

Осветлительное фильтрование густых сиропов на фильтр-прессах

В.Н. ШУРБОВАНЫЙ, президент межотраслевой научно-производственной ассоциации «Фильтровальная ассоциация Украины»
С.М. ПЕТРОВ, д-р техн. наук, проф., ООО «НТ-Пром»
Э.А. ЖЕРДЕВ, ООО «ТЕХТКАНЬСЕРВИС»

По итогам производственной кампании 2016 г. в России прогнозируется перепроизводство сахара до 1 млн т, а товарный излишек может составить экспорт сахара в количестве 200 тыс. т. Опыт экспортных поставок показывает, что требуется повышение качества сахара и приближение его к категории «Экстра» согласно требованиям стран ЕС.

Исходя из этого всё более актуальным становится направление развития сахарных заводов, связанное не с увеличением производственной мощности, фактически достигшей предела, адекватного потребительскому спросу,

а с совершенствованием технологических процессов, обуславливающих повышение качества сахара до соответствия всем экспортным показателям, и конкурентоспособностью сахара как товарного продукта.

В связи с вышеизложенным целесообразно сравнить показатели качества кристаллического белого сахара, производимого в Российской Федерации, с показателями сахара стран ЕС, чтобы оценить возможные рынки его реализации.

Белый сахар как продукт питания человека должен соответствовать требованиям международного стандарта ФАО/ВОЗ «Са-

хар. Стандарт Кодекса 212-1999» (Поправка 1-2001) [10]. Характер изменения показателей качества сахара от ГОСТ 21-94 до ГОСТ 33222-2015 (см. таблицу) отражает тенденцию гармонизации технических условий российских ГОСТов к требованиям CODEX STAN 212-1999 и в то же время показывает резерв повышения качества, если иметь в виду использование сахара при производстве напитков согласно требованиям компании Coca-Cola.

Более высокие требования к качеству сахара, используемого для приготовления напитков длительного хранения, обусловлены не-

Сравнение показателей качества кристаллического белого сахара по различным нормативным документам

Наименование показателя	ГОСТ 21-94	ГОСТ 33222-2015			Требования в странах ЕС [4]		CODEX STAN 212-1999 [10]	Требования Coca-Cola [4]	USDA Release 28 Basic Report 19335 [9]
		Категория сахара			Категория сахара				
		«Экстра»	TC1	TC2	1 («Экстра»)	2 («Стандарт»)			
Массовая доля сахарозы по прямой поляризации, %, не менее	99,75	99,80	99,70	99,70	99,70	99,70	99,70	99,9 ¹	99,80
Массовая доля влаги, %, не более	0,14	0,10	0,10	0,12	0,06	0,06	0,10	0,04	0,02
Массовая доля редуцирующих веществ (в пересчёте на сухое вещество), %, не более	0,050	0,03	0,035	0,04	0,04	0,04	0,040	—	—
Массовая доля золы (в пересчёте на сухое вещество), %, не более	0,040	0,027	0,036	0,036	0,0108	0,027	0,040	0,015	—
Цветность в растворе, единиц оптической плотности (ICUMSA), не более	104,0	45,0	60,0	104,0	22,5	45,0	60,0	35,0 ед. RBU ²	—
Содержание двуокиси серы, мг/кг, не более	—	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	6,0 2,0 ³	—

Примечание: 1 — показатель чистоты; 2 — RBU — единицы цветности, рекомендованные производителям безалкогольных напитков при спектрофотометрическом определении окраски сиропа на длине волны 430±0,5 нм; 3 — содержание взвешенных веществ, мг/кг

обходимостью устранения постороннего запаха мелассы, маскирующего вкусоароматический профиль самого напитка, исключения посторонних элементов в напитке (хлопья, коллоидный осадок и др.), а также мутности и опалесценции в приготовленном напитке.

Как известно, определяющим фактором, влияющим на качество сахара, является качество сиропа, получаемого с выпарной установки. Низкокачественный сироп с выпарной установки является одной из основных причин ухудшения получаемого сахара, в частности более высокого содержания в нём золы и повышенной цветности. Содержание редуцирующих веществ в сиропе должно быть не более 0,5–0,8% к массе сухих веществ в нём, или не более 0,4–0,5% к его массе. Цветность сиропа не должна превышать 25–30 усл. ед., а содержание взвешенных веществ – не более 30 мг на 1 дм³ сиропа [1, 4].

