенерация фильтровальной ткани на дисковых фильтрах первой и второй сатурации и сульфитированного сока

Регенерация фильтровальной ткани раствором кислоты

Вариант 1

Кислотную регенерацию фильтровальной ткани дисковых фильтров целесообразно проводить каждые 10 сут. Для этого используют мешалку, в которой готовятся растворы для очистки выпарной установки, или мешалку, в которой готовится суспензия кизельгура.

К каждому корпусу фильтра подводят трубопровод раствора соляной кислоты, а из сокоприемной камеры отводят рециркулирующий раствор на мешалку.

После смыва осадка, спуска сока и ополаскивания ткани 3%-ный раствор соляной кислоты подают в корпус фильтра и прокачивают при закрытых сковых вентилях в течение 30 мин под давлением до 0,1 МПа (1,0 кгс/см^2). По окончании регенерации закрывают вентили подачи раствора соляной кислоты в мешалку и открывают вентиль на канализацию, после чего фильтр через сопло-аппараты промывают аммиачной водой, и он готов к работе.

Вариант 2

Регенерацию фильтровальной ткани проводят 3%-ным раствором соляной кислоты, приготовленным непосредственно в корпусе фильтра.

После смыва осадка, спуска сока, ополаскивания ткани (контроль визуальный через люки) дисковый фильтр заполняют аммиачной водой с недоливом 10–15 см до нижнего края люка, добавляют раствор соляной кислоты из расчета получения 3%-ного раствора. Закрывают люки, включают трубовал и регенера-

цию проводят на протяжении 30 мин. После регенерации раствор выпускают, и ткань через соплоаппараты ополаскивают аммиачной водой. В обоих вариантах целесообразно использовать ингибированную соляную кислоту.

Регенерация фильтровальной ткани щелочным раствором

Вариант 1

В мешалку подают аммиачную воду, загружают соду или тринатрийфосфат из расчета получения 2–3%-ного раствора, в который через барботер подают пар и нагревают до температуры 80–90°С. Раствор прокачивают по технологическому кольцу (мешалка — фильтр — мешалка) в течение 1 ч.

При использовании тринатрийфосфата следует иметь в виду, что товарный тринатрийфосфат имеет 42% кристаллизационной воды, что необходимо учитывать при расчетах дозы для приготовления растворов. Перед загрузкой тринатрийфосфат целесообразно измельчить.

Вариант 2

Соду или тринатрийфосфат (измельченный) загружают в корпус фильтра из расчета получения 2–3%-ного раствора при заполнении фильтра водой до люка. Фильтр набирается горячей водой, и при закрытых люках регенерация проводится при вращении трубовала в течение 1 ч. Оба варианта особенно рациональны при регенерации фильтровальной ткани дисковых фильтров сиропа.

1.5. Отстаивание сока первой и второй сатурации

Отстаивание сока представляет собой процесс разделения нефильтрованного сока под действием сил тяжести на сгущенную суспензию и осветленный сок. В сахарной промышленности процессы отстаивания осуществляются в ограниченном объеме при большой концентрации дисперсной фазы, т. е. в условиях, когда оседающие частицы влияют на движение друг друга.

Можно выделить две основные тенденции в области совершенствования конструкций отстойников: повышение устойчивости потока и отстаивание его в тонком слое. Первое направление связано с совершенствованием традиционных конструкций осадительных отстойников: снабжение их устройствами для ввода сока в ярус и отвода с поверхности осветленного сока, равномерного отвода сгущенной суспензии и др.

Широко известны в сахарной промышленности отстойники с отстаиванием в горизонтальном потоке и с вертикально-восходящим потоком. Все бóльшую известность приобретают тонкослойные отстойники, особенно для сока второй сатурации.

1.5.1. Многоярусные гравитационные отстойники

Исследования работы многоярусных гравитационных отстойников выявили ряд недостатков: длительное время пребывания сока (1,5–2,0 ч); взмучивание сгущенной суспензии в зоне осаждения; трудности с изолированием ярусов по соку. Это приводит к значительному снижению производительности оборудования, ухудшению качества очищенного сока и увеличению неучтенных потерь сахара.

Анализ работы отстойников сока первой сатурации позволил сформулировать основные направления совершенствования их конструкции:

– сгущенный в отстойнике осадок не должен переходить из яруса в ярус, его необходимо удалять из каждого яруса;

– ярусы должны быть унифицированными, иметь одинаковую, оптимальную для данного диаметра высоту;

– сатурационный сок должен поступать в каждый из ярусов с одинаковой концентрацией осадка.

Специалистами ГипроНИИсахпрома была разработана конструкция отстойника РЗ-ПОС-1,5, работающего в режиме горизонтального потока с одноступенчатым осаждением. Совмещение процессов осветления, сгущения и уплотнения осадка в одном ярусе позволило резко сократить путь седиментации частиц суспензии и тем самым ускорить процесс отстаивания; время нахождения сока в этом отстойнике не превышает 90 мин.

Однако анализ процесса отстаивания сока позволил выявить и некоторые его недостатки. Движение сока по поверхности отстаивания секции неравномерно: в средней части секции образуются вихреобразные потоки, в которых отстаивания сатурационного сока не происходит. При увеличении скорости горизонтального потока в проточной части секции условия осаждения ухудшаются, увеличение же высоты секции приводит к увеличению времени отстаивания.

Более перспективным является режим отстаивания в вертикально-восходящем потоке. При этом режиме осветляемый сок должен подаваться равномерно рассредоточено в нижнюю часть секции отстойника, под слой осадка, а отводиться по всему сечению секции в верхней ее части.

Режим отстаивания в вертикально-восходящем потоке открывает возможность увеличения единичной мощности секции отстойника, так как позволяет расширить площадь отстаивания (диаметр отстойника) без увеличения высоты, не ухудшая при этом условий отстаивания. Этот режим позволяет также ускорить и сам процесс отстаивания, так как рассредоточенный по всему горизонтальному сечению яруса ввод осветляемого сока под слой уплотняющейся суспензии позволяет исключить этап свободного осаждения осадка и этим ускорить процесс осветления.

Испытания и эксплуатация отстойников на Калининском сахарном заводе показали, что отстойник с вертикально-восходящим потоком без применения флокулянтов при работе по обычной схеме очистки позволяет довести производительность одного яруса по переработке свеклы до 375 т/сут и иметь декантат с содержанием твердой фазы не выше $1 \cdot 10^{-3}$ г/см^3 без заметного повышения цветности сока. Время пребывания сока в отстойнике не превышает 50 мин.

Многоярусный отстойник с вертикально-восходящим потоком представлен на рисунке 16. Отстойник работает следующим образом: сатурационный сок поступает в верхнюю подготовительную секцию для отделения пены и газа. Сюда же подается флокулянт. Затем сок попадает во внутреннюю полость вращающегося трубовала и через пазы в трубчатых опорах скребкового устройства распределяется по рабочим ярусам. Сок, равномерно распределенный по всей

площади поперечного сечения рабочего яруса, поднимается вертикально через слой уплотняющегося осадка к расположенному выше сокосборному устройству.

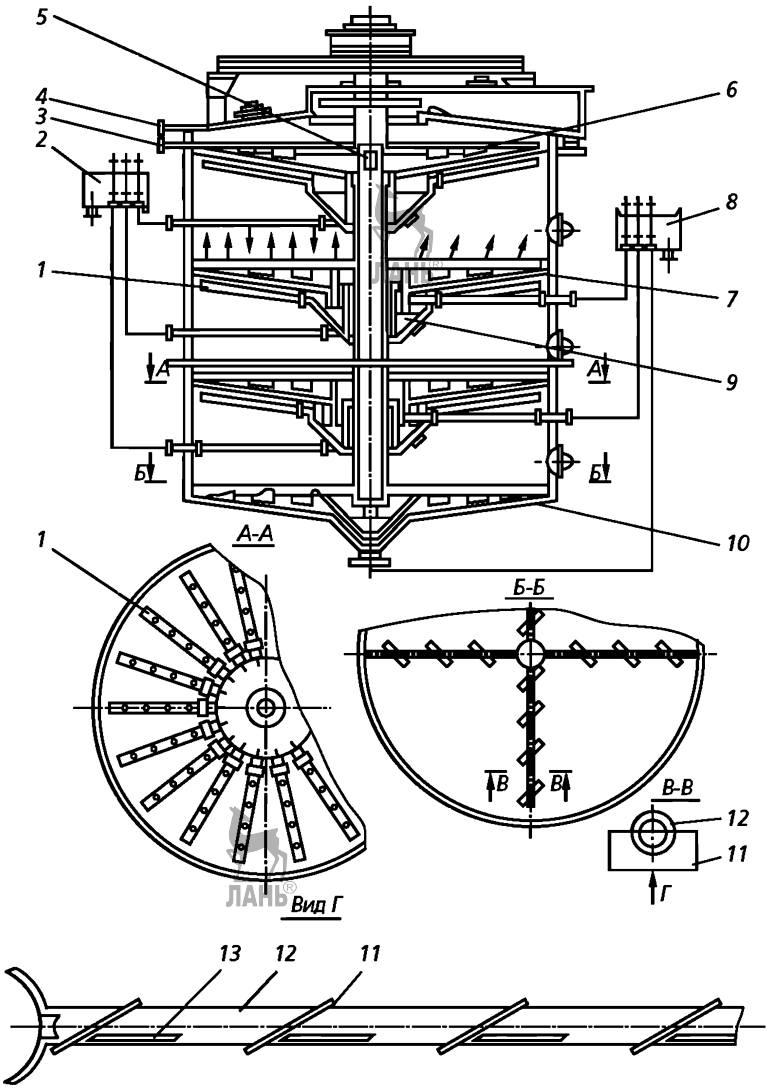

Рис. 16

Отстойник с вертикально-восходящим потоком:

1 — цилиндрическая емкость; *2* — контрольный ящик осветленного сока; *3* — ввод сатурационного сока; *4* — ввод флокулянта; *5* — окно в трубовале; *6* — сгребающее устройство; *7* — перегородки; *8* — контрольный ящик сгущенной суспензии; *9* — сборник осадка; *10* — коническое днище; *11* — скребки; *12* — трубчатые опоры; *13* — пазы ввода и распределения нефильтрованного сока.

