

C. Louis Kingsbaker

## **Отчет - Анализ экстракторов непрерывного действия**

### **Часть 1 - Введение.**

Целью настоящего Отчета является обсуждение и анализ наиболее широко распространенных типов экстракторов непрерывного действия, использующие в качестве растворителя горючие жидкости (гексан). Этот отчет ограничивается экстракторами перколяционного типа и включает три основных типа экстракторов, широко распространенных по всему миру, а именно:

1. Карусельный экстрактор, изготавливаемый фирмой French под названием Reflex Extractor, и экстрактор Rotocel, изготавливаемый фирмой Dravo.
2. Ленточный экстрактор, изготавливаемый фирмой DeSmet.
3. Петлевой экстрактор, изготавливаемый фирмой Crown.

Экстракторы будут оцениваться по следующим параметрам:

1. Конструктивные особенности.
2. Изготовление и монтаж.
3. Технологические особенности.
4. Механические характеристики и обслуживание.
5. Безопасность.
6. Возможности увеличения производительности.

### **Часть II - Конструктивные особенности.**

#### **A. Карусельный экстрактор - Reflex Extractor фирмы French**

Reflex Extractor фирмы French является улучшенным вариантом экстрактора Rotocel. Это цилиндрический аппарат с внутренним ротором. Ротор состоит из ряда сегментных ячеек, в которых находится экстрагируемый материал. Диаметр экстракторов от 6 до 18 метров. Количество ячеек от 18 до 24, в зависимости от диаметра экстрактора. Экстракторы поставляются производительностью от 500 до 6000 тонн цельных соевых бобов в сутки.

Ячейки открыты сверху и снизу; они непрерывно загружаются с транспортера, установленного наверху корпуса экстрактора. Материал падает в ячейки, которые непрерывно медленно движутся со скоростью, регулируемой таким образом, чтобы очередная ячейка была заполнена почти доверху к моменту, когда следующая ячейка подходит под питающий транспортер.

Материал удерживается в ячейках неподвижным решетчатым днищем под ячейками, которое образовано серией концентрических клиновидных стержней, т. е. зазоры между стержнями увеличиваются книзу. Это сделано для того, чтобы частицы материала, которые могут забить зазоры между стержнями, свободнее проходили через решетку под днище. Такая конструкция позволяет исключить опасность засорения решетки частицами материала и дает свободный выход растворителя или мисцеллы из слоя материала.

Для разгрузки экстрагированного материала из экстрактора предусмотрено отверстие в днище, расположенное примерно под  $45^\circ$  от места загрузки материала. Под этим отверстием предусматривается большой приемный бункер для экстрагированного материала, откуда он поступает в систему отгонки растворителя.

Этот экстрактор имеет большую высоту слоя экстрагируемого материала; высота ячеек обычно составляет от 2.4 до 3.6 метра, незаполненное пространство вверху остается около 10 - 15 см.

Растворитель подается в экстрактор противотоком к направлению вращения экстрактора, начиная с зоны, расположенной примерно под углом  $90^\circ$  от места выгрузки материала. Жидкий растворитель просачивается (перколирует) через слой материала и решетчатое днище в нижнюю часть экстрактора, которая разделена на несколько, обычно около шести, сегментных отделений, предназначенных для сбора мисцеллы и подачи ее к насосам. Эти шесть сегментных отделений разделяют мисцеллу различной концентрации и предотвращают ее смешение. Концентрация масла в растворителе увеличивается по мере прокачки противотоком к потоку материала в ячейках. Экстрактор обычно имеет четыре циркуляционных насоса для перекачки мисцеллы между отделениями. Концентрированная мисцелла на выходе из экстрактора проходит через сетчатый фильтр и поступает затем в большую приемную емкость под экстрактором.

Привод экстрактора состоит из двигателя регулируемой скорости, шестеренчатого редуктора и кольцевого зубчатого колеса большого диаметра под ротором экстрактора. Скорость вращения экстрактора регулируется в зависимости от количества подаваемого материала. Кольцевое зубчатое колесо состоит из нескольких секторов, до 24 -х в экстракторах большого диаметра. Поломка зубьев этого колеса связана с трудной и опасной работой по замене, о чем будет подробнее в разделе "Безопасность". В нижней части главного вала экстрактора устанавливается большой опорный подшипник, который воспринимает нагрузку от ротора экстрактора.

Оператор должен контролировать уровень заполнения ячеек и скорость выхода материала из экстрактора. Степень заполнения регулируется оператором вручную увеличением или уменьшением скорости вращения экстрактора. Если скорость слишком велика, ячейки не будут заполняться доверху и время экстракции уменьшится, что приведет к увеличению масличности шрота. Если скорость мала, ячейки будут переполняться и избыточный материал пойдет мимо ячеек, вызывая проблемы с очисткой экстрактора. При подаче в ячейку материал разжижается подачей определенного количества концентрированной мисцеллы в разгрузочный конец питающего транспортера.

Оператор также должен регулировать ручную скорость транспортера, выгружающего экстрагированный материал из приемного бункера. Если скорость транспортера слишком велика, приемный бункер будет пустым некоторую часть времени до выгрузки материала из следующей ячейки экстрактора, и материал будет поступать на отгонку растворителя неравномерно, при этом вся система отгонки работает несбалансированно. Нормальная работа карусельного экстрактора зависит от постоянного наличия в приемном бункере некоторого количества материала для образования парового затвора между экстрактором и тостером. Если скорость транспортера слишком мала, уровень материала в бункере повысится, и свободное пространство в бункере может быть недостаточным для приема материала из следующей ячейки. Вся работа экстрактора при этом нарушается, вызывая еще большие проблемы.