Фильтрация сиропов в сахарном производстве относится к последней стадии очистки сахаросодержащих растворов с помощью механического оборудования на базе фильтров различных конструкций и схем их применения. Дальнейшее влияние на качество сахара зависит от процессов, происходящих в продуктовом отделении (кристаллизации, центрифугирования и сушки сахара). Но и в продуктовом отделении не обойтись без фильтрации клеровок.

Задача уменьшения экономических затрат, включаемых в себестоимость при производстве сахара, заставила сахаротехников модернизировать тепловые схемы, что привело в результате к необходимости фильтровать сиропы после выпарки и клеровки при массовой доле СВ = 70–72%. Схемы с промежуточной (межкорпусной) фильтрацией сиропа не нашли широкого применения. Очевидно, что заводское оборудование, а это в основном дисковые фильтры, стало непригодным для фильтро-

вания сиропа с высоким содержанием сухих веществ.

Следует отметить, что проблемы фильтрации сиропов усугубляются активным применением ингибиторов накипеобразования и флокулянтов на стадии очистки соков, а это отрицательно влияет на процессы фильтрации и показатели качества сахара.

Решение проблемы фильтрации густых сиропов имеет несколько вариантов, отличающихся полученным результатом и затратами средств, потраченных на его реализацию. К менее затратному варианту можно отнести применение мешочных фильтров для фильтрации густых сиропов [6].

Единственная проблема, которую решает данный вид оборудования, – это высокая производительность при малых габаритах установки. Кажущаяся простота и отсутствие автоматики оборачивается хлопотной работой по замене фильтровальных мешков. Попытки улучшения качества фильтрата за счёт применения более плотных фильтровальных элементов приводят к сокращению цикла активного фильтрации и увеличивают стоимость затрат на фильтровальные мешки и ручной труд на их замену. Что касается качества, напомним: эффект фильтрации дисковых фильтров при фильтрации сиропа составляет 45–50%. Какого качества можно ожидать от мешочного фильтра, имеющего поверхность фильтрации в десятки раз меньше, а производительность – больше дискового фильтра?

Рассмотрим основные требования к оборудованию для фильтрации густых сиропов и технологические приёмы, способствующие решению задачи.

Следует отметить, что скорость фильтрации сиропов за счёт высокой вязкости в 4–5 раз меньше, чем у соков свеклосахарного производства. При повышении плотности фильтруемого сиропа на 5 единиц СВ скорость фильтрации снижается почти в три раза. Поэтому

для фильтрации густых сиропов требуются фильтры с большой поверхностью фильтрации и высоким рабочим давлением.

Какими технологическими приёмами можно облегчить фильтрацию густых сиропов?

Одним из приёмов повышения скорости фильтрации является нагрев фильтруемого сиропа для снижения вязкости. Но нагрев имеет технологические пределы. Чтобы избежать ухудшения качества сахара, температура фильтрации сиропов не должна превышать 85–90 °С.

Очевидно, что чем выше рабочее давление, тем выше скорость фильтрации. Повышение рабочего давления при фильтрации тоже имеет свои пределы, они связаны со сжимаемостью осадка и конструктивными особенностями самих фильтров. Фактор сжимаемости осадков уменьшает скорость фильтрации при повышении рабочего давления выше некоторой границы, тем самым снижая производительность. Напомним, что скорость фильтрации сатурационных осадков падает при повышении давления больше 0,2 МПа. Принято считать, что сжимаемость осадков в сиропе за счёт содержания твёрдых минеральных частиц незначительна. Отчасти это так, но с учётом того, что в сиропе содержится ощутимое количество различных коллоидных и органических соединений, сжимаемость осадков при фильтрации сиропов тоже следует учитывать. На действующем в настоящее время оборудовании для фильтрации сиропов рабочее давление находится в пределах 0,2–0,4 МПа. Этот фактор связан также с конструкцией самих фильтров и фильтровальных элементов. Известны случаи, при которых фильтровальные элементы деформировались при превышении указанного рабочего давления.

Следовательно, для повышения производительности необходимо увеличивать площадь поверхно-

стей фильтрования как единичного оборудования, так и установок в целом. Также оборудование для фильтрования сиропов должно исключать контакт фильтрата с металлическими поверхностями, подверженными коррозии. Для поддержания заданной производительности в течение времени эксплуатации необходимо иметь возможность эффективной регенерации фильтровальных тканей.

