

УДК 66.073.7

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ПО РЕКУПЕРАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЫБРОСОВ

Плехов И.М., Фарафонов В.Н., Елинсон И.С., Полховский М.В.

Экологическая обстановка в больших и малых городах в последнее десятилетие вызывает большую тревогу. При условиях интенсификации различных производств увеличиваются выбросы вредных веществ в атмосферу. Большую долю в этих выбросах составляют органические растворители, поэтому изыскание эффективных методов очистки от них является актуальным.

В настоящее время известны методы очистки газовых выбросов такие как термический дожиг, каталитическое разложение и окисление, микробиологический, а также адсорбционный. Последний, хорошо зарекомендовавший себя для очистки газовых промвыбросов, основан на использовании активированных угольных поглотителей с последующей их регенерацией и получением поглощаемых компонентов в концентрированном виде.

В качестве поглотителей могут быть использованы гранулированные активные угли и активированные углеродные волокна в виде углеродной ткани. Углеродная ткань является эффективным адсорбентом, имеющим высокую удельную поверхность, что особенно важно для осуществления очистки разбавленных газовых потоков ($0 - 300 \text{ мг/м}^3$) промышленных выбросов, в которых процесс сорбции протекает в диффузионной области.

Нами были проведены исследования равновесной емкости углеродных тканевых образцов производства Светлогорского ПО "Химволокно" по этилацетату, как основному компоненту в газобразных выбросах обувного производства. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Изотермы адсорбции этилацетата на углеродных тканевых сорбентах при температуре 20°C в % по массе

С, мг/м ³	58,0	82,0	116,0	145,0	188,0	232,0	251,0	304,0	347,5	449,0
Бусофит-Т	0,35	0,81	2,08	5,13	9,06	11,7	15,0	17,15	19,46	22,1
АУТ	0,37	0,66	1,83	4,25	7,61	10,1	13,12	16,21	18,19	21,31
Нетканый материал	0,57	1,11	2,57	6,20	10,01	12,8	15,7	17,45	18,77	20,42

Анализ полученных данных позволяет сделать заключение, что при малых концентрациях этилацетата лучшими поглотителями являются бусофит-Т и нетканый материал.

На этих образцах в динамических условиях продолжены исследования адсорбции этилацетата. Скорость воздушной смеси составляла 0,03 м/с, концентрация растворителя 250 - 350 мг/м³. Динамическая емкость образцов при этом достигала 10 - 11% по массе.

Важное значение для использования сорбентов является гидравлическое сопротивление слоя поглотителя. Поэтому нами проведены исследования по определению гидравлического сопротивления адсорбента в зависимости от толщины его слоя. Скорость воздуха изменялась в пределах 0,015-0,115 м/с, высота слоя от 1,5 до $7,5 \cdot 10^{-3}$ м. Полученные результаты представлены на рис.1, из которых следует, что на нетканом материале сопротивление в 1000 Па достигается при достаточно высокой скорости - 0,1 м/с, в то время как у тканого материала уже при скорости 0,04 м/с. Если сравнить гидравлическое сопротивление при скорости, которая поддерживалась в динамических исследованиях (0,03 м/с), то у нетканого материала оно в 2,5 раза ниже, чем у тканого. Это позволяет сделать заключение о перспективности использования нетканых материалов в сорбционных установках. Однако в настоящее время выпуск их на Светлогорском ПО "Химволокно" еще не налажен и нами для дальнейших исследований был выбран бусофит-Т.

Была создана лабораторная опытная установка, состоящая из адсорбера, в котором адсорбент размещался в виде цилиндрических фильтрующих элементов длиной 1 м и диаметром 0,04 м и устройства для регенерации водяным паром. При адсорбции скорость газовой

смеси в каждом элементе составляла 0,03 м/с, концентрация этилацетата поддерживалась в пределах 250 - 350 мг/м³, общий вес сорбента 9 кг.

Исследования проводились следующим образом. Воздушная смесь с этилацетатом поступала в адсорбер, где растворитель поглощался, а очищенный воздух выбрасывался в атмосферу. Процесс сорбции вели до тех пор пока концентрация этилацетата на выходе не достигала 10% от входной. После этого сорбент подвергался регенерации перегретым до температуры 110 - 120°C водяным паром в течение 40 - 180 мин. Десорбат поступал в конденсатор, где конденсировался и собирался в сборнике. По завершению десорбции растворителя поглотитель охлаждался до температуры окружающей среды и процесс сорбции повторялся.

Целью исследований было определение оптимального времени регенерации поглотителя. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Изменения динамической емкости сорбента от времени его регенерации при температуре 110-120°C

$\tau_{\text{рег}},$ мин	$C_{\text{вх}},$ мг/м ³	$C_{\text{вых}},$ мг/м ³	$d_{\text{дин}},$ % по массе	$\tau_{\text{сорб}},$ ч
40	294,3	30,7	7,2	12
70	319,8	32,6	8,3	12
90	303,0	33,5	8,9	14
120	281,2	29,4	9,2	16
180	293,5	30,4	9,25	16

Из таблицы 2 видно, что увеличение продолжительности регенерации приводит к возрастанию динамической емкости сорбента. Причем после 120 мин. регенерации повышение ее незначительно, и поэтому в качестве оптимального времени десорбции было принято указанное выше время. Проведение исследований при многоцикловой работе поглотителя показали, что его динамическая емкость остается стабильной.

Получаемый в процессе десорбции конденсат предполагается подвергать отгонки растворителя, а кубовый остаток использовать для получения пара на регенерацию сорбента.