Оператор установки рано или поздно оценивает потенциальную опасность такой ситуации, и исходя из накопленного опыта делает так, чтобы этого никогда не случилось. Он устанавливает заведомо завышенную скорость разгрузочного транспортера, в результате приемный бункер остается пустым довольно долгие периоды в течение разгрузочного цикла экстрактора. Когда приемный бункер пуст, паровой затвор между экстрактором и тостером отсутствует, и острый пар из тостера проходит в экстрактор, нарушая его работу.

### **В. Карусельный экстрактор - Rotocel фирмы Dravo.**

*От переводчика: этот экстрактор аналогичен French Reflex Extractor, но имеет откидные днища в каждой ячейке вместо неподвижного дренирующего днища и цепной привод вместо кольцевого зубчатого колеса.*

### **С. Ленточный экстрактор фирмы DeSmet**

Ленточный экстрактор фирмы DeSmet представляет собой горизонтальный аппарат прямоугольной формы, в котором слой экстрагируемого материала движется от одного конца к другому на верхней ветви ленточного транспортера. Транспортер выполнен как ряд рам, покрытых мелкой сеткой или решетками из стержней трапециевидного профиля, с опорами на роликах по двум сторонам. Слой материала на транспортере удерживается боковыми стенками верхней части экстрактора. Секции транспортера после разгрузки экстрагированного материала возвращаются обратно пустыми для получения следующей загрузки материала.

Рабочая ширина экстрактора может быть от 1.8 метра до 3 метров и более, высота слоя материала от 2 до 3.6 метра, производительность от 500 до 3000 тонн в сутки по цельным соевым бобам. Общая длина экстрактора - в пределах от 12 до 28 метров, общая высота до 5.5 метра.

На загрузочном конце экстрактора предусматривается бункер для удерживания поступающего материала и его равномерного распределения по ширине транспортера. Транспортер приводится в движение электродвигателем регулируемой скорости через редуктор, две наружных звездочки и главный вал транспортера.

В слое материала нет никаких перегородок, как это сделано в карусельном экстракторе. Слой материала движется как единое целое через весь экстрактор по всем стадиям промывки растворителем. Вследствие такой конструкции, при запуске экстрактора необходимо сначала заполнить его материалом хотя бы наполовину, и только после этого начать подавать растворитель, иначе только что сформированный слой материала, удерживаемый только боковыми стенками экстрактора, будет вымыт поступающей жидкостью. Первая порция растворителя подается параллельно с движением слоя материала, и затем растворитель медленно добавляется до полного формирования слоя.

При продвижении слоя материала к разгрузочному концу, в экстрактор подается свежий растворитель. В этих экстракторах используется противоточное движение материала и растворителя, так же как в карусельном экстракторе. Экстрактор имеет обычно семь циркуляционных насосов мисцеллы, плюс два дополнительных насоса с форсунками высокого давления для промывки транспортера от частиц материала на обоих концах. Между верхней и нижней ветвями транспортера экстрактора монтируются емкости для сбора жидкой мисцеллы, из которых она перекачивается насосами вновь на верх слоя материала.

Для того чтобы как то удержать жидкую мисцеллу на поверхности единого слоя материала, протяженностью на всю длину экстрактора, фирма DeSmet предусматривает в экстракторе специальные “скребковые” приспособления, которые “пропахивают” верх слоя материала и образуют на поверхности небольшие валики, с целью предотвратить перетекание мисцеллы по поверхности слоя и смешение ее с мисцеллой следующих стадий промывки.

Питающий бункер экстракторов DeSmet оборудуется автоматическим устройством для поддержания гарантированного уровня материала в бункере. При подъеме уровня материала в бункере, скорость экстрактора увеличивается, и уменьшается при падении уровня. Первоначально экстракторы оборудовались изотопным датчиком уровня, в настоящее время устанавливаются ультразвуковые датчики. Поддержание гарантированного уровня материала в бункере обеспечивает паровой затвор между экстрактором и подготовительным отделением.

Экстрагированный материал на выходе из экстрактора непрерывно разгружается с ленты и попадает в шнековый разгрузочный транспортер. На разгрузочном конце предусматривается также вращающийся разрыхлитель для содействия разрушению слоя материала на выходе. В этих экстракторах разгрузочный конец устанавливается выше головного, для того чтобы предотвратить попадание жидкого растворителя, который может быть наверху слоя, в выгружаемый экстрагированный материал.

## **D. Петлевой экстрактор фирмы Crown**

Петлевой экстрактор фирмы Crown сконструирован на тех же принципах перколяционной экстракции с противоточным движением растворителя и экстрагируемого материала, но в нем используется иной способ перемещения материала. Вместо того, чтобы использовать ячейки или корзины для удержания масличного материала, в этом экстракторе перемещение материала между наружными стенками корпуса экстрактора осуществляется поперечными пластинами, закрепленными на непрерывной цепи внутри экстрактора, а весь экстрактор выполнен в форме замкнутой петли. По схеме это очень похоже на погружной цепной транспортер или элеватор.

Эти экстракторы в отличие от карусельных Reflex или Rotocel и ленточных DeSmet, которые имеют большую высоту слоя материала, относятся к экстракторам “тонкого слоя”. Максимальная высота слоя экстрагируемого материала в этих экстракторах составляет около 78 см по сравнению с 2.4 - 3.6 м в экстракторах с большой высотой слоя. Тем не менее, эти экстракторы изготавливаются на производительности от 500 до 6000 тонн в сутки по цельным бобам сои.

