

Применение фотокаталитической очистки (ФКО) воздуха в вентиляции и кондиционировании

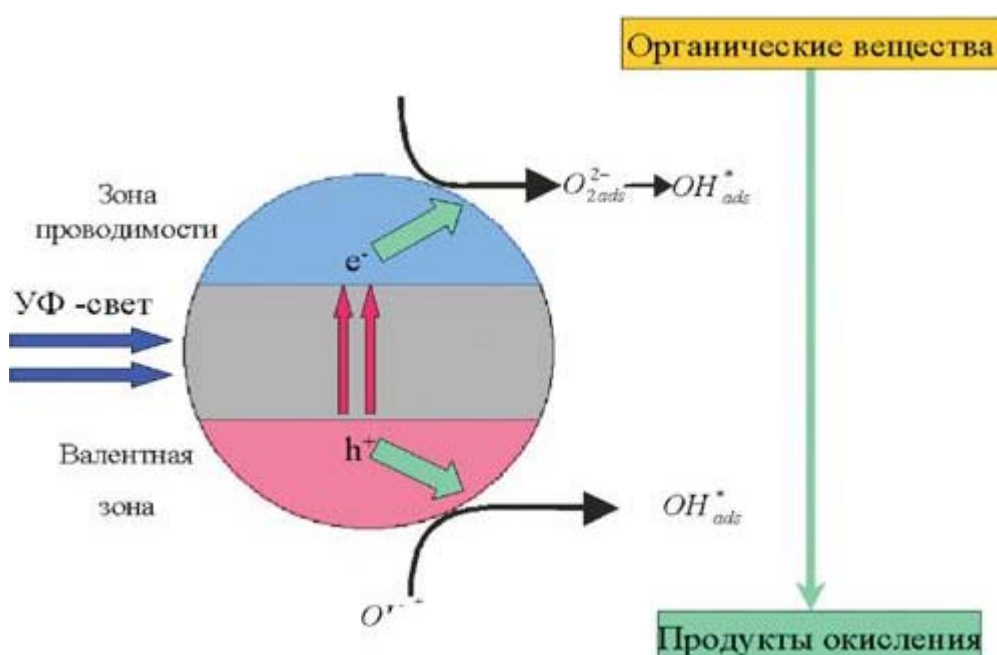
Чистота воздуха и пыль.

В современных системах вентиляции и кондиционирования (СВК) воздуха жилых и производственных помещений большое внимание уделяется очистке входящего и циркулирующего воздуха. Чаще всего для этого применяются фильтры классов EUR3 до EUR9 для улавливания пыли с размерами от 0,1 мкм (EUR9) и выше. Емкость этих фильтров по весу пыли в больших системах достигает десятков килограмм. Увеличение емкости фильтров преследует очевидную цель: увеличить, насколько это возможно, период между сменой этих фильтров.

С точки зрения физхимика пыль — это мелкодисперсные частицы, размерами от 0,1 мкм с очень развитой поверхностью, до 100 м² на 1 г пыли. На эту поверхность адсорбируются различные вредные вещества из воздуха. Но не только адсорбируются (прилетают), но и десорбируются (улетают). Другими словами, поверхность пыли находится с молекулярными газовыми загрязнителями в равновесии. Это равновесие, т.е. сколько вредных молекул сидит на поверхности пыли, а сколько свободно летает, зависит от природы поверхности и вещества — загрязнителя, а также от температуры.

Раньше и в городах, и в деревнях ее убирали влажными тряпками. Хозяйка каждый день убирает пыль, а вместе с ней вредные молекулы.

А если вместо хозяйки это делает пылевой фильтр большой емкости? Он собирает самую мелкую пыль на своей поверхности и хранит долго, несколько месяцев, до смены пылевого фильтра. Параметры, определяющие равновесие пыль — газовая фаза, не меняются, пыль из квартиры не выносится, а вот количество вредных молекул в воздухе этой квартиры возрастает, поскольку сам пылевой фильтр становится источником грязного воздуха.



Чистить воздух от пыли нужно. Поскольку частицы пыли при дыхании приносят содержащиеся на их поверхности молекулярные загрязнители в концентрированном виде. Нужно чистить и саму пыль, задержанную фильтрами, точнее не пыль, а поток воздуха, проходящий сквозь нее и несущий десорбированные с ее поверхности вредные вещества.

Фотокатализ и летучие загрязнители.

На современном этапе развития науки фотокатализ определяют как "изменение скорости или возбуждение химических реакций под действием света в присутствии веществ (фотокатализаторов), которые поглощают кванты света и участвуют в химических превращениях участников реакции, многократно вступая с ними в промежуточные взаимодействия и регенерируя свой химический состав после каждого цикла таких взаимодействий".

Фотокатализ играет важнейшую роль в живой природе. Так, процесс фотосинтеза, обеспечивающий жизнь на Земле, фотокаталитический. В процессах очистки воздуха от органических примесей в качестве фотокатализатора используется исключительно TiO_2 .

TiO_2 — полупроводниковое соединение. Согласно современным представлениям, в таких соединениях при поглощении кванта света с 390 нм свободные электроны и вакансии (дырки) разделяются и выходят на поверхность наночастиц катализатора.

Захваченные поверхностью электрон и дырка являются вполне конкретными химическими частицами. Например, электрон — это, вероятно, Ti^{3+} на поверхности, а дырка (электронная вакансия) локализуется на решетчатом поверхностном кислороде, образуя O- и OH- радикалы. Они чрезвычайно реакционноспособны и могут окислять любые органические соединения, а также CO, NOx, H₂S, NH₃.

Практическое применение.