При этом слой осадка выполняет роль фильтрующей среды. Процесс осветления сока происходит в слое уплотняющегося осадка, минуя стадию свободного осаждения.

Осветленный сок равномерно по всей площади поперечного сечения яруса отбирается с помощью шестнадцати радиальных труб, образующих плоскость отбора осветленною сока, параллельную плоскости ввода, осветляемого сатурационного сока, и направляется в контрольный ящик. Сгущенная суспензия сгребающим устройством перемещается к трубовалу, откуда из каждого яруса отводится в контрольный ящик.

1.5.2. Отстойники с фильтрующим слоем осадка

К новым и прогрессивным видам отстойников следует отнести одноярусные отстойники типа Айс. Интенсификация процесса осветления сока в этих отстойниках достигается за счет применения флокулянтов, исключения зоны свободной седиментации путем ввода осветляемого сока под слой сгущаемого осадка и автоматизации процесса осветления.

Экспериментальный образец отстойника с фильтрующим слоем осадка для сгущения осадка сока первой сатурации производительностью 200 т/сут разработан специалистами ВНИИСП и II сахарного завода им. Петровского. Конструкция отстойника представлена на рисунке 17.

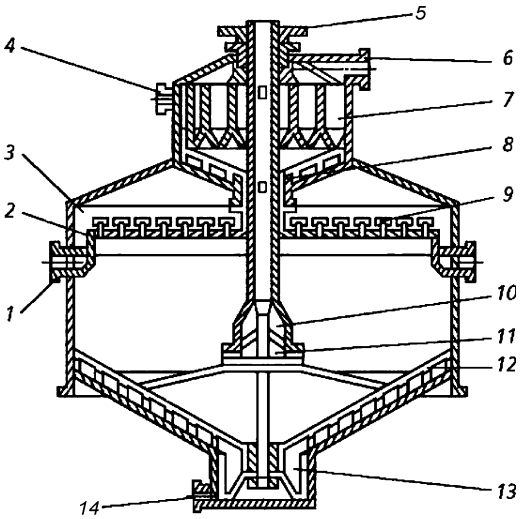

Рис. 17

Одноярусный отстойник с фильтрующим слоем осадка:

1, 9 — штуцеры отвода осветленного сока; *2* — перегородка; *3* — кольцевой желоб для отвода осветленного сока; *4* — штуцеры подвода нефильтрованного сока и флокулянта; *5* — привод; *6* — штуцеры отвода пены и избытка сока; *7* — деаэратор; *8* — трубопровод; *10* — трубы для подвода нефильтрованного сока в зону разделения; *11* — горизонтальный кольцевой короб; *12* — скребковое устройство; *13* — накопитель сгущенной суспензии; *14* — штуцер.

Отстойник работает следующим образом: в деаэраторе, куда поступает сатурационный сок и раствор флокулянта, происходит их перемешивание, отделение воздуха, пены и неконденсирующихся газов, образование хлопьев. Из деаэратора обработанный сатурационный сок поступает в горизонтальный кольцевой короб. В процессе работы скорость восходящего потока поддерживается ниже скорости осаждения твердых частиц, за счет чего образуется зона раз-

дела жидкой и твердой фаз и происходит укрупнение твердых частиц в зоне фильтрующего слоя. Кроме отстаивания, в зоне гравитационных сил происходит также фильтрация суспензии через образовавшийся при отстаивании взвешенный слой осадка. Осветленный сок поступает в кольцевой желоб и далее на вторую сатурацию, а сгущенная суспензия непрерывно отводится из накопителя осадка.

Система автоматизации позволяет создать оптимальные гидродинамические условия движения фаз в отстойнике и обеспечить соотношения: сок первой сатурации — раствор флокулянта; осветленный сок — сгущенная суспензия. Необходимые гидродинамические условия в отстойнике дают возможность вести процесс осветления совместно с фильтрацией осветленной фазы во взвешенном слое осадка, что значительно улучшает ее качество и исключает контрольную фильтрацию.

Отстойник с фильтрующим слоем осадка изготовлен и освоен на II сахарном заводе им. Петровского.

Производительность отстойника диаметром 4,5 м составляет до 1500 т переработки свеклы в сутки, удельная производительность — 85–90 т на 1 м^2.

Для сахарного завода производительностью 3000 т переработки свеклы в сутки диаметр отстойника должен составлять 6,5 м.

В таблице 3 представлены технологические показатели испытаний экспериментального образца отстойника с фильтрующим слоем осадка на соке первой сатурации на II сахарном заводе им. Петровского.

Для нормальной работы отстойника необходимо, чтобы средняя скорость осаждения за 2 мин составляла не менее 10 см/мин. Скорость осаждения частиц осадка сока первой сатурации значительно ниже, поэтому необходимо интенсифицировать осаждение с помощью флокулянтов.

На производительность отстойника могут влиять качество перерабатываемой свеклы, поддержание технологического режима на дефекосатурации, качество полиакриламида и правильное его использование. Опыт эксплуатации осветлителя-отстойника с фильтрующим слоем осадка в течение трех производственных сезонов показал, что это оборудование менее других снижает производительность (на 10–20%) при поступлении на переработку свеклы ухудшенного качества, отвечает требованиям производства и является перспективным на этом участке.

Принципиальная схема работы отстойников с фильтрующим слоем осадка для разделения сока второй сатурации на осветленный сок (декантат) и сгущенную суспензию осадка сока второй сатурации функционирует следующим образом.

Нефильтрованный сок второй сатурации поступает в отстойник через деаэратор. Осветленный сок из сокоотводимых желобов направляют в сборник декантата, а оттуда центробежным насосом на контрольное фильтрование. Сгущенная суспензия через отводные трубопроводы поступает на преддефекацию.

Технологические параметры процесса приведены ниже.

Содержание твердой фазы, г/см^3, не более	$1\cdot10^{-3}$
Плотность суспензии, г/см^3	1,15–1,20
Средняя скорость отстаивания за 5 мин, см/мин, не менее	2,5
Температура сока, °С	85–90

Таблица 3

Дата	Производительность осветлителя		Сок первой сатурации, поступающий в осветлитель										Декантат		Сгущенная суспензия		Цветность сока второй сатурации
	по соку, $м^3/ч$	по свекле, т/сут	Щелочность по ф/ф, % CaO	pH			СВ, %	Скорость осаждения осадка, см/мин			Объем осадка, $м^3$	Температура, °С	Температура, °С	Мутность, г/л	Плотность, $г/см^3$	Температура, °С	
				I	II	III		I	II	III							
16/XI	82	1415	0,090	10,80	10,92	10,98	15,5	2,4	18,6	15,5	29	84	82	0,21	1,16	82	9,2
17/XI	84	1450	0,092	10,85	10,90	10,90	14,6	3,7	24,8	20,5	24	81	79	0,21	1,18	79	9,0
18/XI	81	1398	0,098	10,93	11,01	10,85	14,4	3,2	24,0	18,0	32	85	84	0,15	1,15	84	9,2
19/XI	84	1450	0,095	10,91	10,95	11,10	14,6	3,9	26,4	22,5	26	84	82	0,21	1,19	82	9,3
20/XI	85	1467	0,098	10,88	10,92	11,05	14,7	4,1	28,5	24,8	21	83	81	0,23	1,14	81	9,2
21/XI	83	1433	0,090	10,78	11,10	11,04	14,4	3,4	22,1	19,8	26	83	82	0,18	1,18	82	9,3
22/XI	80	1381	0,097	10,93	11,12	10,90	14,4	2,2	18,2	14,6	34	85	83	0,16	1,16	83	9,4
23/XI	82	1415	0,094	10,92	10,85	10,85	14,3	3,8	21,5	18,9	26	83	82	0,21	1,15	82	9,7
24/XI	82	1415	0,094	10,90	10,82	10,95	14,4	3,9	24,2	19,6	28	84	82	0,28	1,17	82	11,4
25/XI	84	1415	0,096	10,92	10,80	10,90	14,5	4,2	27,0	22,6	34	80	79	0,32	1,18	79	10,8
26/XI	83	1433	0,091	10,79	10,90	10,85	14,3	4,4	28,6	25,6	27	82	81	0,23	1,17	81	9,6

1.5.3. Тонкослойные отстойники

В последнее десятилетие получило развитие создание принципиально новой конструкции тонкослойных отстойников, которые все шире применяются в промышленности. Их разделительная способность, особенно при выделении тонкодисперсных примесей, во много раз выше разделительной способности типов отстойников, рассмотренных выше.