Экстрагируемый материал подается в экстрактор через загрузочный бункер на верху экстрактора и попадает между движущимися пластинами внутренней цепи. Движущаяся по петле внутренняя цепь экстрактора приводится в движение наружным механизмом привода, состоящим из электродвигателя регулируемой скорости, редуктора, муфты безопасности и двух больших звездочек цепной передачи, которая приводит в движение вал привода цепи экстрактора. Скорость движения цепи регулируется автоматически от ультразвукового датчика, расположенного в загрузочном бункере экстрактора, для поддержания постоянного уровня материала в бункере. При подъеме уровня материала в бункере, скорость экстрактора увеличивается, и уменьшается при падении уровня. Поддержание гарантированного уровня материала в бункере обеспечивает паровой затвор между экстрактором и подготовительным отделением.

Цепь экстрактора имеет поперечные пластины, прикрепленные к ней с равным шагом, для разделения и удержания порций материала при его движении вдоль петли экстрактора. Высота слоя материала определяется высотой пластин при их прохождении под загрузочным бункером. Слой экстрагируемого материала лежит на неподвижном днище, выложенном прямолинейными стержнями трапециевидной формы, которое дает возможность растворителю или мисцелле проходить через него в сборные емкости под днищем. Зазоры между стержнями увеличиваются книзу, что обеспечивает самоочищение днища. Величина зазоров между стержнями зависит от экстрагируемого материала.

Корпус экстрактора разделяется на пять отдельных частей - верхнюю и нижнюю горизонтальные секции, верхнюю и нижнюю головные секции и хвостовую секцию. Эти части соединяются между собой на болтах при монтаже на строительной площадке. Поступающий масличный материал подается в экстрактор через бункер в верхней головной секции и перемещается противотоком к движению растворителя, который подается на верх слоя материала в нижней горизонтальной секции, ближе к месту выгрузки шрота. Три приемных емкости для мисцеллы и три циркуляционных насоса предусмотрены в нижней горизонтальной секции, и четыре в верхней. Экстрагированный материал разгружается из экстрактора в нижней секции, в то время как мисцелла откачивается из верхней секции и

очищается в специально сконструированном гидроциклоне. Твердые частицы из гидроциклона подаются обратно на верх слоя.

Имеется принципиальное отличие петлевого экстрактора от трех других типов экстракторов, описанных в разделах А, В и С. Экстрагируемый материал в петлевом аппарате полностью переворачивается при движении внутри экстрактора. Материал, который был на верху слоя в верхней секции экстрактора, попадает на дно в нижней, и, наоборот, низ слоя в верхней секции выходит наверх в нижней. Такое решение позволяет промыть слой материала с двух сторон растворителем и мисцеллой. В карусельном и ленточном экстракторах только верхняя зона слоя материала контактирует со свежими порциями растворителя или мисцеллы, а нижняя зона никогда не получает свежего растворителя.

Корпус нижней секции экстрактора перед зоной выгрузки материала имеет уклон в сторону, противоположную направлению движения материала, с целью исключить возможность перетекания жидкого растворителя с поверхности слоя в разгружающийся материал и в тостер. Конструкция петлевого экстрактора такова, что в нем всегда имеется паровой затвор за счет объема материала, выходящего из экстрактора.

### **Часть III. Изготовление и монтаж.**

- А. Карусельный экстрактор - Reflex Extractor фирмы French**
- В. Карусельный экстрактор - Rotocel фирмы Dravo.**

Оба типа карусельных экстракторов, French и Dravo, очень сходны в изготовлении и монтаже и описываются вместе в данном разделе. Эти экстракторы круглые по форме, диаметром от 9 до 12 метров, высотой около 7.7 метров и более. Из-за размеров и формы, внешняя обшивка сваривается секциями на заводе - изготовителе. Внутренний ротор, индивидуальные ячейки, днище и другие внутренние элементы изготавливаются на заводе и отправляются вместе с обшивкой для сборки на площадке строительства.

Экстрактор затем монтируется на стальных или бетонных опорах и сваривается вместе. Сборка экстракторов этого типа связана с большим объемом сварки и подгонки и требует больших затрат времени. После монтажа экстрактора требуется проверка обшивки на герметичность по газам и жидкостям и прокрутка для проверки достаточных зазоров и отсутствия механических проблем. Время, необходимое на месте для сборки и выверки этого экстрактора, составляет 30 и более рабочих дней с бригадой не менее 10 человек. Обязанности трубопроводами циркуляционных насосов могут быть выполнены на заводе - изготовителе по чертежам, но окончательная выверка системы трубопроводов, арматуры и клапанов невозможна, так как сборка экстрактора производится на площадке строительства, где окончательно выверяются трубопроводы.

На многих заводах меняют существующие экстракторы на более мощные. При этом важно, чтобы имеющийся экстрактор продолжал работать при сборке нового экстрактора. С карусельным экстрактором это представляет проблему в связи с большим объемом сварки и резки, что нельзя делать вблизи действующего экстракционного оборудования. Карусельный экстрактор должен собираться на безопасном расстоянии от действующего цеха. Когда новый экстрактор собран, проверен и обвязан трубопроводами, старый

экстрактор останавливается и демонтируется, после чего новый закатывается на место с использованием платформ и соответствующего оборудования.