Отдельно остановимся на роли вспомогательных фильтровальных веществ (ВФВ) и их влиянии на процессы фильтрования сиропов. К вспомогательным фильтровальным веществам следует отнести диатомит (кизельгур), целлюлозу и фильтроперлит. Мелкодисперсные фракции диатомитов, активно применяемые при фильтровании масел и пива, не нашли особого применения в сахарной промышленности из-за недостаточных скоростей фильтрования. Целлюлоза практически не применяется на отечественных заводах, хотя есть работы, указывающие на эффект обесцвечивания сахарных растворов при применении целлюлозы как ВФВ [3, 8, 12].

Наиболее распространенным ВФВ в сахарной промышленности является фильтроперлит. Существуют разные марки перлита, отличающиеся своими параметрами по проницаемости и гранулометрии, в разной степени пригодные для применения при фильтровании сиропов. Особую позицию в применении ВФВ занимает активированный уголь, роль которого в фильтровании сиропов известна и широко описана. Особенно интересным является комбинированное применение активированного угля в смеси с другими марками ВФВ. Такие смеси обладают дополнительными адсорбирующими свойствами в процессе фильтрования.

Применение ВФВ положительно влияет на процесс фильтрования сиропов. Этот эффект заключается в значительном улучшении

качества фильтрата, повышении скорости фильтрования и производительности оборудования, а также в более длительном сроке службы фильтровальных элементов. Вывод однозначен: получение высоких показателей качества фильтрования сиропов достижимо только при применении ВФВ. К дополнительному эффекту применения этих веществ можно отнести возможность увеличивать рабочее давление фильтрования за счёт того, что перлит относится к несжимаемым осадкам. Не следует забывать о роли фильтровальных тканей, которыми оснащаются фильтровальные элементы сиропных фильтров. В отличие от сатурационных осадков, где накапливаемый на фильтровальной поверхности осадок дополнительно повышает качество фильтрата, осадок при фильтровании сиропа не обладает подобными свойствами. Поэтому правильный подбор свойств фильтровальной ткани играет важную роль. В настоящее время производители предлагают широкую гамму фильтровальных тканей, обладающих необходимыми свойствами.

В большей мере условиям, перечисленным для решения проблем фильтрования густых сиропов, соответствуют патронные (свечные) фильтры различных конструкций [5, 7]. Они обладают необходимой суммой параметров для обеспечения качественного фильтрования густых сиропов. Патронные фильтры могут иметь большие единичные поверхности фильтрования, высокое (до 0,4 МПа) рабочее давление. Кроме того, можно работать в схемах с применением ВФВ. Установки патронных фильтров имеют высокую степень автоматизации, обеспечивающую автоматический режим работы и контроль над значениями ведущих технологических параметров. Схемы применения патронных фильтров предусматривают намыв и текущее дозирование ВФВ, возможны различные варианты регенерации (восстановления)

фильтрующей способности ткани и вывода осадка.

Повышение требований к качеству сахара [2, 4] потребует более широкого применения описываемого оборудования. Не секрет, что сдерживающим фактором внедрения подобных схем является их сложность и высокая стоимость. Необходимость увеличения производства качественного сахара вынуждает анализировать варианты применения фильтров для фильтрования густых сиропов.

В связи с этим хочется обратить внимание на возможность фильтрования сиропов с помощью современных фильтр-прессов (рис. 1). Ведь в первой половине XX столетия основным фильтровальным оборудованием на сахарных заводах были фильтр-прессы системы «Абрагама». Зажим тяжёлых чугунных фильтровальных плит требовал значительных затрат ручного труда, и впоследствии эти фильтры постепенно были вытеснены вакуум-фильтрами, дисковыми фильтрами и фильтрами-сгустителями типа ФиЛС.

Начиная с 80-х гг. прошлого века фильтр-прессы вновь стали использовать в отечественной сахарной промышленности.

В настоящее время большинство заводов применяют фильтр-прессы для фильтрования и высолаживания сатурационных осадков. В те же 80-е гг. была дана научная оценка применению фильтр-прессов для фильтрования сиропов в работах, которые проводил ВНИИСП. Данный способ получил положительное заключение, одновременно была отмечена возможность эффективного использования в качестве ВФВ осадка II сатурации. На некоторых сахарных заводах были внедрены в эксплуатацию подобные схемы на базе фильтр-прессов [2].

