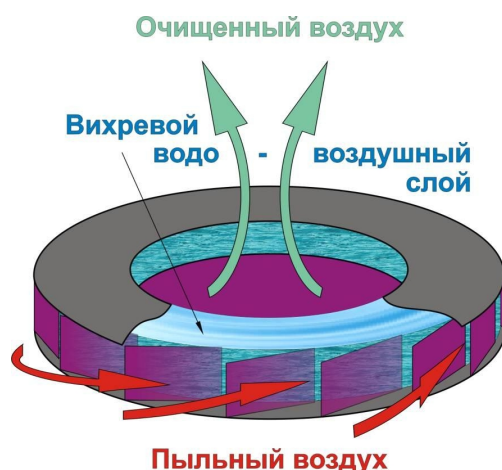


Особенности применения ЦБА или МВГ.

ООО Вортэкс специализируется на разработке и производстве аппаратов мокрой газоочистки, в том числе центробежно-барботажных аппаратов (ЦБА). Большой накопленный опыт работы с ЦБА, понимание сложностей, связанных с длительной эксплуатацией таких аппаратов, их преимуществ и недостатков, привели в конечном итоге к разработке аппарата нового типа – мультивихревого гидрофилтра (МВГ).

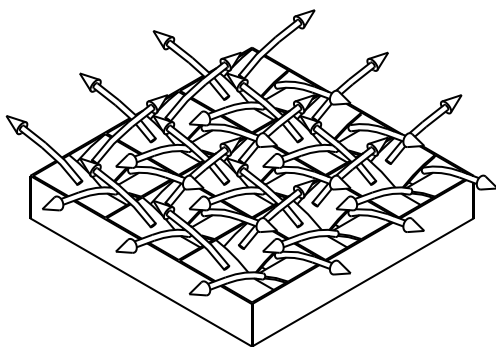
Первые разработки ЦБА появились в 80-х годах прошлого века в Институте теплофизики СО РАН, и представляли собой модели интенсивных аппаратов, обладающих высокой производительностью, высокой эффективностью и малыми геометрическими габаритами. Предполагалось, что в скором времени ЦБА заменят большинство мокрых скрубберов – скрубберы Вентури, пенные аппараты и др. Однако, на практике внедрение ЦБА столкнулось с рядом проблем, которые оказались достаточно серьезными, и многие предприятия, уже установившие батареи ЦБА, были вынуждены их полностью демонтировать. Так, например, предприятия энергетики Новосибирскэнерго, Иркутскэнерго, поначалу с энтузиазмом начавшие внедрять ЦБА для очистки дымовых газов угольных котельных, в результате были вынуждены полностью заменить их другими типами аппаратов. Основные причины неудовлетворительной работы ЦБА заключались в склонности к зарастанию отложениями, износу направляющих лопаток, нестабильной работе в групповом исполнении, высокой чувствительности к изменению входных характеристик газа и пр. Чтобы избавить ЦБА от этих недостатков специалисты ООО "Вортэкс" сделали множество доработок и усовершенствований, что позволило значительно увеличить эксплуатационную пригодность ЦБА и производить их под брендом "Вихревые гидрофилтры". Тем не менее, необходимо отметить, что даже усовершенствованный ЦБА имеет существенные ограничения и обладает преимуществами только для узкого ряда задач. Эти ограничения наложены самим принципом работы центробежно-барботажного аппарата.



Принцип действия ЦБА.

В основу работы ЦБА положен принцип удержания газо-жидкостного слоя центробежными силами, которые могут быть существенно больше гравитационных сил. Загрязненный поток газа проходит через неподвижный направляющий аппарат (расположенные по окружности лопатки), закручивается и вовлекает во вращательное движение жидкость, которая прижимается центробежными силами к внутренней стороне того же направляющего аппарата. В результате, вновь поступающий газ вынужден преодолевать сопротивление вращающейся жидкости, барботировать сквозь нее, тем самым происходит дробление жидкости на мельчайшие капли, - так формируется вращающийся газожидкостный слой, удерживаемый в камере центробежными силами. Этот слой, образующийся в поле центробежных сил, имеет высокоразвитую поверхность контакта фаз, и, соответственно, высокую эффективность их взаимодействия.

Принцип действия МВГ.



Газ проходит сквозь диспергирующую решетку особой конструкции снизу вверх, а орошающая жидкость свободным истечением подается на нее сверху. Струи газа, формируемые отверстиями решетки, имеют наклон в разные стороны, что приводит к взаимно перекрещенной структуре их течений. В процессе взаимного проникновения струй друг в друга скачкообразно растут относительные скорости между газовой средой и каплями жидкости в этих струях. В результате образуется сильно турбулентный дисперсный газожидкостный слой (пена), равномерно заполняющий все пространство над решеткой. При достижении некоторой высоты слоя вода начинает продавливаться вниз сквозь решетку.