### **С. Ленточный экстрактор фирмы DeSmet**

Ленточный экстрактор фирмы DeSmet сконструирован таким образом, что основной корпус представляет собой единый длинный короб. Входная и разгрузочная секции изготавливаются отдельно и присоединяются к экстрактору на монтаже.

С конструкцией в виде единого короба, весь основной корпус экстрактора может изготавливаться и собираться на заводе, вместе с внутренними частями, при этом транспортер проверяется до отгрузки. Вся трубопроводная обвязка насосов может также быть собрана на заводе - изготовителе, замаркирована, разобрана и отправлена по частям вместе с экстрактором.

Такая конструкция позволяет транспортировать корпус экстрактора одним элементом исключает дорогостоящую сборку на месте и снижает затраты времени на стройплощадке. После того как корпус экстрактора собран на опорах, присоединяются входная и разгрузочная секции и трубопроводная обвязка.

Если существующий экстрактор необходимо заменить новым большей производительности, продолжительность остановки действующего производства существенно меньше благодаря минимальному требуемому объему сварки и резки. Фундаменты под новый экстрактор могут быть выполнены с необходимыми мерами предосторожности во время работы существующего оборудования. Новый экстрактор устанавливается на место, после чего монтируется заготовленная на заводе система трубопроводов.

Когда связи между новым экстрактором и существующим оборудованием выполнены, старый завод останавливается, продувается, и остается выполнить последние работы по пуску.

### **Д. Петлевой экстрактор фирмы Crown**

Экстрактор Crown очень хорошо приспособлен для полной сборки и проверки на заводе - изготовителе. Экстрактор Crown состоит из пяти основных частей, составляющих петлевой корпус аппарата. Эти пять частей соединяются между собой на фланцевых соединениях на болтах. Весь агрегат собирается на своих трех опорах на заводе, монтируется цепь и все прокручивается на заводе для полной проверки. Любые необходимые подгонки могут быть сделаны на этом этапе, так что агрегат готов к работе после отгрузки. Вся трубопроводная обвязка насосов может также быть собрана на заводе - изготовителе, замаркирована, разобрана и отправлена по частям вместе с экстрактором. Этот способ изготовления уменьшает объем сварочных работ по экстрактору и трубопроводам.

Экстрактор затем устанавливается на фундаментах, и производится монтаж трубопроводов и циркуляционных насосов. Экстрактор Crown большого размера может

быть смонтирован, обязан трубопроводами и подготовлен к работе за 5 - 7 рабочих дней бригадой из 8 рабочих.

#### **Часть IV - Технологические особенности.**

##### **A. Карусельный экстрактор - Reflex Extractor фирмы French**

##### **B. Карусельный экстрактор - Rotocel фирмы Dravo.**

Технологические особенности экстракторов Reflex и Rotocel будут рассмотрены в одном разделе, так как их системы трубопроводов, потоки, подача и разгрузка материала в принципе идентичны.

Поскольку это экстракторы с большой высотой слоя материала, критическим вопросом является прохождение растворителя через слой материала. Скорость перколяции растворителя должна быть такой, чтобы при подходе слоя материала к следующей зоне промывки жидкость с поверхности исчезла. Поскольку масса материала в экстракторах с большой высотой слоя очень велика, процесс становится очень чувствительным к скорости перколяции и к изменениям в технологических условиях процесса, способных повлиять на эту скорость и нарушить технологический процесс. Коротко, вот эти условия:

1. Избыточное содержание мелких частиц в лепестке.
2. Толщина лепестка
3. Поверхностная влажность лепестка
4. Попадание пара в экстрактор из тостера.

Экстрактор с большой высотой слоя настолько чувствителен к этим условиям что даже незначительные изменения любого из них могут привести к разливу жидкости по поверхности ячеек. Например, в ячейках, заполненных лепестком бобов сои толщиной 0.375 мм будет нормальная перколяция, в то время как при толщине лепестка 0.325 мм дренаж слоя нарушается.

Для любого оператора экстракции кошмаром будет “озеро” растворителя по всей площади материала, от зоны загрузки материала до зоны выгрузки. Если такое случается, содержание масла в материале повышается и намного увеличивается нагрузка на тостер. Если такая ситуация продолжается долго, возникает опасная ситуация неполной отгонки растворителя, возрастают потери растворителя.

Оператор становится перед дилеммой - либо увеличить толщину лепестка до величины, при которой возможна нормальная перколяция, либо остановить цех. В то время как большая толщина лепестка улучшит перколяцию, но, с другой стороны, увеличится общая масличность экстрагированного материала. Большая толщина лепестка также ухудшает отгонку растворителя, поскольку потребуются большее время для прохождения пара в материал. Вдобавок, отгонка растворителя из лепестка большей масличности идет хуже.

Альтернатива остановки цеха по очевидным причинам никогда не будет принята администрацией завода, по крайней мере до тех пор, пока уже не будет поздно. Работа с



залитым растворителем экстрактором опасна, и это причина многих аварий на экстракционных заводах.

Подходящим техническим решением для улучшения перколяции в экстракторе с большой высотой слоя может быть обработка около 25 % материала в экспандере. Получаемые из экспандера гранулы очень пористые, и, смешанные с 75 % обычного лепестка, позволят иметь хорошую перколяцию в толстом слое экстрагируемого материала.