В отстойнике данного типа в результате установки ряда параллельных перегородок в наклонной камере образуются плоские каналы, делящие суспензию на множество потоков, за счет чего поверхность седиментации увеличивается в несколько раз и сокращается ее продолжительность.

Однако производительность отстойника является функцией не только поверхности седиментации, но в значительной мере зависит от гидродинамических условий, создаваемых конструкцией отстойника, а также от седиментационных качеств суспензии. Увеличение поверхности осаждения при тех же производительности аппарата, гидродинамических условиях и седиментационных качествах суспензии позволяет уменьшить высоту осаждения и, соответственно, ее продолжительность. Возможность сокращения времени седиментации путем уменьшения высоты камеры осаждения, а также рост производительности аппарата за счет увеличения удельной поверхности седиментации является преимуществом отстойника данного типа.

Отстойники с тонкослойным потоком конструктивно разнообразны, отличаются друг от друга формой поверхности перегородок (пластинчатые, конусные, цилиндрические) как в поперечном, так и в продольном разрезе, расстоянием (шагом) между перегородками, материалом и т. д. Отличаются они также и способом подвода суспензии, отвода осветленной жидкости.

На основании проведенных в ИТТФ НАНУ предварительных исследований установлено, что оптимальный расход сока первой сатурации для тонкослойного отстойника-осветлителя должен составлять $16{,}7 \cdot 10^{-3}$ м^3/с. При этом режиме работы отстойника среднее время пребывания жидкости в аппарате составляет 30 мин, что позволяет улучшить гидродинамические условия движения жидкости в аппарате, ликвидировать застойные зоны, уменьшить время контакта сока и сгущенной суспензии.

На основании выполненных исследований гидродинамики тонкослойного отстойника-осветлителя, аналитических исследований процесса отстаивания сока первой сатурации, а также исследований работы отстойников в промышленных условиях была разработана высокоэффективная конструкция тонкослойного отстойника сока первой сатурации большой единичной мощности, показанная на рисунке 18.

Тонкослойный отстойник работает следующим образом. Сатурационный сок поступает в верхнюю подготовительную секцию, где от него отделяются пена и газ, и через соединительную трубу направляется в нижнюю часть аппарата. Проходя через выравнивающие решетки, сок равномерно распределяется по сечению аппарата и поступает во внутреннюю полость тонкослойных секций. В наклонных тонкослойных каналах происходит осаждение твердой фазы сока первой сатура-

ции. Сгущенная суспензия перемещается по нижней образующей тонкослойного элемента и с помощью устройства для ее отвода направляется в зону накопления. Радиальные направляющие, установленные в межтарелочном пространстве тонкослойного модуля, устраняют вращение потока, продольное и поперечное перемешивание, предотвращают образование застойных зон и каналообразование. Разделительные полосы, установленные в нижней части аппарата, также способствуют равномерному распределению сока и сгущенной суспензии по сечению отстойника. Сгущенная суспензия из зоны накопления отбирается на вакуум-фильтры, а осветленный сок через контрольные ящики направляется в сборник сока.

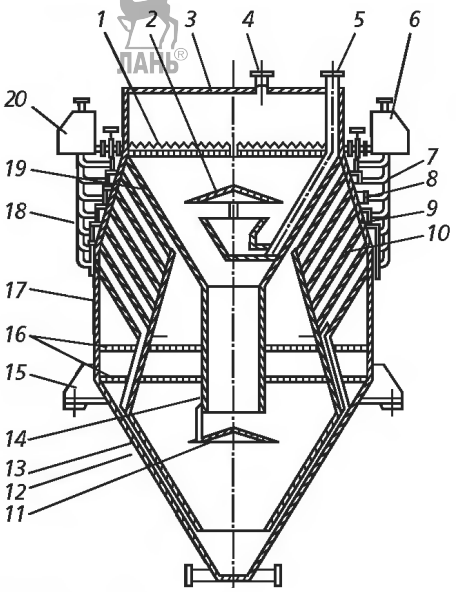

Рис. 18

Тонкослойный отстойник:

1 — устройство отделения от сока пены и газа; *2*, *11* — отражатели; *3* — крышка; *4* — воздушная оттяжка; *5* — патрубок подвода нефильтрованного сока; *6*, *20* — контрольные ящики; *7*, *18* — трубопроводы отвода осветленного сока; *8* — кольцевые желоба; *9* — усеченный конус; *10* — тонкослойный модуль; *12* — коническое днище; *13* — устройство отвода сгущенной суспензии; *14* — соединительная труба; *15* — установочные лапы; *16* — специальное выравнивающее устройство; *17* — вертикальный цилиндрический корпус; *19* — верхняя подготовительная секция.

В предложенной конструкции тонкослойного отстойника повышение степени разделения и качества осветленного сока достигается за счет улучшения гидродинамических условий движения потока жидкости в тонкослойных секциях и в аппарате в целом. Большое влияние на повышение степени разделения оказывает отсутствие перетоков дисперсных частиц из секции в секцию, устранение продольного, поперечного перемешивания и каналообразования в тонкослойных секциях и в нижней части аппарата, отсутствие смешения вновь поступающего сока первой сатурации со сгущенной суспензией.

Тонкослойный отстойник имеет производительность 3000 т/сут, высоту 8,3 м, диаметр 4,3 м, время пребывания сока 35 мин, может использоваться в

технологическом процессе очистки сока первой сатурации как с добавкой флокулянта, так и без нее, обеспечивая высокий эффект осветления. Образец аппарата испытан на Кобелякском сахарном заводе (Полтавская обл.). Использование тонкослойного отстойника позволило повысить степень очистки и качество очищенного сока, а также снизить потери сахара на 0,03% к массе свеклы.

Яготинским опытно-механическим заводом освоен выпуск тонкослойного отстойника сока второй сатурации (рис. 19). Корпус отстойника разделен конусообразными перегородками на пять секций. Сок второй сатурации поступает в приемную камеру и равномерно распределяется по секциям отстойника. Декантат сока второй сатурации отводится из верхней части каждой секции в контрольный ящик.

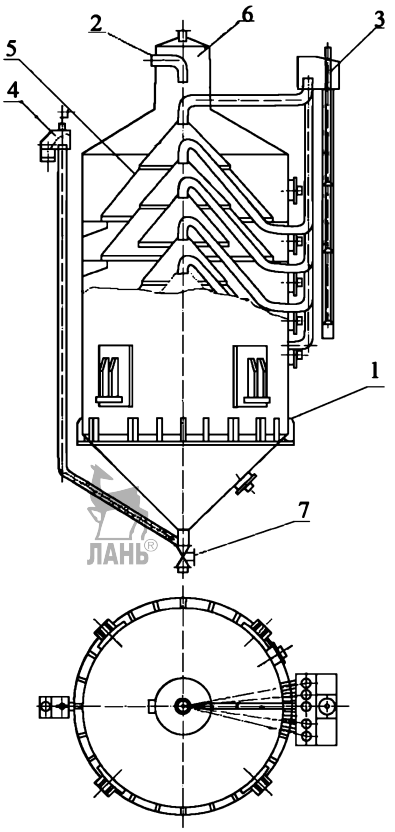

Рис. 19

Тонкослойный отстойник второй сатурации:

1 — цилиндрический корпус; *2* — патрубок подвода сока; *3* — контрольный ящик декантата; *4* — контрольный ящик суспензии; *5* — конусообразные перегородки; *6* — приемная камера; *7* — патрубок окончательного опорожнения отстойника.

Отстаивание проводится в тонком слое. Сгущенная суспензия спускается по наклонной образующей и собирается в нижней части отстойника, откуда под напором столба сока второй сатурации направляется в сборник сгущенной суспензии, расположенный на 1500 мм ниже сборника декантата, и самотеком направляется на прогрессивную преддефекацию.

Техническая характеристика отстойника сока второй сатурации приведена ниже.

Производительность по свекле, т/сут	3000
Поверхность осаждения, м^2	80
Полезный объем отстойника, м^3	114
Время пребывания сока, мин	44
Габаритные размеры, мм:	
высота	11 165
диаметр наружный	4500
по лапам опорным	5320
Масса, кг	15 305

Тонкослойные отстойники такого типа установлены и эксплуатируются на Кобелякском, Носовском, Григоровском и других сахарных заводах.

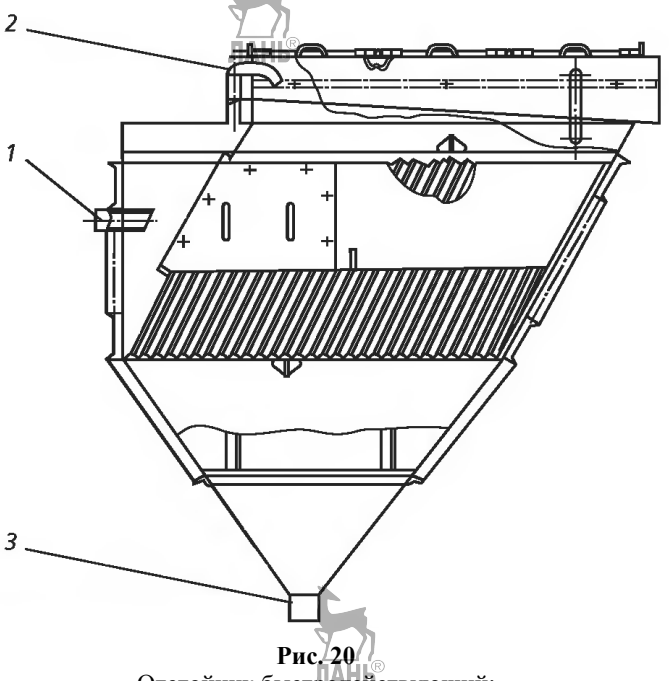

Рис. 20
Отстойник быстродействующий:
1 — патрубок подвода сока; *2* — патрубок выхода осветленного сока; *3* — патрубок отвода сгущенной суспензии.

