

Системы Sorbonorit для рекуперации растворителей

1. ВВЕДЕНИЕ

Для рекуперации растворителей компания Norit производит и поставляет преимущественно экструдированные угли паровой активации. Углеродсодержащее сырье карбонизируется, экструдировано и активируется при температуре около 1000 °С. При активации в экструдате формируется система пор требуемой структуры. Поры, с общей поверхностью до 1500 м²/гр придают активированному углю адсорбционные свойства. Экструдированная форма частиц позволяет достигать высокий уровень активации при сохранении высокой прочности на уровне 99% по методу ASTM (истирание стальными шарами).

Когда загрязненный поток воздуха/газа проходит через слой активированного угля, загрязняющие вещества (адсорбаты) диффундируют в поровую структуру активированного угля, где адсорбируются на поверхности пор за счет сил притяжения (например силами Ван-дер-Ваальса). Силы притяжения достаточно сильны и, в конечном итоге, загрязняющие вещества конденсируются в порах. Таким образом, очищается поток воздуха/газа. Количество адсорбирующихся загрязняющих веществ зависит от свойств активированного угля, природы адсорбата и технологических параметров процесса. Соотношение этих элементов и равновесной адсорбционной способности описываются теорией Дубинина. Теория адсорбции на активированном угле рассмотрена в Техническом бюллетене Norit № 57 «Активированные угли Norit в очистке газов и воздуха».

В промышленности, активированные угли используются в специальных фильтрах (адсорберах) в которых происходит адсорбция загрязняющих веществ из потока газа или воздуха. Когда концентрация адсорбата в очищенном газовом потоке возрастает до уровня ПДК, адсорбция должна быть остановлена. В зависимости от достигаемых времени адсорбции, количества использованного активированного угля, экономической и технологической целесообразности использования восстановленного адсорбата, активированный уголь может быть либо заменен на новый, либо регенерирован.

Хотя компания Norit имеет опыт проектирования систем рекуперации различных принципов действия, данный бюллетень будет рассматривать только технологию на паровой регенерации активированного угля.

Газ/Воздух

Документ №
ТВ 64

Продукт/Применение

Версия

10 - 08

Norit Nederland BV

Nijverheidsweg-Noord 72
3812 PM Amersfoort
P.O. Box 105
3800 AC Amersfoort
The Netherlands

T: +31 33 46 48 911
F: +31 33 46 17 429
E: sales@norit.com
I: www.norit-ac.com



2. КИНЕТИКА СИСТЕМЫ SORBONORIT

Регенерацию адсорбента (активированного угля) проводят либо для его повторного использования, либо для одновременного восстановления свойств адсорбента и восстановления адсорбата.

Принцип работы Системы Sorbonorit для рекуперации растворителей в установках с 2-мя адсорберами с паровой регенерацией активированного угля проиллюстрирован на рис. 1.