В то время как применение экспандера может улучшить проблемы с перколяцией, оно имеет также много недостатков. Кроме затрат на установку экспандеров и транспортного оборудования к ним, возникают следующие дополнительные расходы:

1. Большое потребление электроэнергии. Каждая машина имеет электродвигатель мощностью около 100 кВт.
2. Поскольку в экспандере создается высокое давление, велики затраты на замену изнашивающихся частей и обслуживание.
3. Большой расход пара на каждую машину. Пар инжигируется в лепесток внутри экспандера, увеличивая влажность лепестка.
4. Ввод пара в экспандер увеличивает также потери нейтрального масла. Цена на такое масло будет ниже.

Учитывая эти факторы, экспандеры устанавливаются на заводах в самом крайнем случае.

### **С. Ленточный экстрактор фирмы DeSmet**

Ленточный экстрактор DeSmet также является экстрактором с большой высотой слоя материала, так что для него характерны те же проблемы, которые рассмотрены выше применительно к экстракторам Reflex и Rotocel, см. часть IV, А, В, от страницы 7 (русского текста) до первого абзаца страницы 9.

Конструкция этого экстрактора такова, что первоначальное заполнение экстрактора материалом принципиально отличается от трех других типов экстракторов, рассматриваемых в данном Отчете. Поскольку слой материала в этом экстракторе не разделяется на ячейки или блоки, экстрактор сначала загружается всухую, без подачи растворителя или мисцеллы. Иначе, слой материала высотой 2.4 м будет вымыт из пространства между боковыми стенками, которые только и удерживают его при формировании. Поэтому, заполнение всухую продолжается до тех пор, пока около половины длины не заполнится.

После заполнения наполовину, включается насос подачи мисцеллы, ближайший к загрузочному бункеру. По мере того как слой материала продолжает движение к разгрузочному концу, последовательно включаются остальные насосы циркуляции мисцеллы. Когда слой материала начинает сыпаться на разгрузочном конце, включается последний насос подачи растворителя. Потоки мисцеллы корректируются и балансируются, когда слой материала полностью сформирован. Из-за того, что подача жидкости в экстрактор возможна только после полного формирования слоя, остаточное содержание масла в этом лепестке будет очень высоким.

Плохая перколяция и дренирование представляют гораздо большую проблему в экстракторе DeSmet, чем в карусельных экстракторах. Если “озеро” жидкости формируется на поверхности слоя из-за недостаточной перколяции, критической проблемой может быть потеря формы слоя и его вымывание через разгрузочный конец. Когда такое случается, экстрактор должен быть немедленно остановлен. Содержимое экстрактора должно быть медленно подано к тостеру, с тем чтобы не переполнить его растворителем, который не дренирован из материала. Опорожнение экстрактора в этих условиях, если не выполняется должным образом, может создать потенциально опасную ситуацию. Опорожнение осуществляется очень осторожными включениями и выключениями транспортера экстрактора. Затем экстрактор должен быть заново запущен с формированием слоя, как это описано выше.

Плохая перколяция представляет еще одну технологическую проблему. Концентрация мисцеллы ниже у разгрузочного конца, чем у головного, и маслянистость лепестка выше у загрузочного устройства. Как упоминалось выше, у каждой зоны промывки предусматривается скребковое устройство, предназначенное для создания валиков на слое материала для предотвращения смешивания свободной жидкости в одной зоне промывки с мисцеллой из других зон. Если мисцеллы различной концентрации смешиваются, остаточное содержание масла в экстрагированном лепестке значительно увеличивается.

Экстрактор слегка наклонен назад, так что при плохой перколяции и образовании жидкости на поверхности слоя, она будет перетекать к головному концу экстрактора, а не к разгрузочному.

Поскольку слой материала лежит на движущемся сетчатом транспортере, а не перемещается по неподвижному решетчатому днищу для обеспечения самоочистки, как это сделано в Reflex экстракторе, сетка транспортера имеет тенденцию забиваться мелкими частицами и лепестком. DeSmet пытается компенсировать это установкой форсунок высокого давления для подачи растворителя, расположенных под сетками, для того чтобы сбить прилипшие к сетке частицы. Эта промывка делается после разгрузки материала с транспортера. Для того чтобы охватить всю ширину транспортера, труба подачи растворителя имеет длину на всю ширину экстрактора и движется возвратно-поступательно специальным гидравлическим устройством. Уплотнительные сальники на этой трубе являются постоянной причиной утечек и потерь растворителя. К тому же, чистый растворитель из этой форсунки смешивается с мисцеллой наименьшей концентрации в экстракторе. Форсунка на чистом растворителе отбирает растворитель из общего потока, необходимого для окончательной промывки лепестка.

Форсунка для промывки транспортера экстрактора на входном конце используется для этого концентрированную мисцеллу. Промывка сеток транспортера форсунками является крайне нежелательным процессом в любом экстракторе. Если бы не было этой технологической проблемы, DeSmet не пошел бы на установку дополнительных форсунок.

В экстракторе имеется семь циркуляционных насосов для перекачки мисцеллы различной концентрации, которая дренируется и собирается в небольших емкостях под слоем материала. Концентрированная мисцелла на выходе из экстрактора не проходит через сетчатый фильтр, как это делается в карусельных экстракторах, а очищается от твердых частиц в гидроциклоне типа центрифуги. Уловленные мелкие частицы возвращаются на верх слоя материала, а очищенная мисцелла выходит из верхней части гидроциклона и собирается в емкости вне экстрактора.

Подача лепестка из питающего бункера в слой материала регулируется в автоматическом режиме и не требует участия оператора. В бункере устанавливается изотопный или ультразвуковой датчик, по сигналам которого увеличивается или уменьшается скорость транспортера экстрактора в зависимости от потока экстрагируемого материала из подготовительного отделения. Предусмотрена подача мисцеллы в поступающий в экстрактор лепесток для образования суспензии.