По разработкам Краснодарского института пищевой промышленности и конструкторской документации Смелянского СКВ Яготинским ОМЗ изготовлен один образец быстродействующего отстойника Ш1-П1569 для разделения нефильтрованного сока первой сатурации на сгущенную суспензию и осветленный сок (рис. 20), техническая характеристика которого приведена ниже.

Производительность по свекле, т/сут, не менее	750
Полезная вместимость, м^3, не менее	17,5
Полная вместимость, м^3, не менее	19,5
Время пребывания сока, мин, не более	20

Температура сока в отстойнике, °С	84–87
pH сока	10,8–11
Габаритные размеры, м, не более	
длина	4,14
ширина	2,83
высота	4,075
Масса, кг, не более	6200

Отстойник представляет собой емкость прямоугольного сечения с днищем, выполненным в виде перевернутой пирамиды. Для обеспечения жесткости корпус снабжен прямоугольными полосами.

Внутренняя прямоугольная полость отстойника оснащена пластинами желобчатого типа, установленными под углом, сверху над которыми расположены каналы, выполненные в виде прямоугольных корыт. Пространство между корытами отделено специальными пластинами, которые являются регуляторами уровня осветленного сока.

Принцип действия отстойника состоит в многократном изменении направления движения сока, в результате чего ускоряется процесс осаждения твердых частиц. Исходная суспензия подается через штуцер в корпус аппарата, внутри которого расположены наклонные пластины. Наличие перегородок увеличивает продолжительность пребывания жидкости и поверхность осаждения в аппарате.

Сгущенная суспензия собирается в коническом днище, откуда удаляется через нижний патрубок, сечение которого должно быть отрегулировано путем установки крана в определенное положение. Положение крана должно быть функционально увязано с подачей сока первой сатурации.

Одним из требований успешной работы отстойника является установка переливных кромок строго в горизонтальное положение и на одном уровне для каждого индивидуального потока. Потоки не должны смешиваться между собой в процессе перелива.

Уровень осветленного сока от верхнего уголка емкости должен быть в пределах 140 мм. Корпус перед эксплуатацией необходимо теплоизолировать.

Отстойник установлен на Городищенском сахарном заводе.

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ОЧИСТКЕ ДИФФУЗИОННОГО СОКА

2.1. Интенсификация процесса очистки диффузионного сока с применением химических веществ

Усиление коагулирующей способности полиакриламида (ПАА) путем его активации гидроксидом натрия или смесью сульфата аммония и гидроксида натрия делает возможным его использование на предварительной дефекации.

В Воронежском технологическом институте проведены исследования по изучению влияния активированного ПАА на показатели преддефекованного сока. На первом этапе была изучена зависимость чистоты преддефекованного сока и скорости отстаивания от pH активированного ПАА и pH при вводе его на преддефекации (табл. 4).

Таблица 4

pH ПАА	pH сока при введении ПАА	Преддефекованный сок	
		чистота, %	скорость отстаивания, см/мин
11,16	8,2	87,2	2,87
11,30	8,7	87,6	3,29
11,30	7,7	88,1	2,74
11,50	8,2	88,4	4,22
11,70	8,7	88,0	3,66
11,70	7,7	87,4	3,79
11,84	8,2	87,6	3,25

Примечание. Показатели преддефекованного сока без введения ПАА: чистота — 87,0%; скорость отстаивания — 2,02 см/мин.

При активировании ПАА до pH 11,4–11,6 преддефекованный сок имеет наилучшие показатели. Это связано с тем, что в щелочной среде полиэлектролиты диссоциируют как слабые кислоты, и их реакционная способность зависит от pH среды.

Поиск оптимальных условий активирования ПАА и оптимального pH при его введении проводили путем математической обработки экспериментальных данных: массовая доля сульфата аммония для активирования — 0,010–0,012% к массе раствора флокулянта; pH активированного ПАА — 11,0–11,5; pH преддефекованного сока, при котором вводится ПАА, — 8,2–8,8.

Выбранный автором диапазон pH 8,2–8,8 при введении активированного ПАА характеризуется максимальным положительным зарядом карбоната кальция в растворах сахарозы и максимальным отрицательным зарядом коллоидов диффузионного сока.

Результаты исследований по удалению веществ коллоидной дисперсности (ВКД) при различных способах проведения преддефекации представлены в таблице 5.

Введение активированного ПАА на преддефекации увеличивает эффект удаления веществ коллоидной дисперсности на 16% по сравнению с очисткой

по типовой схеме, что способствует улучшению структуры осадков и фильтрационно-седиментационных показателей соков.

Таблица 5

Способ преддефекации	pH сока при введении ПАА	Массовая доля ВКД, г на 100 г СВ	Эффект удаления ВКД, %
Типовый		2,071	65,9
С введением ПАА, активированного NaOH	10,2	1,573	74,1
С введением ПАА, активированного NaOH и $(NH_4)_2SO_4$	7,5	1,287	78,8
	8,2	1,081	82,2
	8,7	1,153	81,0

Примечание. Массовая доля ВКД в диффузионном соке — 6,072 г на 100 г СВ.

Основываясь на приведенных результатах предварительных исследований, авторы [12] разработали промышленный вариант способа с введением активированного полиакриламида (ПАА) на преддефекации, который был испытан на Золотухинском сахарном заводе (рис. 21).

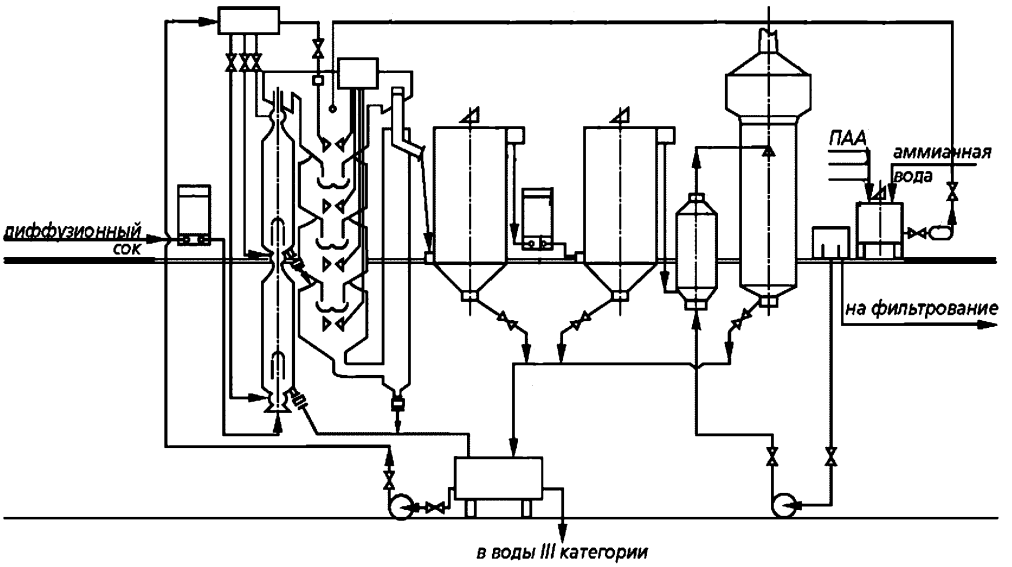

Рис. 21
Схема очистки диффузионного сока с использованием активированного ПАА на преддефекации (Золотухинский сахарный завод)

Активированный ПАА готовили путем его растворения в горячей аммиачной воде с добавлением гидроксида натрия и сульфата аммония массовой долей 0,01% с последующим доведением раствора гидроксидом натрия до pH 11,5.

Для работы завода мощностью 6000 т переработки свеклы в сутки расход реагентов составлял: ПАА — 60 кг/сут, щелочи — 100 кг/сут и сульфата аммония — 0,6 кг/сут.

Активированный ПАА с массовой долей 0,001% вводили в третью секцию преддефекатора, в которой достигалось pH сока 8,0–8,5.

Использование ПАА на преддефекации оказывает также благоприятное влияние на фильтрационные показатели соков. В период испытаний данного способа производительность завода обеспечивалась вдвое меньшим числом ФиЛС, чем при работе по схеме завода.

На основании технологических показателей соков и сиропа, полученных при различных способах преддефекации на Золотухинском сахарном заводе (табл. 6), можно сделать вывод, что при преддефекации с использованием ПАА, активированного сульфатом аммония и гидроксидом натрия, образуется более однородный осадок с преобладанием частиц средних размеров, служащих хорошей основой для получения на первой сатурации осадка с необходимыми фильтрационными свойствами (рис. 22).