Очевидно, в связи с высокой стоимостью фильтр-прессов в указанный период этот способ не нашёл широкого применения. В более позднее время фильтр-прессы

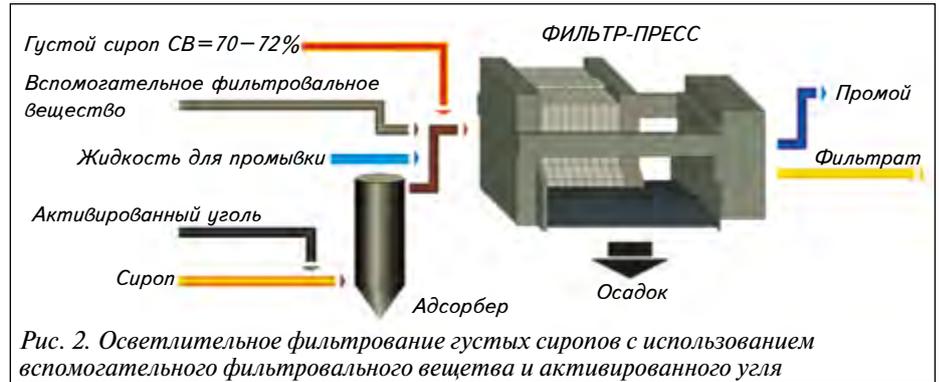
КОМПЛЕКСНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ САХАРНЫХ ЗАВОДОВ

стали активно использовать для высолаживания клеровок сахара-сырца, подтвердив более высокую эффективность в сравнении с ранее применяемыми схемами на дисковых или вакуум-фильтрах. На сегодняшний день за рубежом получают распространение технологические схемы, где при переработке сахара-сырца фильтр-пресс является единственным фильтровальным оборудованием. Западные производители фильтровального оборудования, в частности PUTSCH, предлагают использовать фильтр-пресс для фильтрования сиропов (рис. 2) [11].

В чём особенность применения фильтр-прессов и какими преимуществами обладает такой способ фильтрования? Рассмотрим в порядке перечня необходимых признаков, выделенных нами как условие успешного выполнения задачи фильтрования густых сиропов.

- Большая поверхность фильтрования

Современные фильтр-прессы отличаются наличием больших



рабочих поверхностей фильтра и к тому же не требуют значительных площадей для установки. На место демонтированного вакуум-фильтра с поверхностью фильтрования в 40 м² помещается фильтр-пресс с поверхностью фильтрования 150–200 м².

- Возможность работы с высокими перепадами давлений при фильтровании и температурами

По перепаду давлений при фильтровании фильтр-пресса значительно превышают параметры применяемого оборудования. Их рабочее давление можно поднимать до

1,2–1,6 МПа, это даёт возможность повысить производительность за счёт продления цикла фильтрования, особенно при применении ВФВ. Рекомендуемые температуры для материалов из полипропилена, из которых изготовлены плиты и ткань для фильтр-прессов, не должны превышать 90 °С, что соответствует максимальным температурам, рекомендуемым для снижения вязкости сиропа.

- Применение современных фильтровальных тканей и возможность их эффективной регенерации

Сегодня на фильтр-прессах применяются самые современные фильтровальные ткани. К ним относятся монофиламентные, мультифиламентные и смешанные каландрированные ткани из полипропилена или полиамида.

В отношении регенерации фильтровальных тканей фильтр-прессы превосходят все виды фильтровального оборудования. Кроме того, что ткань очищается при высолаживании осадка водой под давлением до 0,6 МПа, имеется возможность промывать фильтровальные поверхности форсунками моющей машины, входящей в комплект фильтр-пресса, под давлением до 4,0 МПа. На фильтр-прессах можно уменьшать количество промоек за счёт использования меньших по объёму фильтровальных камер. Схемы промывки и вывода осадка на базе фильтр-прессов проще и эффективнее, чем на патронных фильтрах.



Рис. 1. Фильтр-пресс с полипропиленовыми плитами для фильтрования густых сиропов СВ=70–72%



Рис. 3. Пробы густого сиропа: слева – после фильтрации на фильтр-прессе с использованием фильтроперлита, справа – нефильтрованная

• Применение вспомогательных фильтровальных веществ

Аналогично схемам фильтрации на патронных (свечных) фильтрах, на фильтр-прессах можно применять ВФВ как при начальном намыве фильтрующего слоя, так и по ходу процесса фильтрации, проводя текущее дозирование. Достигнутое в промышленных испытаниях качество фильтрации сиропа с использованием фильтроперлита отражено на рис. 3.

• Отсутствие контакта фильтра с материалами, подвергаемыми коррозии

Все металлические поверхности фильтр-прессов, имеющие контакт с фильтруемым продуктом, изготавливаются из нержавеющей стали, а фильтровальные плиты и ткань – из инертного к пищевым продуктам полипропилена.

• Автоматизация оборудования и уменьшение затрат ручного труда

Фильтр-прессы относятся к полностью автоматизированному оборудованию с невысокими затратами труда обслуживающего персонала.