Поток экстрагированного материала на выходе из экстрактора равномерный, разгрузочные транспортер и элеватор работают с постоянной скоростью. Оператору не требуется управлять скоростью этих транспортных элементов, как это делается в карусельных экстракторах.

Однако, в экстракторе DeSmet не имеется парового затвора за счет материала между выходом экстрактора и тостером. Без такого затвора, острый пар из тостера может попадать в экстрактор. Это главная причина коррозии в верхней части экстрактора и по его концам, а также в свободном пространстве ниже транспортера экстрактора. Отсутствие парового затвора на выходе экстрактора ухудшает также условия перколяции растворителя через слой материала.

Внутри экстрактора DeSmet довольно много неиспользуемого объема. Поскольку материал размещается только на верхней ветви транспортера, элементы транспортера возвращаются к головному концу пустыми. На эту возвратную ветвь добавляется несколько футов общей высоты экстрактора.

#### **D. Петлевой экстрактор фирмы Crown**

Петлевой экстрактор фирмы Crown является экстрактором “тонкого слоя”, в котором высота слоя экстрагируемого материала составляет 60 см для экстракторов производительностью до 1600 тонн в сутки и около 90 см для экстракторов большей производительности. При такой высоте слоя, по сравнению со слоем в 2.4 - 3.6 метра в экстракторах French, Dravo и DeSmet, возможность недостаточной перколяции значительно уменьшается. Этот экстрактор хорошо работает и без установки экспандеров для гранулирования 25 % материала, что сокращает капитальные затраты и эксплуатационные расходы.

Как упоминалось выше, материал подается в экстрактор Crown в автоматическом режиме, без участия оператора. Высота наполнения материала между пластинами цепи постоянна и не требует регулировки. Материал поступает в верхнюю секцию экстрактора через питающий бункер, проходит последовательно верхнюю горизонтальную секцию, поворотную секцию, нижнюю горизонтальную секцию и выгружается из экстрактора через отверстие в нижней головной секции.

Чистый растворитель подается в нижней горизонтальной секции. Имеется определенное расстояние между местом подачи чистого растворителя и разгрузочным отверстием, за счет чего обеспечивается время на дренирование растворителя через слой материала перед выгрузкой. После того как чистый растворитель проходит через материал и становится мисцеллой наименьшей концентрации, он собирается в емкости и перекачивается насосом на следующую ступень промывки противотоком к движению слоя материала. Имеется три емкости с насосами в нижней горизонтальной секции и четыре в верхней. Мисцелла наименьшей концентрации, получаемая на последней стадии промывки материала, перекачивается на следующую стадию и продолжает противоточное движение от места выгрузки. Мисцелла из третьей емкости нижней секции экстрактора, подается в верхнюю секцию. Часть потока мисцеллы направляется в слой материала непосредственно перед хвостовой поворотной секцией для обеспечения дополнительной промывки при движении по петле. Концентрированная мисцелла откачивается из экстрактора и очищается в двух последовательных гидроциклонах. Твердые частицы возвращаются в слой материала, а мисцелла направляется на дистилляцию.

Обвязка трубопроводами и клапанами циркуляционных насосов позволяет оператору регулировать потоки мисцеллы, что обеспечивает гибкость при переработке различных видов семян и при обработке одного вида с разными характеристиками перколяции. Оптимальные уровни поддерживаются автоматически в сборниках мисцеллы за счет перелива мисцеллы из одной емкости в другую, всегда от более низкой концентрации к более высокой.

Слой материала в экстракторе полностью переворачивается, что уже описано на стр. 5 данного отчета. Эта процедура улучшает экстракционную способность материала, так как обе стороны слоя непосредственно контактируют с растворителем.

Экстрагированный материал разгружается из экстрактора непрерывно. Оператору нет необходимости контролировать уровень на выходе изменением скорости разгрузочного транспортера. Этот транспортер имеет фиксированную скорость, так как поток материала постоянный.

В экстракторе Crown разгрузочное устройство выполнено таким образом, чтобы исключить возможность попадания острого пара из тостера в экстрактор. Дренирующее днище в самом конце нижней секции экстрактора почти касается стального кожуха, установленного у разгрузочного отверстия в нижней головной секции. Этим обеспечивается затвор для паров за счет слоя материала между пластинами цепи экстрактора и предотвращается попадание пара из тостера в нижнюю секцию экстрактора. Любые пары, которые могут попасть в экстрактор через разгрузочное отверстие, проходят из нижней секции в верхнюю головную секцию, которая имеет газопровод большого диаметра в общую вентиляционную систему линии экстракции, через который и уходят пары.

Слой материала движется внутри между боковыми стенками экстрактора по неподвижному дренирующему самоочищаемому днищу, выложенному стержнями трапециевидного профиля. Зазоры между стержнями увеличиваются книзу, поэтому любые мелкие частицы, попавшие в зазоры, проталкиваются через них под днище. Такое решение предотвращает засорение днища, обеспечивает хороший дренаж жидкости и исключает необходимость промывки днища растворителем.

При переработке соевых бобов экстрактор работает эффективно с низким соотношением растворитель/лепесток, в пределах 0.85 - 0.90.