Разработка МВГ является следствием работы над совершенствованием ЦБА, поскольку основными требованиями потребителей был аппарат, нетребовательный к качеству жидкости, к перепадам расхода газа, не имеющий сложностей в эксплуатации, износа, зарастания, каплеуноса и так далее, но при этом обеспечивающий требуемую эффективность очистки газов. Ниже подробно рассмотрены основные характеристики МВГ и ЦБА для наиболее рационального выбора типа аппарата для поставленной задачи.

1. Эффективность газоочистки.

ЦБА

Несомненно, ЦБА является наиболее эффективным аппаратом для аспирационных задач на мелких аэрозолях.

Для задач абсорбционных, несмотря на большую поверхность контакта фаз, часто не хватает времени контакта для эффективного поглощения газообразных загрязнителей и эффективность ЦБА не очень высока.

МВГ

Эффективность МВГ для аспирационных задач уступает ЦБА при улавливании частиц размером менее 1 мкм. Однако, в большинстве случаев доля таких частиц в общем спектре пылевого потока невелика, поэтому абсолютная разница эффективности невелика - 99,8% у ЦБА и 99,6% у МВГ.

2. Диапазон производительности по очищаемому газу.

ЦБА

Наиболее распространенным режимом работы ЦБА является такой, чтобы сопротивление направляющего аппарата (далее НА) с вращающимся газожидкостным слоем (далее Слой) составляло 1-1,5 кПа. Обычно это достигается при скоростях газа в щелях НА около 20 м/с, при этом угловая скорость слоя составляет примерно 5 м/с. В первом приближении между этими скоростями существует прямая зависимость, и при

этом практически нет зависимости от диаметра НА. Центробежное ускорение, удерживающее слой: $a_{\text{центр}} = V^2/R$ для НА диаметром ~ 250 мм составляет ~ 100 м/с² ($\sim 10g$). Реализуемые слои обычно имеют толщину ~ 40 мм. При расчетах НА надо учитывать, что они работают в поле тяжести Земли, что приводит к поправке конфигурации внутренней границы слоя из цилиндра в раскрывающийся вверх конус с углом раскрытия около 6° ($\text{tg}(6^\circ) \sim 1/10$). Таким образом, при высоте цилиндрического НА 400 мм толщина слоя в его верхней части уменьшается настолько, что фактически переходит в режим пленки с низкой эффективностью контакта. Этот эффект можно компенсировать, изначально придавая конусность НА, но при изменении расхода воздуха как в меньшую, так и в большую сторону от расчетной, изменяется скорость слоя и, соответственно, угол конусности слоя, что приводит к неоднородной толщине слоя по высоте НА. Такой подход, безусловно, снижает эффективность ЦБА при отклонениях от расчетного режима работы, причем, чем больше производительность ЦБА, тем сильнее выражен этот эффект.

МВГ

Диспергирующая решетка рассчитана на максимальную производительность, ограниченную значительным выносом воды в виде капель восходящим потоком воздуха. При пониженных расходах очищаемого воздуха можно увеличить подачу орошающей жидкости, тем самым поддерживая "кипящий" газожидкостный слой и, соответственно, требуемую эффективность очистки воздуха. Таким образом, полноценную очистку можно осуществлять даже при 50% понижении расхода воздуха от номинального. Это свойство не зависит от размеров МВГ и, соответственно, от его максимальной производительности.

3. Диапазон подачи орошающей жидкости.

Иногда для решения химических (абсорбционных) задач необходимо подавать большое количество орошающей жидкости. ЦБА и МВГ ведут себя по-разному при увеличении подачи воды.

ЦБА

Поскольку раскрутка воды в НА происходит энергией воздуха, то при значительном увеличении подачи воды ее скорость вращения, а также центробежные силы, удерживающие слой, уменьшаются, слой "опадает", и эффективность очистки значительно снижается.

МВГ

В МВГ можно подавать увеличенный расход воды при пониженном расходе воздуха. Увеличенное количество воды, проваливаясь сквозь решетку, уменьшает эффективное сечение ее щелей, тем самым скорость воздуха поддерживается на достаточном уровне для нормального формирования слоя и эффективной его очистки.

4. Равномерность работы.



ЦБА

Практически всегда при работе ЦБА в слое возникает неустойчивость в виде периодически нарастающей волны высотой, соизмеримой с толщиной слоя, с дальнейшим ее разрушением. Внешне это проявляется механическим "раскачиванием" ЦБА и пульсацией его сопротивления. Вследствие этого, в системах, где необходимо поддерживать разрежение с точностью до десятков паскалей, применение ЦБА весьма проблематично.