В последнее время наметилась тенденция уменьшения цен на фильтр-прессы. С учётом этого фактора схемы фильтрации густых сиропов на фильтр-прессах становятся вполне конкурентоспособными по сравнению со схемами на базе патронных фильтров.

Список литературы

1. Бугаенко, И.Ф. Общая технология отрасли. Научные основы техноло-

гии сахара. Часть 1 / И.Ф. Бугаенко, В.И. Тужилкин. – СПб. : ГИОРД, 2007. – 512 с.

2. Бугаенко, И.Ф. Повышение качества сахара-песка (при переработке свёклы и сырца). – М. : ООО «Телер», 2000. – 66 с.

3. Кульнева, Н.Г. Использование целлюлозы для очистки концентрированных сахарных растворов / Н.Г. Кульнева [и др.] // Вестник ВГУИТ. – 2015. – № 3 (65). – С. 182–185.

4. Липская, Н.И. Качество сахара и пути его повышения. Рекомендации. / Н.И. Липская, Т.И. Турбан. – Минск : Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию, 2008. – 77 с.

5. Патронный фильтр: пат. РФ № 2441920 / С.Л. Филатов, Н.Н. Ко-

ролёв, С.М. Петров, А.В. Шостаковский, Ю.Д. Мелашенко, В.Н. Шурбованый. – Оpubл. 10.02.2012.

6. Филатов, С.Л. Новые технические решения в фильтрации густых сиропов / С.Л. Филатов, В.Н. Шурбованый, С.М. Петров // Сахар. – 2012. – № 5. – С. 74–78.

7. Фильтровальный патрон: пат. РФ № 2441921 / С.Л. Филатов, Н.Н. Королёв, С.М. Петров, А.В. Шостаковский, Ю.Д. Мелашенко, В.Н. Шурбованый. – Оpubл. 10.02.2012.

8. Штангеев, В.О. Очистка густых полупродуктов сахарного производства / В.О. Штангеев, Л.С. Клименко, Е.Н. Молодницкая // Сахар. – 2013. – № 11. – С. 44–49.

9. Basic Report 19335, Sugars, granulated. Nutrient values and weights are for edible portion / USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28 slightly revised May, 2016. Software v.3.6.4.1 2017-01-17.

10. CODEX STAN 212-1999. CODEX STANDARD FOR SUGARS. Adopted 1999. Amendment 1 (2001).

11. Filtersysteme für die Zuckerindustrie PKF Serie NG. PUTSCH GROUP. www.gw-putsch.de/Prospekte/Zucker/1221dfu_PKF_Serie_NG.pdf.

12. Олянська, С.П. Підвищення якості цукру – стратегічне завдання галузі / С.П. Олянська, В.В. Цирульнікова // Цукор України. – 2014. – № 11. – С. 10–15.

Аннотация. В связи с переходом сахарных заводов на теплосберегающие схемы, приводящие к работе с густыми сиропами и одновременно возрастающими требованиями к качеству белого сахара, актуальной становится проблема повышения качества фильтрации густых сиропов при массовой доле сухих веществ 70–72%. В работе обосновано применение для фильтрации густых сиропов фильтров с большой рабочей поверхностью фильтра и высоким перепадом давлений при фильтрации. Приведены сравнительные оценки использования различного типового фильтровального оборудования для сиропов и сделан вывод о преимуществах и перспективности фильтрации густых сиропов на фильтр-прессах, позволяющих создавать более чем трёхкратное превышение рабочего давления. Сформулированы особенности применения фильтр-прессов при фильтрации густых сиропов и показано, какими преимуществами обладает такой способ фильтрации.

Ключевые слова: качество сахара, густой сироп, фильтрация, сравнение фильтров, фильтр-пресс, преимущества.

Summary. In connection with the transfer of sugar factories on the heat-circuit, leading to work with a thick syrup, and at the same time increasing quality demands of white sugar, it becomes an actual problem of improving the quality of filtering a thick syrup with a mass fraction of solids of 70–72%. We justify the use of a thick syrup filtration filter with a large filter surface and a high pressure drop during filtration. The comparative evaluation using various types of filtration equipment for syrups and concluded that the benefits of filtering and prospects thick syrup on filter presses, allowing you to capture more than three-fold excess of the working pressure. Formulated especially the use of filter presses in the filtration of thick syrups and shown what are the advantages of this method of filtration.

Keywords: sugar quality, thick syrup, filtering, comparing filters, filter press, advantages.