С любым экстрактором перколяционного типа могут быть проблемы с дренажем растворителя, в том числе и с экстрактором “тонкого слоя” типа экстрактора Crown. Если подготовка семян не работает должным образом, выдавая материал с большим процентом мелких частиц, перколяция работать не будет. Этому может быть много причин - перегрев или пересушивание материала, слишком мелкое дробление соевых бобов или слишком тонкое лепесткование. Но в итоге, опасность получить проблемы с дренажем гораздо меньше при работе на экстракторе с малой высотой слоя материала. И если случается перерабатывать материал с плохими перколяционными свойствами в экстракторе Crown, это вызовет гораздо меньше проблем в нем, чем в карусельном экстракторе или, особенно, в экстракторе DeSmet.

## **Часть V - Механические характеристики и обслуживание**

### **A. Карусельный экстрактор - Reflex Extractor фирмы French**

### **B. Карусельный экстрактор - Rotocel фирмы Dravo.**

*От переводчика: весь текст этих двух разделов относится исключительно к особенностям карусельных экстракторов.*

### **C. Ленточный экстрактор фирмы DeSmet**

Экстракторы DeSmet также (как и карусельные экстракторы) находятся в эксплуатации более 50 лет. В то время как большое количество экстракторов DeSmet работает по всему миру, их количество в США и Канаде невелико, и получить информацию об их эксплуатации и обслуживании нелегко. Один небольшой экстрактор DeSmet установлен на переработку жмыха хлопковых семян на юго-западе США, один на переработку соевых бобов на среднем западе, один в северном штате на сое и один в Канаде на каноле.

Была сделана попытка получить от этих заводов данные по эксплуатации и обслуживанию оборудования. Были установлены контакты с тремя заводами, кроме одного на юго-западе.

Экстрактор DeSmet, установленный на среднем западе, находится в эксплуатации более 5 лет. Были первоначальные механические проблемы с движением транспортера по направляющим из-за плохой соосности, на устранение которых ушло несколько месяцев. После этого, завод имел проблемы с дренажем растворителя, слой материала постоянно был залит растворителем и мисцеллой. Решение было найдено установкой экспандеров. По

последним данным, полученным с завода, есть трудности в связи с забиванием сеток транспортера материалом. При следующем ежегодном обслуживании, сетки будут заменены на стержневые решетки.

На заводе с экстрактором DeSmet на севере США на переработке бобов сои были трудности в начальный период, одна, связанная с точной соосностью экстрактора, и вторая с плохой перколяцией. Вторую проблему решили установкой экспандеров для получения гранул.

С завода в Канаде, где экстрактор DeSmet работает на каноле, ответили, что у них не было серьезных механических проблем с этим экстрактором. Несколько раз ломались и падали на материал скребки.

Одним слабым местом этого экстрактора с механической точки зрения является транспортер, перемещающий слой материала внутри экстрактора. Транспортер состоит из многих тяжелых, но небольших по размеру рамных секций, соединенных с двумя цепями по двум сторонам, которые движут транспортер внутри экстрактора. Внешние края цепей движутся по паре направляющих, закрепленных на корпусе экстрактора. Точная соосность является очень важной в эксплуатации этой машины. Другой механической проблемой в экстракторах DeSmet является выход из строя цепи транспортера и ее звеньев, соединяющих секции транспортера. Когда это случается, необходимо работать внутри экстрактора, наполненного растворителем, для устранения неисправности. Насыщенный растворителем материал должен быть выгружен вручную, затем экстрактор должен быть продут.

Во время таких выгрузок насыщенного растворителем материала и ремонтных работ на экстракторах DeSmet было много пожаров и взрывов.

Во время ежегодных остановок на обслуживание, проверяются все элементы цепей и, при необходимости, заменяются. Также проверяются направляющие цепей транспортера, звездочки главного привода экстрактора. Подшипники главного вала экстрактора на разгрузочном конце заменяются в плановом порядке.

Коррозия корпуса экстрактора представляет собой еще одну проблему, связанную с конструкцией экстрактора. На одном заводе в Аргентине, который автор Отчета посетил недавно, коррозия была отмечена на всем корпусе экстрактора после 13 лет эксплуатации. Конструкция экстрактора такова, что пары и твердые частицы попадают в отдельные части экстрактора и не могут быть удалены. Заводу придется заменить либо корпус экстрактора, либо аппарат целиком.

## **D. Петлевой экстрактор фирмы Crown**

Петлевые экстракторы фирмы Crown также находятся в эксплуатации почти 45 лет. По заявлению фирмы Crown, не было ни одного случая отказа или поломки цепи, движущей материал внутри экстрактора, при переработке масличного материала. Проверка была сделана на двух заводах, которые установили экстракторы Crown 6 лет назад. С одного завода ответили, что не потребовалось ни одной запасной части для экстрактора за эти 6 лет. Они открывают и проверяют экстрактор ежегодно. Единственной работой, которую пришлось сделать на экстракторе, была корректировка натяжения цепи привода.

Второй завод с экстрактором Crown, установленным 6 лет назад, также ответил, что потребовалось всего 2 часа для запуска экстрактора в работу, и с тех пор не было ни одного отказа. Они не имели ни одной механической проблемы с экстрактором до времени этого отчета.

Трапециевидные стержни в днище под слоем материала сделаны заменяемыми, но никогда не заменялись из-за износа или закупорки. В этом экстракторе нет движущихся частей ниже уровня решетчатого днища. По этой причине, нет нужды в каком-либо обслуживании в этой нижней части экстрактора.

В крышках верхней и нижней горизонтальных секций экстрактора имеются большие съемные люки для доступа при ежегодном обслуживании к цепи экстрактора.