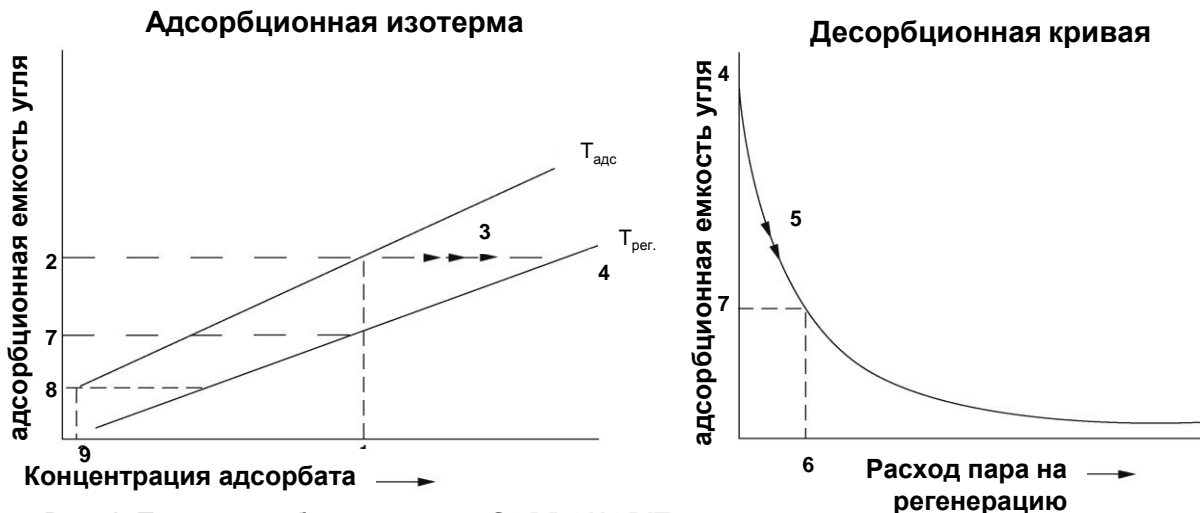


Рис. 1. Принцип работы системы SORBONORIT

Зная концентрацию растворителя в газовом потоке, можно рассчитать равновесную адсорбционную емкость (загрузку) активированного угля (2 на рис. 1). Как только концентрация растворителя достигает уровня допустимой концентрации, процесс адсорбции прекращается и поток газа переключается на второй адсорбер. В верхнюю часть первого адсорбера подается пар, который за счет конденсации нагревает слой активированного угля (3). Первые несколько минут пар конденсируется на адсорбенте и стенках адсорбера, нагревая всю систему до температуры насыщенного пара при заданном давлении в адсорбере. На стадии нагрева заметной десорбции не происходит. Когда температура достигает температуры регенерации начинается процесс десорбции (4).

В процессе десорбции часть пара конденсируется на адсорбенте компенсируя потерю теплоты и доставляя дополнительную энергию, требующуюся для десорбции адсорбата (процесс десорбции является эндотермическим). Однако, основная часть пара проходит через слой адсорбента увлекая с собой десорбированный растворитель. Это процесс будет сопровождаться медленным убыванием адсорбционной емкости угля (5). Для известного расхода пара (6) можно рассчитать остаточную адсорбционную емкость угля (кол-во растворителя оставшегося в угле) после завершения десорбции (7).

Разницу между начальной и остаточной адсорбционными емкостями активированного угля часто называют эффективной адсорбционной емкостью (заштрихованная область на рис. 2).

Часть адсорбента, которая содержит минимальное количество адсорбата (в которой стадия адсорбции заканчивается до наступления проскока растворителя) регенерируется наиболее полно из-за обратного направления регенерирующего потока.