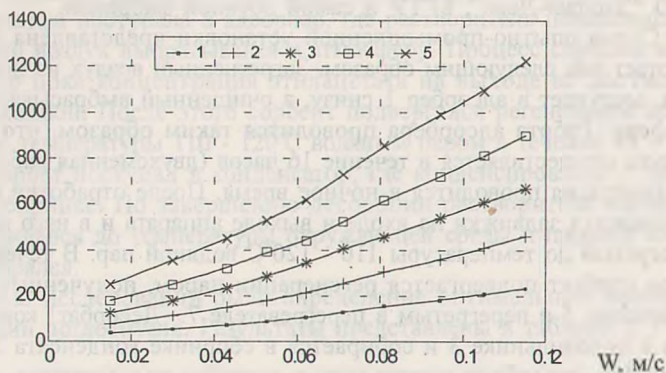
По результатам лабораторных исследований был выполнен проект

и изготовлен образец опытно-промышленной установки производительностью до 10000 м³/ч, которая смонтирована на предприятии "Гроднообувь". Изготовление и монтаж установки выполнялись силами НПО "Экофил-Деко", БГТУ и самой обувной фабрикой.

Схема опытно-промышленной установки представлена на рис.2. Работает она следующим образом. Загрязненный воздух из помещения цеха поступает в адсорбер 1 снизу, а очищенный выбрасывается в атмосферу. Работа адсорбера проводится таким образом, что очистка воздуха осуществляется в течение 16 часов (двухсменная работа цеха), а регенерация проводится в ночное время. После отработки сорбента закрываются задвижки на входе и выходе аппарата и в него поступает перегретый до температуры 110 - 120°C водяной пар. В течение 2 - 3 часов сорбент подвергается регенерации паром, полученным в кубе-испарителе 5 и перегретым в перегревателе 7. Десорбат конденсируется в холодильнике 3 и собирается в сборнике конденсата 2. По завершению десорбции подача пара в адсорбер прекращается, закрываются соответствующие вентили и аппарат опять готов к осуществлению процесса очистки. Сконденсированный десорбат сливается в куб-испаритель и проводится отгонка растворителей в насадочной ректификационной колонне 8, продукты отгонки собираются в сборнике 10. Смесь получаемых растворителей может быть использована для технологических нужд предприятия или сжигаться в котельной в качестве топлива, или подвергаться разгонке на отдельные компоненты.

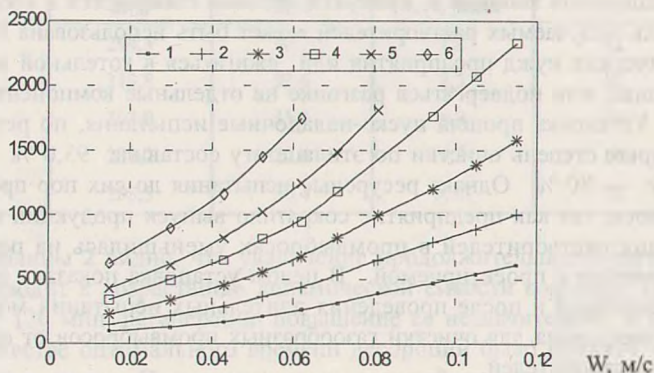
Установка прошла пуско-наладочные испытания, по результатам которых степень очистки по этилацетату составила 93,0 %, по бензину — 80 %. Однако ресурсные испытания до сих пор провести не удалось, так как предприятие сократило выпуск продукции и концентрация растворителей в промвыбросах уменьшилась на порядок по сравнению с проектируемой. В целом установка показала себя работоспособной и после проведения длительных испытаний может быть рекомендована для очистки газообразных промвыбросов от органических растворителей.

ΔP , Па



а)

ΔP , Па



б)

Рис. 1. Экспериментальная зависимость гидравлического сопротивления тканевого адсорбента от скорости воздуха при различной толщине его слоя: а) - нетканый адсорбент (толщина слоя: 1 - 1,5; 2 - 3,0; 3 - 4,5; 4 - 6,0; 5 - 7,5 мм); б) - тканый адсорбент Бусофит-Т (толщина слоя: 1 - 1,5; 2 - 2,5; 3 - 3,5; 4 - 4,5; 5 - 5,5; 6 - 7,5 мм).

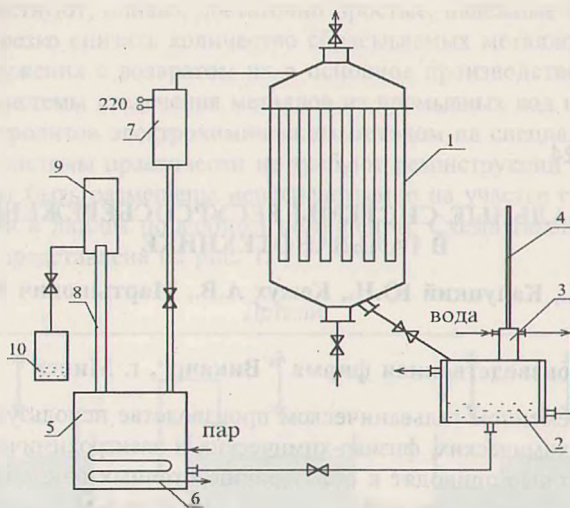


Рис. 2. Схема опытно-промышленной установки: 1 - адсорбер; 2 - сборник конденсата; 3 - холодильник; 4 - сдвуха; 5 - куб-испаритель; 6 - змеевик; 7 - пароперегреватель; 8 - ректификационная колонна; 9 - холодильник; 10 - сборник ректификата.