Фотокаталитические системы очистки воздуха стали находить коммерческое применение с 1994 года сначала на специальных производствах — уничтожение следов нитроглицерина в цехах по производству взрывчатых веществ, штат Флорида, США, затем в пищевой индустрии — уничтожение этилена в хранилищах фруктов и овощей и, наконец, в офисных и бытовых помещениях. В России этот метод впервые реализован в серии приборов АЭРОЛАЙФ.

Причины достаточно быстрого внедрения ФКО в практику воздухоочистки следующие:

1. Высокая эффективность удаления молекулярных загрязнений;
2. Системы ФКО могут работать при комнатной температуре и ниже (до -18°C);
3. Системы ФКО наиболее пригодны для удаления небольших (единицы мг/м³) концентраций загрязнителей;
4. Не требуют для своей работы дополнительных химических реактивов;
5. Не выделяют во время работы окислов азота (NOx);
6. В них используется относительно недорогой, главное, абсолютно экологически безопасный катализатор (TiO_2 или Pt(Pd)/ TiO_2);
7. Системы допускают масштабирование и могут обрабатывать потоки воздуха от 20 м³/час до 10000 м³/час и выше.

Эффективность деструкции (К) различных химических загрязнений в системах ФКО представлена в Таблице 1

$K = [\text{кол. загрязнителя, мг}]/[\text{ед. времени, мин}] \cdot [\text{эл. мощ. ламп УФ-диапазона, Вт}]$.

Практически во всех ФКО используются газоразрядные лампы низкого давления с излучением в УФ-А диапазоне (320 нм – 400 нм). Этим обстоятельством, в основном, определяются габариты установки.

Для расчета параметров ФКО установки в приточно-рециркуляционной системе вентиляции необходимо знать:

- а) воздушный поток наружного воздуха (м³/час);
- б) концентрации загрязнителей на входе, чаще всего это СО, NO_x, формальдегид, фотохимический озон (мг/м³) (Свнеш);
- в) мощности источников загрязнений, находящихся внутри помещения (Свнутр).

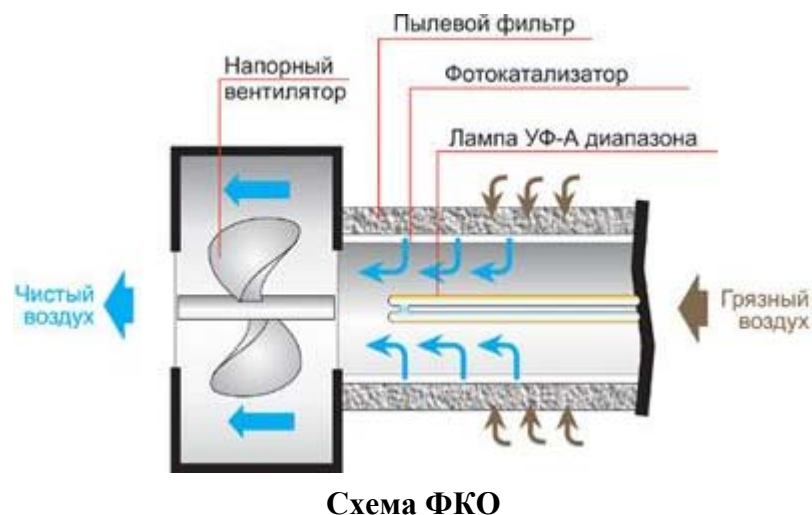
Первые два параметра обычно известны. Третий параметр требует тщательного измерения и зависит от назначения помещения (кухня, производство, офис с курящими) Приведем пример из жизни (см. пример).

Вещество	К, мг/мин•Вт при 20°C
1. Аммиак	0,6
2. Ацетон, формальдегид, метанол, этанол	0,25
3. Производные бензола	0,02
4. Окись углерода*	0,15
5. Окислы азота**	0,55
6. Озон	1,5
7. Пиридин, органические амины	0,65
8. Трихлорэтилен	0,8

Таблица 1. * угарный газ фотоокисляется только на катализаторе, содержащем Pt или Pd;

** дана скорость уничтожения NO_x в присутствии СО или С_nH_m

Приточно-вытяжная вентиляция все равно необходима, однако, жильцы верхних этажей запаха органики чувствовать не будут.



Этот пример показывает, что чистота воздуха в помещениях дело довольно энергозатратное. Но все-таки ФКО здесь оказывается дешевле других методов очистки воздуха от летучей органики.

В общем виде это утверждение иллюстрирует Таблица 2, составленная ведущим американским специалистом в области фотокатализа проф. Дж. Оллисом.

Технология	Капитальные затраты, \$	Затраты на эксплуатацию, \$/год
Адсорбция углем	64000–312000	132000–2250000
Сжигание	178000–432000	69000–156000
Фотокатализ	179000	30000

Таблица 2. Обработка выбросов воздуха после сушки химических продуктов

Скорость потока = 142 м³/мин, $t=27^{\circ}\text{C}$, влажность 60 %, содержание вредных веществ = 25 ppm (метанол, этанол), 50 ppm (дихлорметан).

Пример.

Салон красоты (наращивание и крашение ногтей) на первом этаже жилого дома.

Концентрация внутри салона

Суммарно альдегиды 50 мг/м³ мин Мощность ФКО установки для уничтожения

Ксилол, толуол 10 мг/м³ мин паров растворителей должна быть

Объем помещения 400 м³ Р = 4500 Вт, габариты 3,2 м³

Бактерицидное действие воздухоочистителей серии АЭРОЛАЙФ будет рассмотрено в дальнейших публикациях.

Першин А.Н., директор Информационно- Технологического института