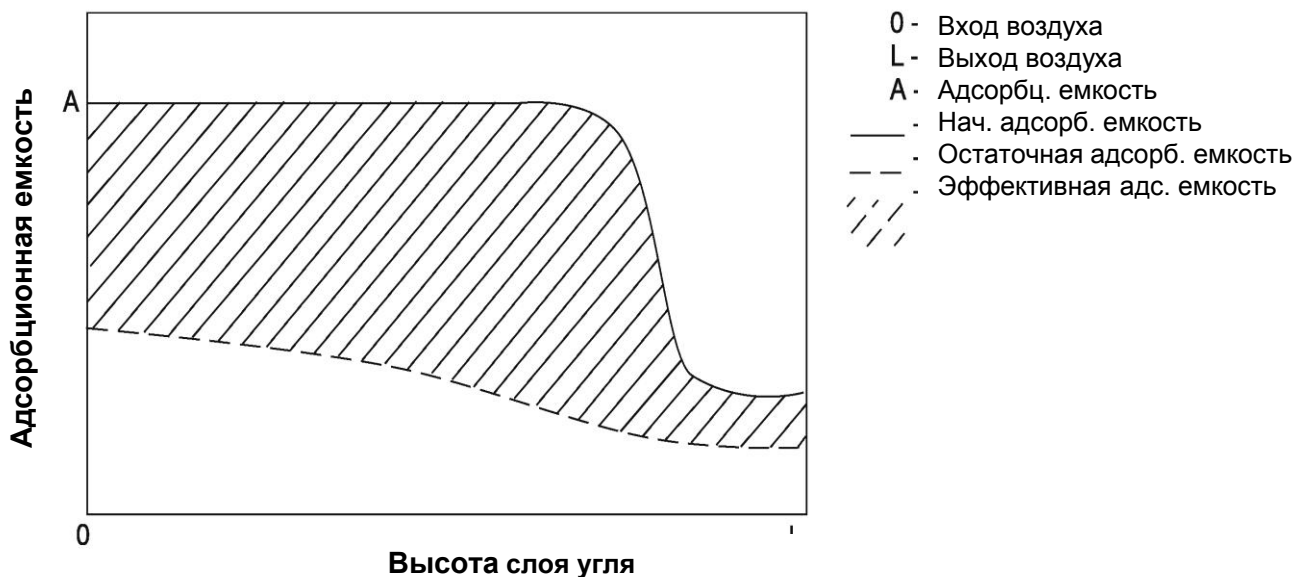


Рис. 2. Адсорбционная емкость угля как функция от высоты слоя

Остаточная загрузка угля растворителем в веру адсорбера (со стороны входа пара на регенерацию или стороны выхода воздуха с процесса адсорбции) будет значительно меньше средней остаточной загрузки (8).

По аналогии с зависимостью между концентрацией адсорбата и равновесной адсорбционной емкостью существует зависимость между адсорбционной емкостью угля в веру адсорбера и концентрацией адсорбата в очищенном газовом потоке на выходе из адсорбера при фактической температуре адсорбции (9). Эта зависимость объясняет так называемый «Эмиссионный пик» - когда адсорбер включается в стадию адсорбции непосредственно со стадии регенерации, с все еще, достаточно горячим активированным углем, остаточная адсорбционная емкость угля (при этой температуре) будет в равновесии с достаточно высоким содержанием адсорбата в воздухе. Поэтому, в период охлаждения слоя активированного угля, может отмечаться повышенная концентрация адсорбата в очищенном воздухе. С охлаждением активированного угля, концентрация адсорбата в воздухе быстро падает.

Оптимальный расход пара (выражаемый в кг пара на 1 кг рекуперированного растворителя) может быть определен как функция фактического расхода пара на регенерацию от эффективной адсорбционной емкости активированного угля (см. рис. 3).