Таблица 6

Показатели	**Преддефекация**	
	по схеме завода	**с активированным ПАА**
Диффузионный сок		
чистота, %	84,8	85,0
редуцирующие вещества, %	0,150	0,168
Сок второй сатурации		
чистота, %	90,0	91,0
соли кальция, % CaO	0,08	0,05
цветность, усл. ед.	12,5	12,0
редуцирующие вещества, %	0,026	0,020
Сироп		
чистота, %	90,4	91,5
соли кальция, % CaO	0,28	0,22
цветность, усл. ед.	19,8	18,0
редуцирующие вещества, %	0,236	0,180

При этом улучшаются технологические показатели очищенного сока и сиропа. Введение активированного ПАА на преддефекации снижает содержание солей кальция в очищенном соке на 38%, редуцирующих веществ в соке — на 26%, в сиропе — на 24%.

Чистота очищенного сока повышается на 1,0%, сиропа — на 1,1%.

При проведении очистки диффузионного сока по предлагаемому способу достигнуто уменьшение содержания солей кальция в соке второй сатурации в 1,4–1,8 раза, анионов органических кислот и красящих веществ на 5–20%, более полное осаждение белковых и пектиновых веществ на преддефекации и снижение их содержания в очищенном соке, чистота которого повысилась в среднем на 1,2%, а эффект очистки на дефекосатурации увеличился на 10–11% по сравнению с типовым способом очистки. При этом скорость отстаивания осадка сока первой сатурации увеличилась в 1,4 раза.

И. Грабкой исследовано влияние гипохлорита натрия на качество очистки и фильтрационно-седиментационные свойства соков при переработке свеклы различного качества.

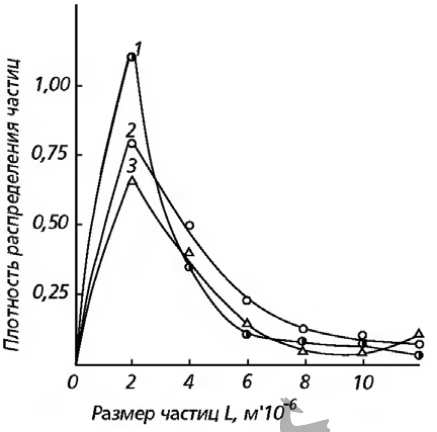

Рис. 22

Распределение частиц преддефекационного осадка при различных способах преддефекации: *1* — типовом; *2* — введением ПАА, активированного гидроксидом натрия и сульфатом аммония до pH 11,5, при pH сока 8,2; *3* — введением ПАА, активированного гидроксидом натрия до pH 11,0, при pH сока 10,2.

В таблице 7 приведены данные, демонстрирующие влияние гипохлорита натрия на качество очищенного сока, а также скорость фильтрования и осаждения осадка сока первой сатурации.

Таблица 7

Показатели	**Контроль**	**Среднее значение опытов**	
		ввод гипохлорита перед первой сатурацией	**ввод гипохлорита перед основной дефекацией**
Содержание СВ, %	15,25	14,92	15,14
Чистота, %	90,48	91,15	92,37
Содержание инвертного сахара, % к массе сахара	0,245	0,152	0,135
Содержание солей кальция, мг CaO/100 г СВ	625	479	286
Цветность, ед. ICUMSA	655	598	372
Эффект очистки	22,0	28,0	38,7
Щелочность сока первой сатурации, г CaO/100 $см^3$	0,078	0,076	0,070
Fk, $с/см^2$	16,2	12,5	7,5
V_{26}, %	26,5	24,6	18,6
S_s, см/мин	2,55	3,34	4,67

Гипохлорит в количестве 0,54% к массе сока (0,018% свободного хлора) добавлялся перед первой сатурацией и преддефекацией.

Параметры диффузионного сока были следующими:

- содержание сухих веществ — 16,10%;
- чистота — 88,12%;
- содержание инверсного сахара — 1,66% к массе сахара;
- соотношение CaO/несахара — 85% (по массе).

Во всех случаях использовался диффузионный сок примерно одного и того же качества. В ходе всех экспериментов дозировка извести была одинаковая и составляла 85% к массе несахаров диффузионного сока.

При обработке сока без добавки гипохлорита чистота его составила 90,48%, а содержание инвертного сахара — 0,245% к массе сахара. Сок имел значительную цветность (655 ед. ICUMSA) и высокое содержание известковых солей — 625 мг CaO/100 г сухих веществ.

Фильтрационные и седиментационные показатели сока первой сатурации были неудовлетворительными: фильтрационный коэффициент Fk — 16,2 с/см^2, скорость осаждения S_s — 2,55 см/мин, а объем суспензии V_{26} — 26,5% — следствие того, что диффузионный сок был получен из свеклы низкого качества, содержащей значительное количество инвертного сахара.

В ходе экспериментов, когда к соку перед первой сатурацией добавляли гипохлорит в концентрации 0,54%, эффект очистки возрос до 28%. Содержание сухих веществ определяли прецезионным рефрактометром, а эффект очистки рассчитывали по методике с погрешностью не более 1–2%. Количество разложившегося инвертного сахара в этом случае составило 91%. Фильтрационно-седиментационные показатели осадка также несколько улучшились: было зафиксировано снижение фильтрационного коэффициента Fk с 16,2 до 12,5 с/см^2. Расчет Fk производили по методике, которая обеспечивает погрешность не более 0,11 при среднем Fk, равном 5 с/см^2.

В дальнейшем гипохлорит с концентрацией 0,54% к массе сока добавляли перед преддефекацией. При этом эффект очистки увеличился почти в 2 раза. В очищенном соке почти вдвое уменьшилось количество инвертного сахара, солей кальция и содержание красящих веществ. Фильтрование и осаждение осадка сока первой сатурации также значительно улучшились. Фильтрационный коэффициент Fk снизился до 7,5 с/см^2, а скорость осаждения S_s возросла почти до 5 см/мин. Приведенные данные свидетельствуют о целесообразности применения гипохлорита перед преддефекацией. Этого же мнения придерживается в своих рекомендациях С. Заржицкий.

В таблице 8 приведены результаты определения влияния дозировки гипохлорита на качество соков, скорость фильтрования и седиментации осадка сока первой сатурации. Гипохлорит добавляли перед основной дефекацией.

Таблица 8

Показатели	**Контроль**	**Среднее значение при дозировке гипохлорита, %**	
		по св. хлору — 0,015 (по гипохлориту — 0,45)	**по св. хлору — 0,043 (по гипохлориту — 1,30)**
Содержание СВ, %	15,12	14,94	15,53
Чистота, %	86,09	87,0	87,76
Содержание инвертного сахара, % к массе сахара	0,295	0,222	0,164
Содержание солей кальция, мг CaO/100 г СВ	1143	705	727

Продолжение табл. 8

Показатели	Контроль	Среднее значение при дозировке гипохлорита, %	
		по св. хлору — 0,015 (по гипохлориту — 0,45)	по св. хлору — 0,043 (по гипохлориту — 1,30)
Цветность, ед. ICUMSA	811	658	545
Эффект очистки, %	15,7	22,05	27,3
Щелочность сока первой сатурации, г CaO/100 $см^3$	0,061	0,076	0,067
Fk, $с/см^2$	27,0	22,7	12,7
V_{26}, %	27,3	26,7	19,5
S_s, см/мин	2,20	2,62	3,42

Параметры диффузионного сока были следующими: содержание сухих веществ — 16,02%, чистота — 83,91%, содержание инвертного сахара — 2,13% к массе сахара, соотношение CaO/несахара — 89% (по массе).

Количество извести было увеличено до 0,89 кг CaO/кг несахаров. Количество гипохлорита, вводимого перед преддефекацией, колебалось в пределах от 0 до 1,80% к массе сока. Другие технологические параметры были аналогичны приведенным в таблице 7.

В эксперименте без использования гипохлорита эффект очистки был относительно низким — 15,7%, а количество разложившегося инвертного сахара составило 0,295% к массе сахара. Очищенный сок содержал значительное количество солей кальция (1143 мг CaO/100 г сухих веществ) и имел высокую цветность — 811 ед. ICUMSA. Фильтрование и осаждение были очень затруднены ($Fk = 27,0$ $с/см^2$, $S_s = 2,20$ см/мин, $V_{26} = 27,3\%$), что объясняется плохим качеством использованного диффузионного сока.

В ходе экспериментов дозировка гипохлорита колебалась в пределах от 0,30 до 0,60% к массе сока. При этом средний зафиксированный эффект очистки составил 22,05%, что на 4% больше, чем в эксперименте без применения гипохлорита. Увеличение дозировки гипохлорита с 0,30 до 0,60% привело к незначительному повышению эффекта очистки. Также несколько увеличилась скорость фильтрования и осаждения осадка ($Fk = 22,7$ $с/см^2$, $S_s = 2,62$ см/мин, $V_{26} = 26,7\%$).

Учитывая это, в дальнейших экспериментах дозировка гипохлорита была увеличена, что привело к повышению среднего эффекта очистки до 27,3%, а при максимальной дозе гипохлорита (1,8%) он возрос почти до 34%. При этом было удалено наибольшее количество инвертного сахара — почти 92%. Фильтрационный коэффициент снизился до 12,7 $с/см^2$, а при концентрации гипохлорита 1,8% он упал до 9,4 $с/см^2$, скорость осаждения возросла до 3,42 см/мин.