Crown применяет нержавеющую сталь в корпусе экстрактора только при переработке рапса/канолы или кукурузного зародыша. В этом случае, паровой объем над слоем материала делается из нержавеющей стали. В остальных случаях, при переработке сои, хлопка или подсолнечника, коррозия не является проблемой в этом экстракторе.

Корпус экстрактора, внутренние части и привод делаются из толстого листа для увеличения конструктивной прочности, запас имеют также цепь, пластины на ней и привод, для работы на повышенных нагрузках в процессе эксплуатации. По этим причинам, по данным от заводов, оснащенных экстракторами Crown, не было отказов этих экстракторов по конструктивным или механическим причинам.

## **Часть VI - Безопасность**

Вопрос безопасности и надежности экстракционных заводов может быть разделен на две части: механическая надежность и технологическая надежность. Очень важно не иметь отказов в работе экстрактора, наполненного растворителем, мисцеллой и насыщенным растворителем лепестком. Если приходится открывать экстрактор, полный гексана и паров, это неизбежно влечет за собой опасную ситуацию. Поэтому, все типы экстракторов, рассмотренные в настоящем Отчете, требуют постоянной инспекции. Необходима тщательная подгонка рабочего механизма, как внутри экстрактора, так и вне его. Необходимо своевременно менять изношенные части. В зависимости от конкретного типа экстрактора и его характеристик выбирается периодичность инспекционных проверок экстрактора. Возможно, инспекции должны проводиться дважды в году.

Из рассмотренных четырех типов экстракторов, карусельный экстрактор Rotocel является наиболее подверженным отказам по механическим причинам, далее следует экстрактор French, затем экстрактор DeSmet. Наконец, экстрактор Crown имеет наименьшее количество механических отказов.

Ключевой технологической проблемой в экстракторах является плохая перколяция. Недостаточный дренаж растворителя влечет за собой реальную опасность перегрузки тостера и увеличения давления во всей системе отвода паров растворителя, и, если такая ситуация продолжается достаточно долгое время, опасность поступления содержащего растворитель шрота на склад. На экстракционных заводах в настоящее время устанавливаются датчики и аварийные выключатели по превышению давления как в экстракторе, так и в тостере, такое требование включено сейчас в NFPA 36 (*Стандарт США на проектирование и эксплуатацию экстракционных заводов*). Также предусматривается согласно NFPA 36 аварийное отключение по понижению температуры шрота на выходе из тостера. Если перколяция растворителя ухудшается до такой степени, что вся поверхность слоя материала оказывается залитой растворителем, завод должен быть остановлен и должны быть немедленно приняты меры по исправлению ситуации. Во многих случаях, нерешительность операторов остановить завод в подобном положении приводила к более опасным последствиям для предприятия в целом.

Из четырех рассмотренных типов экстракторов, экстрактор DeSmet представляет наибольшую опасность при недостаточной перколяции. Это справедливо как для случая применения экспандеров с экстрактором DeSmet, так и без них. Следом идут French Reflex и Dravo Rotocel, которые находятся на одном уровне по технологической безопасности. Экстрактор Crown наиболее безопасен с точки зрения дренажа растворителя, с использованием экстракции в слое малой высоты.

## **Часть VII - Возможности увеличения производительности.**

На экстракционных заводах довольно часто возникает необходимость увеличения производительности существующего экстрактора. Это осуществляется увеличением полезного объема слоя материала в экстракторе. Однако, имеются определенные ограничения такого увеличения, которые рассмотрены ниже применительно к четырем типам экстракторов.



### **C. Ленточный экстрактор фирмы DeSmet.**

С экстрактором DeSmet не представляется возможности увеличения производительности за счет удлинения корпуса экстрактора и внутреннего транспортера. Корпус экстрактора не имеет достаточной прочности для этого. Год назад на запрос одного из клиентов о возможности такого наращивания экстрактора был получен ответ от DeSmet о том, что корпус экстрактора недостаточно прочен для этого.

Даже если такое удлинение может быть сделано, выполнить его будет очень трудно. Корпус экстрактора цельный, без фланцев, и присоединить новую секцию к старому корпусу непросто. Затем, все разгрузочные элементы экстрактора должны быть передвинуты. Практически невозможно нарастить экстрактор с загрузочного конца, слишком много переделок потребуется в конструкции экстрактора.

### **D. Петлевой экстрактор фирмы Crown.**

Из четырех рассмотренных экстракторов, с экстрактором Crown увеличить производительность наиболее просто. Корпус экстрактора Crown, как описано выше, состоит из пяти отдельных секций, соединенных на фланцах. Такая конструкция позволяет легко увеличить объем материала в экстракторе. Для этого, хвостовая поворотная секция отсоединяется от горизонтальных, затем, верхняя и нижняя горизонтальные секции наращиваются по длине присоединением новых участков на фланцах. Внутренняя цепь с пластинами наращивается пропорционально длине экстрактора.

Новые секции оборудуются емкостями для мисцеллы, насосами и трубопроводами. Вся эта работа может производиться даже без продувки экстрактора, поскольку для этого не требуется сварки и резки. Высота слоя материала в экстракторе при этом не увеличивается, так что условия перколяции не ухудшаются при увеличении производительности.

Увеличение длины верхней и нижней горизонтальных секций не изменяет первоначального расположения приемного бункера и разгрузочного отверстия, так что никаких изменений в транспортной схеме не потребуется.

Производительность действующих экстракторов Crown увеличивалась до 50 % таким способом.