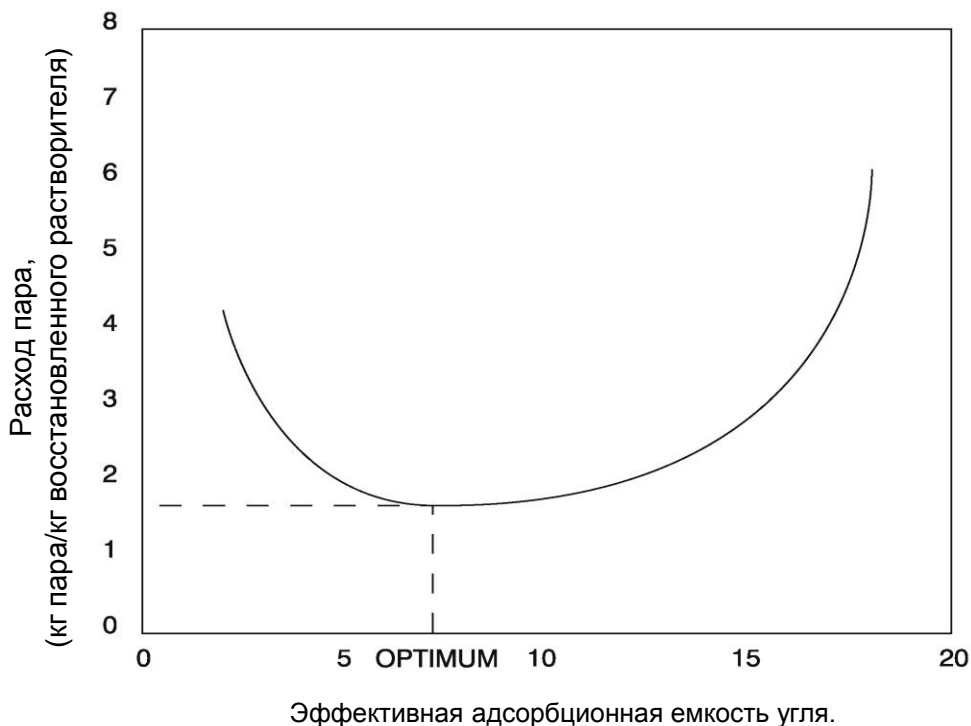


Рис. 3. Расход пара на рекуперацию растворителя

В этой точке оптимума операционные издержки рекуперационной установки будут минимальными. Однако, иногда, в случаях низких значений ПДК в очищенном потоке, расход пара должен поддерживаться выше точки оптимума для достижения более глубокого удаления растворителя. В этих случаях, компания Norit рекомендует использовать активированный уголь с меньшей эффективной адсорбционной емкостью, но требующий меньший расход пара для достижения требуемой концентрации растворителя в очищенном газовом потоке.

3. Рекуперационная установка на основе системы SORBONORIT.

Для обеспечения непрерывной работы рекуперационная установка должна включать как минимум 2 адсорбера. В период, когда один адсорбер работает в режиме адсорбции, другой адсорбер находится в режиме регенерации (см. рис. 4 на странице 6).

Поток газа, содержащий растворитель (если требуется после участка подготовки), направляется в нижнюю часть адсорбера 1 и проходит вверх через слой активированного угля, адсорбируясь на активированном угле. Предварительная подготовка газового потока требуется, когда характеристики потока не обеспечивают оптимальных условий для адсорбции. Очищенный газ может выбрасываться в атмосферу, либо направлен обратно на адсорбцию.

Адсорбер 2 со слоем активированного угля, содержащим растворитель находится в режиме регенерации паром.

Пар подается в верхнюю часть адсорбера 2, где поток пара равномерно распределяется по поверхности загрузки активированного угля и проходит через слой адсорбента сверху вниз, нагревая активированный уголь и удаляя десорбирующийся растворитель.

Смесь пара и адорбата (растворителя) из адсорбера, через предварительный теплообменник-охладитель и конденсатор подается на сепарирование. В случае если адсорбат не растворяется и не смешивается с водой, для сепарирования может быть использован простой отстойник. Далее, слой, содержащий растворитель, может быть или очищен и использован вновь, или утилизирован. Водная фаза, после удаления следов растворителя, может быть направлена либо в систему канализации, либо после более тонкой доочистки, на производство пара. Очищенный газовый поток может быть направлен на смешение с «грязным» газовым потоком до адсорбера.

Непосредственно после регенерации, адсорбер, может иметь, все еще, высокую температуру. В зависимости от характеристик очищаемого газового потока и требуемого качества очищенного потока, «горячий» адсорбер может быть включен в адсорбцию, как без предварительного охлаждения, так и после охлаждения атмосферным воздухом или очищенным газовым потоком. Независимо от этого, описанный выше «эмиссионный пик» будет иметь место (хотя, и в различной степени).

В случае если даже короткий «эмиссионный пик» недопустим, очищенный газовый поток (на начальном этапе адсорбции) может быть направлен через теплообменники обратно в адсорбер, работающий в режиме адсорбции. Эта процедура обеспечит очистку «эмиссионного пика», который, в противном случае будет иметь место.

До начального этапа адсорбции и предварительного охлаждения, загрузка активированного угля должна быть просушена. Для этого воздух, подаваемый снизу загрузки адсорбента, подогревается с помощью так называемой «тепловой ванны».

Установка и технологический процесс должны быть настроены таким образом, чтобы вся вода адсорбирующаяся на активированном угле в процессе регенерации удалялась на последующих этапах сушки-охлаждения и/или адсорбции.