Таким образом установлено, что введение гипохлорита перед преддефекацией позволяет повысить эффект очистки с 22 до 39%, снизить фильтрационный коэффициент с 16,2 до 7,5 $с/см^2$ и увеличить скорость седиментации осадка с 2,55 до 4,67 см/мин. Кроме того, была определена оптимальная дозировка гипохлорита. Если в обычных условиях она составляет 0,5–0,6% к массе сока, то в

случае переработки свеклы очень плохого технологического качества ее можно увеличивать до 1,8%. Также отмечено, что гипохлорит оказывает определенное влияние на кинетику распада инвертного сахара.

Испытания данного способа на Рамонском сахарном заводе, где для отделения осадка сока первой сатурации используются отстойники, также подтвердили его эффективность.

На Кирсановском сахарном заводе был испытан способ очистки с предварительной коагуляцией несахаров диффузионного сока сульфатом аммония, возвратом сока первой сатурации и ПАА.

В диффузионный сок с температурой 50–60°С вводили сульфат аммония в количестве 0,02% к массе сока. Затем осуществляли прогрессивную предварительную дефекацию. Для создания благоприятных условий начала коагуляции ВМС в первую секцию преддефекатора возвращали 5–10% нормально отгазованного сока первой сатурации от общего количества. Значение pH в этой секции поддерживали 7,5–8,0. Остальное количество возврата поступало в третью и четвертую секции преддефекатора. Для стабилизации образовавшегося коагулята ВМС в третью секцию вводили активированный раствор полиакриламида в количестве не более 0,001% к массе сока. Преддефекованный сок направляли на дальнейшую очистку по типовой схеме с гравитационными отстойниками для сока первой сатурации.

Изучение влияния добавки флокулянта КО-3 в процессе преддефекации на эффект очистки сока описано в работе [1]. Предварительными исследованиями было установлено, что pH оптимальной сорбции флокулянта КО-3 находится в зоне значений pH преддефекации и совпадает с pH метастабильной зоны, а его введение на преддефекации в указанную зону улучшает структуру осадка, обеспечивая тем самым необходимые седиментационные и фильтрационные показатели.

При проведении исследований сравнивали две схемы очистки с отделением преддефекационного осадка, но в одной из них на преддефекации в зону pH 9–9,5 добавляли флокулянт КО-3 в количестве 0,001% к массе сока. Преддефекацию осуществляли известковым молоком без возврата сока первой сатурации. Этот способ позволяет получить преддефекационный осадок с такими же седиментационными и фильтрационными показателями, как и осадок сока первой сатурации, а также повысить эффект очистки на 15% при сокращении расхода извести на 0,7% к массе сока по сравнению с типовым способом.

В этой же работе исследована возможность применения ряда неорганических солей для дополнительной очистки декантата преддефекационного осадка, в результате которых предпочтение было отдано сульфату алюминия, оказывающему существенное влияние на качество соков.

Сравнение схем очистки сока с отделением преддефекационного осадка с добавлением сульфата алюминия и без него при проведении предварительной дефекации при 60 и 85°С показало, что наиболее эффективной является схема с теплой преддефекацией, отделением осадка до основной дефекации и добавлением 0,05% к массе сока $Al_2(SO_4)_3$ к декантату преддефекованного сока, снижение содержания в котором белковых, пектиновых и редуцирующих веществ

составило 14, 12 и 11% соответственно. Это способствует повышению чистоты сока второй сатурации на 0,7–1,2% и снижению цветности на 7–10%. Способ был испытан на Тихорецком сахарном заводе Краснодарского края.

Сотрудниками УДУХТ проведены опытно-промышленные исследования способа проведения преддефекации с использованием хлорной извести и порционных добавок диффузионного сока как флокулянта на заключительных стадиях процесса на Жашковском сахарном заводе.

Следует отметить, что предложенный способ обеспечивает более полное удаление белковых веществ из диффузионного сока, что оказывает положительное влияние на ход его дальнейшей очистки. Кроме того, при этом улучшается структура преддефекационного осадка и решается, в определенной степени, проблема его отделения до основной дефекации.

В основу способа предварительного совместного воздействия на диффузионный сок извести, открытого пара и ПАА легло предположение, что при введении в диффузионный сок раствора флокулянта его макромолекулы адсорбируются одновременно на нескольких взвешенных частицах, образуя хлопья, вызывающие дополнительное осаждение тонкодисперстных частиц.

При этом ожидалось получение более стойкого к действию высокой температуры и щелочности на основной дефекации осадка.

С этой целью была проведена серия опытов по обработке диффузионного сока известковым молоком в количестве 0,1% CaO к массе сока, открытым паром (1% к массе сока) и ПАА в количестве от 0,0005 до 0,02% к массе сока (дальнейшая очистка от основной дефекации осуществлялась по типовой схеме). В результате опытов был установлен максимально возможный расход ПАА (0,1% к массе сока), после достижения которого увеличение эффекта очистки сока прекращается.

Результаты проведенных опытов показали также, что при осуществлении предложенного способа повышение эффекта очистки сопровождается одновременным уменьшением расхода извести.

Производственные испытания предложенного способа проводили на Шепетовском сахарном комбинате, для чего на трубопроводе диффузионного сока был установлен пароструйный реактор (рис. 23), представляющий собой паровую камеру с соплами, расположенными таким образом, чтобы обработка сока паром происходила по всему сечению трубопровода. К камере подведен пар первого корпуса ВУ. Подача известкового молока и ПАА осуществлялась по оси (центру) трубопровода диффузионного сока в место его обработки паром.

Сравнительные показатели производственных испытаний различных способов очистки диффузионного сока, приведенные в таблице 9, свидетельствуют о заметных преимуществах способа одновременной обработки диффузионного сока паром, известью и ПАА, проявляющихся в улучшении седиментационных свойств и прозрачности сока первой сатурации соответственно на 20 и 6%. В очищенном соке второй сатурации уменьшается содержание солей кальция на 20%, цветность — на 10%, содержание ВМС — на 14%, чистота повышается на 1,3 ед.

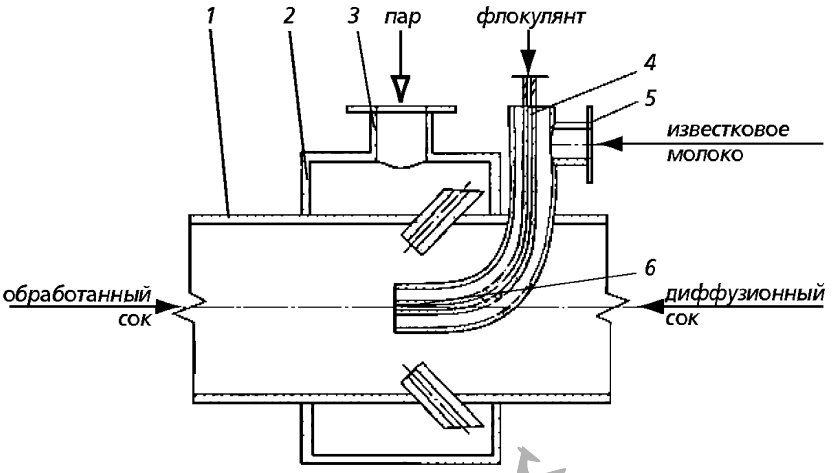

Рис. 23

Схема пароструйного аппарата:

1 — трубопровод диффузионного сока; *2* — паровая камера; *3* — трубопровод открытого пара; *4* — трубопровод флокулянта; *5* — трубопровод известкового молока; *6* — сопло.

Таблица 9

Показатели	Способы очистки диффузионного сока			
	типовая	с обработкой паром, известковым молоком	с обработкой паром, известковым молоком и ПАА	
			без уменьшения расхода CaO на основную дефекацию	с уменьшением расхода CaO на 0,3% на основную дефекацию
Сок предварительной дефекации				
скорость седиментации, см/мин	3,4	4,0	4,2	4,2
объем осадка, %	20	17	16	16
Сок первой сатурации				
скорость седиментации, см/мин	3,6	4,1	4,3	3,8
мутность, ед. опт. плотн.	926	895	873	916
Сок второй сатурации				
соли кальция, % CaO к массе СВ	0,36	0,32	0,27	0,36
цветность, ед. опт. плотн.	180	169	162	175
содержание ВМС, % к массе сока	0,273	0,251	0,234	0,265
чистота, %	89,4	90,4	90,7	89,7

Исследованиями влияния количества извести на очистку диффузионного сока по предложенному способу установлено, что при его уменьшении на основную дефекацию на 0,3% CaO полученные результаты практически не отличаются от технологических показателей соков по типовой схеме.

2.2. Применение пеногасителей на отдельных станциях сокоочистительного отделения

В свеклосахарном производстве обильное пенообразование наблюдается на преддефекации, основной дефекации, первой и второй сатурациях, в ВУ, при уваривании и центрифугировании утфелей, а также в мелассе.