МВГ

При работе МВГ разнонаправленность струй исключает образование каких-либо волновых процессов в газожидкостном слое и, соответственно, пульсации его сопротивления практически отсутствуют.

5. Особенности подачи воды.

ЦБА

При работе ЦБА слой очень интенсивно омывает внутреннюю поверхность НА, при этом внешняя сторона, требует принудительного распределенного орошения для исключения нарастания отложений. Таким образом, необходима подача воды под давлением через сопла/форсунки. Система регулировки и контроля подачи воды выполняется в достаточно сложном виде.

МВГ

Орошение надрешеточного пространства в МВГ производится газожидкостным слоем. Орошение подрешеточного пространства производится водой, проваливающейся сквозь щели диспергирующей решетки. Подача воды на диспергирующую решетку происходит без давления, свободным изливанием из желоба. Это позволяет использовать чрезвычайно простые и надежные способы регулировки и контроля подачи воды, основанные на перетекании разорванной струи.

6. Ресурс работы.

ЦБА

Внутренняя сторона лопаток НА испытывает значительное воздействие от вращающегося газожидкостного слоя, и при наличии в очищаемом газе и/или в орошающей жидкости абразивных примесей происходит интенсивное истирание лопаток НА. Так, при очистке дымовых газов от угольных котлов ТЭЦ, лопатки, выполненные из нержавеющей стали 12Х18Н10Т толщиной 10 мм, истирались до дыр за три месяца.

МВГ

Основное взаимодействие газа и жидкости происходит при взаимном проникновении струй друг в друга, которое происходит над диспергирующей решеткой. Таким образом, на нее не оказывается абразивное воздействие. За 5 лет эксплуатации МВГ на различных задачах по аспирации переработки угля и железных руд еще ни одна решетка не вышла из строя по причине износа, при этом режим работы у них практически круглосуточный.

7. Масштабируемость производительности.

Часто бывают ситуации, когда заказчику необходимо предсказать эффективность газоочистки от каких либо примесей разнообразными орошающими жидкостями на различных технологических задачах.

ЦБА

Данные, полученные при испытаниях ЦБА малых размеров, не могут достоверно переноситься на ЦБА больших размеров. ЦБА различной конфигурации имеют различные свойства, что затрудняет прогнозирование их эффективностях и эксплуатационной применимости на новых объектах.

МВГ

На сегодня не обнаружено различий в свойствах МВГ при их производительности от 1 000 м³/ч до 100 000 м³/ч, вероятно, их нет и при еще больших размерах МВГ. Это обозначает что при внедрении МВГ на новом объекте можно использовать опыт применения МВГ другой производительности на подобной задаче, и при этом будут получены сходные результаты. На основании этого свойства неоднократно проводились предварительные испытания малоразмерного (недорогого) МВГ непосредственно на объектах заказчиков, и на основании полученных результатов внедрялось полноразмерное оборудования с минимальными издержками по настройке технологических процессов.

Итак, что же выбрать?

На основании имеющегося опыта производства и внедрения ЦБА и МВГ рекомендуем обратить внимание на следующие ограничения применимости аппаратов.

ЦБА не рекомендуется к применению в следующих случаях:

- расход более 10 000 м³/ч (чем меньше, тем лучше);
- возможно отклонение подачи воздуха на 15% от расчетного;
- нет возможности настроить подачу орошающей воды с заданным давлением в диапазоне 70-150% от расчетного расхода;
- есть жесткие требования к поддержанию разрежения газа на входе к ЦБА;
- в очищаемом газе и/или орошающей воде присутствуют абразивные примеси;
- на данных задачах нет опыта использования конкретной модели ЦБА.

МВГ не рекомендуется к применению в следующих случаях:

- требуется улавливание монодисперсного аэрозоля размером менее 1 мкм;

- недостаточно места для размещения гидрофилтра малой производительности (расход газов составляет менее 3000 м³/ч);
- требуется гидрофилтр, конструктивно исключающий формирования слоя жидкости толщиной более 100 мм (например, для очистки от радиоактивных примесей).

Данный обзор не охватывает всего спектра аппаратов мокрой газоочистки, и предназначен только для сравнения основных параметров и свойств выпускаемого нами оборудования – ЦБА и МВГ.

Перед тем, как окончательно сделать выбор, настоятельно рекомендуем выяснить, какой был опыт внедрения оборудования, узнать особенности его применения и обслуживания на задаче, аналогичной вашей. Наши специалисты, обладающие многолетним опытом в этой тематике, всегда постараются вам помочь для достижения поставленной цели наиболее рациональным решением.