4. Принципиальная схема установки (рис. 4 на стр. 6).

На основании данных о величине очищаемого потока рассчитываются количество адсорберов и их диаметр. Проектные линейная скорость потока в адсорбере и толщина слоя активированного угля в значительной степени зависят от требуемой концентрации растворителей (и др. загрязнений) в очищенном газовом потоке. В большинстве случаев, линейная скорость находится в диапазоне 0,1 – 0,45 м/сек, а толщина слоя активированного угля меняется от 0,5 м до 2 м.

Для выбора наиболее эффективной марки активированного угля и разработки или доработки параметров процесса требуется вся информация, имеющая отношение к задаче по очистке газового потока или рекуперации растворителя, указанная в специальном опросном листе Norit. Основываясь на заполненном опросном листе, компания Norit способна разработать новый процесс (или доработать уже используемый) с оптимальными технологическими характеристиками.

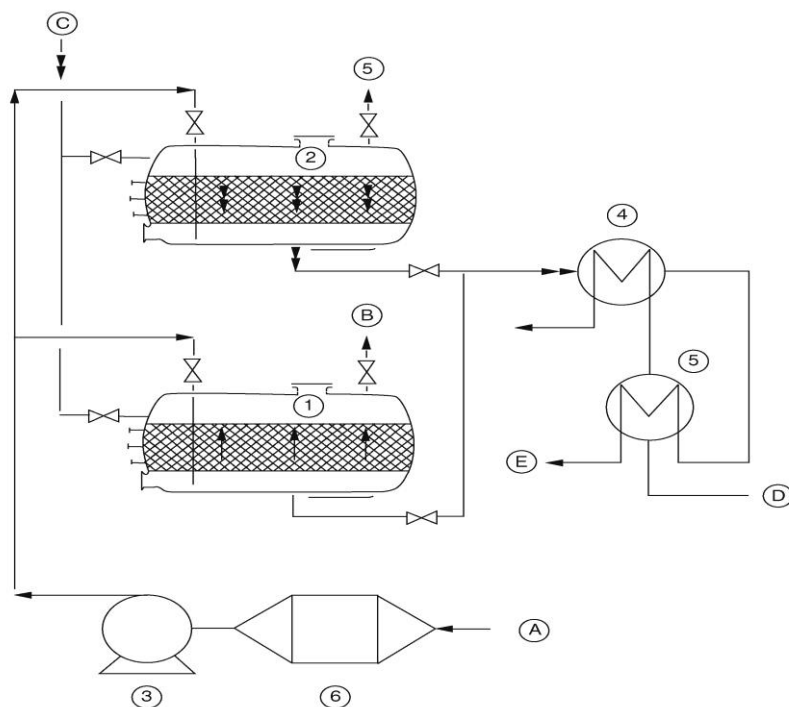


Рис. 4. Принципиальная схема рекуперационной установки

1. Адсорбер в режиме адсорбции
2. Адсорбер в режиме регенерации
3. Нагнетательный вентилятор
4. Конденсатор
5. Теплообменник для охлаждения конденсата
6. Участок подготовки газового потока

- A. Газовый поток на очистку
- B. Газовый поток после адсорбции
- C. Пар
- D. Охлаждающая вода
- E. Смесь растворителя с конденсатом

Примечания:

Все данные и рекомендации об использовании наших продуктов даются из добрых намерений и считаются нами верными. Тем не менее, все рекомендации даются без гарантии, т.к. использование наших продуктов находится вне нашего контроля и, кроме того не могут считаться рекомендациями или инициативой к нарушению каких-либо авторских прав. Предоставленная информация о качестве продуктов актуальна на момент публикации данного материала. Тем не менее, мы стремимся к постоянному улучшению качества и эффективности наших продуктов и оставляем за собой право изменять показатели качества продуктов без уведомления.

Предупреждение: По вопросам безопасности и охраны здоровья просим обращаться к листам безопасности (MSDS), которые доступны по требованию.

Данный Технический Бюллетень (Издание 10-08) заменяет предыдущие версии.