Тесную связь с качеством свеклы и соблюдением оптимального технологического режима имеет интенсивное пенение сточных вод в период переработки свеклы ухудшенного качества. На сахарных заводах Украины в качестве пеногасителей обычно применялся соапсток — отход маргаринового производства, а также отходы масложировой промышленности, но они малоэффективны и требуют больших расходов. Кроме того, их использование ограничено в связи с негативным влиянием на очистку и сгущение соков. В дефекованном соке жиры омыляются, затрудняя фильтрование, а при их добавлении в соки и сиропы поверхности нагрева теплообменных аппаратов покрываются слоем жира, снижая коэффициент теплопередачи.

В УкрНИИСП были проведены исследования ряда пеногасителей на их пригодность для промышленного использования. Это прежде всего соапстоки жирный и истощенный, производства Киевского маргаринового завода, представляющие собой смесь нейтрального жира со щелочью. Они показали, что недостатком соапстоков является зараженность микроорганизмами и, следовательно, необходимость обязательной стерилизации.

Силиконовый пеногаситель ЭСС-2 (завод «Кремнийполимер») является типичным предупредителем пенообразования, но неэффективен при гашении пены. Во многих случаях и олеиновая кислота, как пеногаситель, не дает устойчивых результатов.

Широко применявшееся ранее для пеногашения пищевое растительное масло в последнее время также не рекомендуется к применению в качестве вспомогательного вещества.

В таблице 10 приведены результаты исследований отдельных пеногасителей при разных дозах расхода для соков и сиропа.

Таблица 10

Полупродукты	Плазур СХР-130		Плазур СХР-132		Бреокс SG-17	
	доза, мг/л	эффект, %	доза, мг/л	эффект, %	доза, мг/л	эффект, %
Преддефекованный сок	25	80	25	60	–	–
	50	99	100	99	–	–
Дефекованный сок	25	100	25	80	–	–
	50	100	50	90	–	–
Сок первой сатурации	25	99	25	90	–	–
	50	99	50	99	–	–
Сок второй сатурации	10	100	10	98	–	–
	25	100	25	100	–	–
Сироп	30	99	120	71	80	70
	50	95	250	77	100	75
	–	–	–	–	130	85
	–	–	–	–	160	86

Наиболее эффективными препаратами на стадии очистки соков и сиропа оказались Плазур СХР-130 и Плазур СХР-132. Для достижения одного и того же эффекта расход препарата Бреокс SG-17 в 10 раз больше, чем препарата Плазур.

2.3. Использование флокулянтов для интенсификации процессов разделения суспензий соков первой и второй сатурации

Флокулянты разделяют на три группы: неорганические вещества, природные полимеры и синтетические полимеры.

К первой группе относят активную кремниевую кислоту, представляющую собой структурированный раствор диоксида кремния.

К группе природных флокулянтов относятся крахмал, производные целлюлозы, альгинат натрия, гуаровые смолы, флокулянты, получаемые микробиологическим синтезом и др. Природными флокулянтами являются также продукты свеклосахарного производства — диффузионный сок и жомовая пыль. Преимущества природных флокулянтов — их практически полная безвредность, недостаток — невысокие флокулирующие свойства.

В мировой практике большое распространение получили синтетические полимерные флокулянты, что объясняется их высокими флокулирующими свойствами. Их разделяют на три группы: неанионные, анионные и катионные.

К неанионным можно отнести полиакриламид, полиэтиленоксид, поливинилпиролидон, поливиниловый спирт. Полиакрилат натрия и полистиролсульфокислота относятся к флокулянтам анионного типа. Весьма эффективными флокулянтами катионного типа являются ВЛ-2, ВЛ-3, ВПК-101, ВПК-402 и др.

Существует несколько наиболее распространенных представлений для интерпретации закономерностей флокуляции дисперсных высокомолекулярных веществ: мостикообразование, флокуляция во вторичном минимуме, гетерокоагуляция и др. Наиболее простое и естественное объяснение флокуляции дисперсий противоположно заряженными полиэлектролитами — это снижение эффективного заряда и потенциала частиц, т. е. механизм, аналогичный механизму нейтрализационной коагуляции золей многозарядными противоионами.

Автор делает вывод, что наиболее вероятной причиной дестабилизации дисперсий противоположно заряженными полиэлектролитами является не только снижение заряда и потенциала частиц, но и образование мостичных связей между частицами через адсорбированные макроионы. В пользу этого говорят и данные о росте степени флокуляции по мере увеличения молекулярной массы реагента и концентрации твердой фазы. С ростом молекулярной массы и снижением заряда макроцепи вклад электрического фактора в механизме флокуляции будет уменьшаться.

Дозирование флокулянта, поставляемого в жидком виде, осуществляется непосредственно из транспортной тары насосами-дозаторами.

При поставке флокулянта в виде сыпучего продукта его растворяют в воде или соке в течение 0,5–1,0 ч в мешалке с числом оборотов метательного устрой-

ства 0,5–1,0 $с^{-1}$ до содержания сухих веществ 0,5%. Вода не должна содержать взвешенных веществ и иметь температуру 40–50°С. Раствор направляют в бак дозирования, откуда насосами-дозаторами подают в статический смеситель, где доводят до рабочей концентрации 0,25%, контролируя расход ротаметрами. Место ввода реагента имеет исключительно важное значение: флокулянт вводится в точку, обеспечивающую однородное смешение реагента с раствором с тем, чтобы не разрушить образовавшийся агломерат. Кроме того, эти флокулянты могут быть использованы при переработке сахара-сырца и производстве сахара-рафинада.

2.4. Применение синтетических полимерных флокулянтов

Длительное время в свеклосахарной промышленности для интенсификации процессов отстаивания соков применялся в основном ПАА, однако ныне вместо него начали широко применять более эффективные препараты импортного производства.

Фирма «Аллайд Коллоиде» разработала флокулянты типа «Магнафлок ЛТ», предназначенные для интенсификации процесса отстаивания соков первой и второй сатураций и улучшения фильтрования сгущенной суспензии. Флокулянты представляют собой синтетические водорастворимые полиэлектролиты сверхвысокой молекулярной массы. Флокулянты выпускаются с разной плотностью и молекулярной массой, чтобы обеспечить оптимальные параметры проведения процессов для различных условий сахарного производства.

Флокулянт «Магнафлок ЛТ» выпускается в виде порошка или жидкости и имеет следующие характеристики:

Физическая форма — белый легкотекущий порошок или светлая жидкость.

Содержание свободного акриламида не менее, % — 0,025.

ЛТ25	ЛТ26	ЛТ27	ЛТ30	ЛТ20	ЛТ24
анионный	анионный	анионный	анионный	неанионный	катионный

Обычно «Магнафлок ЛТ» вводится в линию перед отстойниками. Расход флокулянта составляет 1–5 мг/л раствора в зависимости от свойств обрабатываемого продукта. Исследования показали, что использование флокулянта «Магнафлок ЛТ» для процесса отстаивания соков первой и второй сатурации позволяет увеличить скорость осаждения твердых частиц из соков в отстойниках, снизить цветность и мутность соков, количество извести на очистку диффузионного сока, потери сахара с фильтрационными осадками, уменьшить количество сгущенной суспензии и повысить производительность фильтрационного оборудования, продлить срок службы фильтровальной ткани. Флокулянт типа «Магнафлок ЛТ» рекомендуются также для обработки сгущенной суспензии.

Это позволит:

– увеличить скорость фильтрования на барабанных, вакуумных и плиточных фильтрах на 10–15%;

– улучшить производительность этого оборудования на 10%;

– повысить качество фильтрованного сока до уровня, не требующего контрольного фильтрования;

– уменьшить потери сахара в фильтрационном осадке на 0,04% к массе свеклы.

В 1995 г. сотрудниками УкрНИИСП проведены исследования образцов флокулянтов импортного производства, результаты которых приведены в таблице 11. Данные таблицы свидетельствуют, что наиболее эффективными препаратами являются: Cartofloc 250 (США), Magnafloc LT27 (Англия), Superfloc A110 (США), Praestol 2540 (Германия), Sedipur TF2TR (Германия). Применение этих препаратов при расходе 1–2 г/т свеклы обеспечивает значительное улучшение седиментационно-фильтрационных показателей соков, что ведет к увеличению производительности фильтрационного оборудования и сокращению расхода фильтровальных тканей.

Таблица 11

Наименование флокулянтов	**Расход флокулянтов 0,0001% к массе свеклы**						
	Скорость отстаивания, см/мин					**v_{10}, %**	**Fk**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**		
Исходный сок первой сатурации: СВ = 12,9%, pH 1,2. Щелочность: по ф/ф — 0,088% CaO, по м/о — 3,05% CaO							
Контроль	1,5	2,25	2,4	2,5	2,4	4,5	7,2
Саратовский № 1	3,5	4,0	4,1	3,5	3,0	41	5,0
Саратовский № 15	3,1	3,8	3,6	3,1	2,7	46	5,5
Sedipur TF2TR	10,0	8,0	5,8	–	3,8	33	5,5
Cartofloc 250	17,5	10,6	7,4	5,8	4,6	22	4,8
Magnafloc LT27	7,5	10,9	5,3	4,3	3,6	35	4,9
Magnafloc 1011	4,4	5,5	4,6	4,0	3,1	40	4,1
Magnafloc 155	5,0	6,5	4,8	3,0	3,2	41	6,0
Zetag 92	3,0	3,0	3,8	3,5	3,2	41	6,0
Исходный сок второй сатурации: СВ = 12,4%, pH_{20} = 11,0. Щелочность: по ф/ф — 0,075% CaO, по м/о — 1,95% CaO							
Контроль	3,0	3,6	4,1	4,2	4,1	25	8,2
Саратовский № 1	9,5	9,6	7,3	5,7	4,6	22	–
Саратовский № 15	3,0	1,5	7,9	6,0	4,9	18	18,3
Sedipur TF2TR	24,5	12,7	8,7	6,6	5,3	13	5,75
Praestol 2540	3,5	2,6	8,7	6,6	5,3	12	6,8
Cartofloc 250	3,2	12,1	8,3	6,3	5,1	12	6,5
Magnafloc LT27	5,0	12,9	8,7	6,6	5,3	12	6,8
Magnafloc 1011	25,3	13,2	8,9	6,8	5,4	11	7,6
Magnafloc 155	24,2	12,6	8,5	6,5	5,2	13,5	7,0
Zetag 92	15,0	11,1	7,6	5,8	4,7	20	6,8
Superfloc A110	24,2	12,7	8,7	6,6	5,3	12	8,1
Floculant CW	7,0	8,0	7,1	5,5	4,6	21,5	9,0
Расход флокулянта 0,0002% к массе свеклы							
Polefloc CW	8,0	11,0	7,6	5,8	4,8	19	8,5
Расход флокулянта 0,0004% к массе свеклы							
Polefloc CW	19,0	12,0	8,1	6,3	5,1	15	7,8

Фирма «Штокхаузен» разработала флокулянт «Праестол», который представляет собой синтетический органический полиэлектролит высокой степени полимеризации. Для повышения действия флокулянта он должен быть растворен

в воде или растворе до концентрации 0,1–0,01% по активному веществу. Кроме того, при малом расходе флокулянта низкая концентрация его раствора обеспечивает хорошее распределение раствора флокулянта в обрабатываемом растворе.

Приготовление раствора флокулянта осуществляется следующим образом: в начале флокулянт «Праестол» растворяется в мешалке в течение 30–60 мин до концентрации 0,5–1% содержания сухих веществ, затем направляется в накопительный сборник. Из этого сборника раствор направляется в сборник со статическим перемешивающим устройством, где разбавляется до концентрации 0,1–0,01% содержания сухих веществ. Из этого сборника раствор флокулянта насосом-дозатором направляется для обработки соответствующего раствора. Вода для разбавления флокулянта не должна содержать твердых примесей и иметь температуру около 40°С. Для сахарной промышленности фирма «Штокхаузен» предлагает флокулянты «Праестол» 2440, 2540, 2640, 2415 и 2515 — оптимальные для обработки соков первой и второй сатурации и транспортерно-моечных вод.

Для повышения эффективности действия флокулянта необходимо правильно определить место ввода флокулянта, который должен подаваться в поток с высокой турбулентностью. После образования хлопьев раствор не следует подвергать интенсивному перемешиванию, а непосредственно направлять на фильтрование.

Результаты проведенных исследований при отстаивании сока первой сатурации при расходе флокулянта «Праестол» в количестве 1 мг/л раствора приведены в таблице 12. Фильтрационный осадок, полученный с применением флокулянта «Праестол», может применяться в качестве удобрения на полях, где под воздействием микроорганизмов в почве разрушается.

Таблица 12

Увеличение скорости осаждения, %	50–100
Повышение чистоты сока, %	1–2
Снижение цветности сока, %	30
Повышение плотности осадка, %, не более	50
Уменьшение содержания нерастворимых веществ в соке, %	80–90
Снижение потерь сахарозы в фильтрационном осадке, % к массе свеклы	0,02–0,04

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аисицкая, Р. П.* Повышение эффективности очистки диффузионного сока с использованием неорганических солей и полиакриламидов : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Киев : КТИПП, 1985. — 24 с.

2. *Белостоцкий, А. Г.* Интенсификация технологических процессов свеклосахарного производства. — М. : Агропромиздат, 1989. — 223 с.

3. *Гвоздев, В. Д.* Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков / В. Д. Гвоздев, В. С. Ксенофонтов. — М. : Химия, 1988. — 112 с.

4. *Добжицкий, Я.* Очистка соков в сахарном производстве. — М. : Пищевая промышленность, 1964. — 208 с.

5. *Запольский, А. К.* Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды / А. К. Запольский, А. А. Баран. — Л. : Химия, 1987. — 204 с.

6. Интенсификация процессов и совершенствование оборудования для отстаивания и фильтрования продуктов сахарного производства / В. Г. Рудь, Э. А. Ковальчук, Б. Ф. Ус [и др.]. — М. : ЦНИИТЭИПищепром, 1981. — Сер. 11. — Вып. 13. — 40 с.

7. Интенсификация процессов отстаивания соков в свеклосахарном производстве / Н. И. Жариттов, В. З. Семененко, В. В. Фоломеева [и др.]. — М. : Агропищепром, 1995. — Сер. 23. — Вып. 1/2. — 52 с.

8. Инструкция по ведению технологического процесса свеклосахарного производства. — М. : ЦНИИТЭИПищепром, 1985. — 372 с.

9. *Кузенков, В. А.* Разработка и исследование отстойников сахарного производства с целью оптимизации их работы : автореф. дис. … канд. техн. наук. — Киев : КТИПП, 1985. — 22 с.

10. Методические рекомендации по применению полиакриламида ПАА для ускорения осаждения сока первой и второй сатурации / Н. И. Жаринов, В. З. Семепенко [и др.]. — Киев : НПО «Сахар», 1988. — 12 с.

11. Оценка эффективности пеногасителей в свеклосахарном производстве / В. Г. Ярмилко, Б. Н. Валовой, П. В. Кулинич [и др.] // Сахарная промышленность. — 1983. — № 12. — С. 18–20.

12. *Пушанко, Н. Н.* Повышенная эффективность технологических процессов очищения диффузионного сока : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Киев : УДУХТ, 1998. — 17 с.

13. Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства : в 2-х ч. Ч. 2 / В. О. Штангеев, В. Т. Кобер, Л. Г. Белосгоцкий [и др.] ; под ред. В. О. Штангеева. — Киев : Цукор Украши, 2004. — 320 с.

14. Способ преддефекации с активированным полиакриламидом / В. А. Лосева, Н. Г. Кульнева, В. С. Воронин [и др.] // Сахарная промышленность. — 1994. — № 1. — С. 79.

15. *Хомтчак, А. М.* Повышение эффективности предварительной дефекации / А. М. Хомтчак, Н. М. Путнапко, Е. М. Тернавская // Сахарная промышленность. — 1997. — № 2. — С. 13–16.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Фильтрование и отстаивание суспензий ... 3
1.1. Фильтрование сока первой сатурации ... 3
1.1.1. Фильтры листовые саморазгружающиеся ФиЛС ... 3
1.1.2. Фильтры листовые МВЖ ... 4
1.1.3. Фильтры листовые П9-УФЛ ... 6
1.1.4. Дисковые фильтры ... 8
1.1.5. Вакуум-фильтры со сходящим полотном ... 9
1.2. Фильтрование под давлением ... 9
1.2.1. Фильтр-пресс РКО-25 и ФКС-50 ... 10
1.2.2. Камерный фильтр-пресс КФ-1000 ... 14
1.2.3. Мембранный фильтр-пресс МЕКО-1200 ... 14
1.3. Фильтрование сока второй сатурации ... 19
1.4. Регенерация фильтровальной ткани и коллекторной системы ... 21
1.4.1. Регенерация фильтровальной ткани вакуум-фильтров ... 22
1.5. Отстаивание сока первой и второй сатурации ... 24
1.5.1. Многоярусные гравитационные отстойники ... 24
1.5.2. Отстойники с фильтрующим слоем осадка ... 27
1.5.3. Тонкослойные отстойники ... 30
2. Использование химических веществ при очистке диффузионного сока ... 35
2.1. Интенсификация процесса очистки диффузионного сока с применением химических веществ ... 35
2.2. Применение пеногасителей на отдельных станциях сокоочистительного отделения ... 44
2.3. Использование флокулянтов для интенсификации процессов разделения суспензий соков первой и второй сатурации ... 45
2.4. Применение синтетических полимерных флокулянтов ... 46
Литература ... 49

ЛАНЬ

Татьяна Владимировна НАУМЕНКО

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕКЛОВИЧНОГО САХАРА. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ФИЛЬТРОВАНИЯ СОКОВ И СИРОПОВ СВЕКЛОСАХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Издание второе, стереотипное

Зав. редакцией естественнонаучной
литературы *Н. И. Осмоловская*

ЛР № 065466 от 21.10.97
Гигиенический сертификат 78.01.10.953.П.1028
от 14.04.2016 г., выдан ЦГСЭН в СПб

Издательство «ЛАНЬ»
lan@lanbook.ru; www.lanbook.com
196105, Санкт-Петербург, пр. Ю. Гагарина, д. 1, лит. А.
Тел./факс: (812) 336-25-09, 412-92-72.
Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71

Подписано в печать 14.11.20.
Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 70×100 $^{1}/_{16}$.
Печать офсетная. Усл. п. л. 4,23. Тираж 100 экз.

Заказ № 1553-20.

Отпечатано в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета
в АО «Т8 Издательские Технологии».
109316, г. Москва, Волгоградский пр., д. 42, к. 5.