



Обзор технологий очистки выбросов летучих органических
компонентов



**СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ
ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ**

СОДЕРЖАНИЕ

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО	2
1. АНАЛИЗ МИРОВОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В ОБЛАСТИ ВЫБРОСОВ ЛОК	3
2. СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ	4
2.1 Регенеративное термическое окисление	5
2.2 Термокатализ	7
2.3 Биологическая очистка	8
2.4 Плазмокатализ	9
2.5 Прочие технологии	10



Александр Макаров,
генеральный директор
компании «ЭКАТ»

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

Наша цель - соответствовать мировым экологическим стандартам путём разработки, внедрения и реализации продуктов и технологий, основанных на уникальной интеллектуальной собственности компании.

Миссия нашей компании – сделать современные технологии, находящиеся на службе экологической безопасности, доступными для максимального количества предприятий во всём мире.

С каждым годом мы становимся все более взыскательными в стремлении жить на уровне международных экологических стандартов. Мероприятия по очистке воздуха и оздоровлению окружающей среды стали неотъемлемым атрибутом успешной деятельности предприятия.

Наша компания одной из первых в России начала способствовать переходу на качественно новый уровень в области очистки воздуха и обезвреживания газовых выбросов. И это не последняя ступень компании «ЭКАТ» в поисках новых точек роста. Мы регулярно изучаем спрос и предложение как в России, так и за рубежом и стараемся мобильно реагировать на «пульс» рынка.

Эксперты компании «ЭКАТ» подготовили свой обзор технологий очистки выбросов летучих органических компонентов. Мы надеемся, что представленное нами обобщение опыта в области снижения эмиссии вредных выбросов будет полезным для специалистов различных отраслей промышленности.

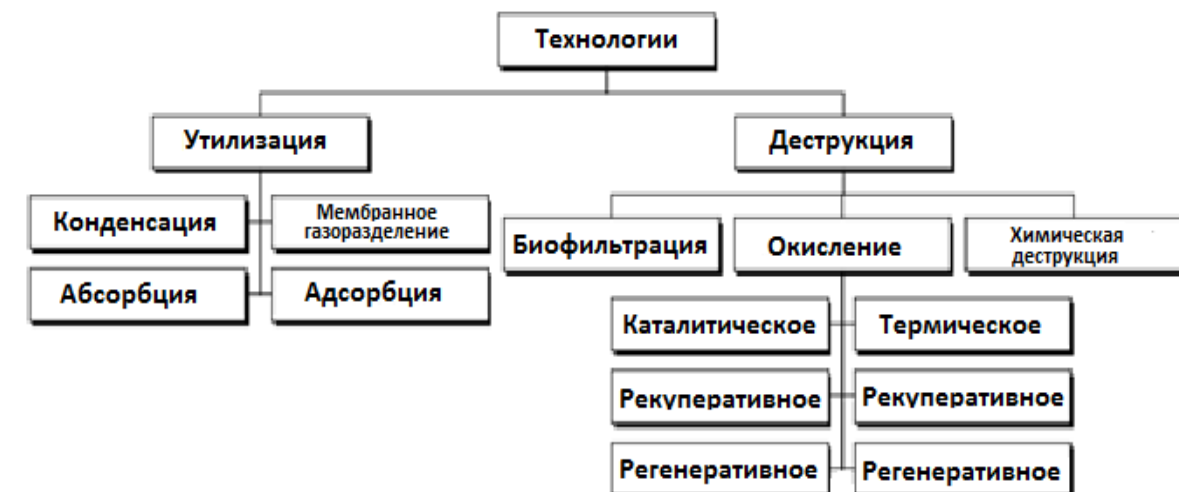
1. АНАЛИЗ МИРОВОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В ОБЛАСТИ ВЫБРОСОВ ЛОК

Европа	ЕС	В плане защиты окружающей среды европейское законодательство придерживается строгих мер, однако, дальнейшее их ужесточение на данный момент не ожидается. Новые государства-члены Европейского Союза также обязаны привести своё производство в соответствие с экологическими директивами ЕС. Законодательство Европы предписывает подключать в производственный процесс установки для очистки отработанного воздуха. Так, например, директива 1999/13/ЕС по ограничению выбросов ЛОК (летучих органических компонентов) в окружающую среду, применяемая в полном объёме с 2007 г, налагает запрет на установки с выбросами ЛОК, превышающими установленные пределы (тонн/год) с 10/2007. Директива по ЛОК применяется уже на территории всего ЕС.
Америка	США	В США наряду с системой налогообложения атмосферных загрязнений существует система выдачи разрешений (квот) на допустимые эмиссии, за превышение которых компании подвергаются крупным штрафам, пропорциональным избыточному выбросу.
	Канада	В крупных компаниях внедряется Кодекс экологического поведения. Для внедрения новых природоохранных технологий частными компаниями Канады совместно с правительствами различной юрисдикции созданы специальные экологические центры передовой технологии.
Азия	Япония	Государство регламентирует выбросы ЛОК свыше 700 ppm.
	Китай	Законодательство регулирует выбросы ЛОК только в Гонконге.

2. СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

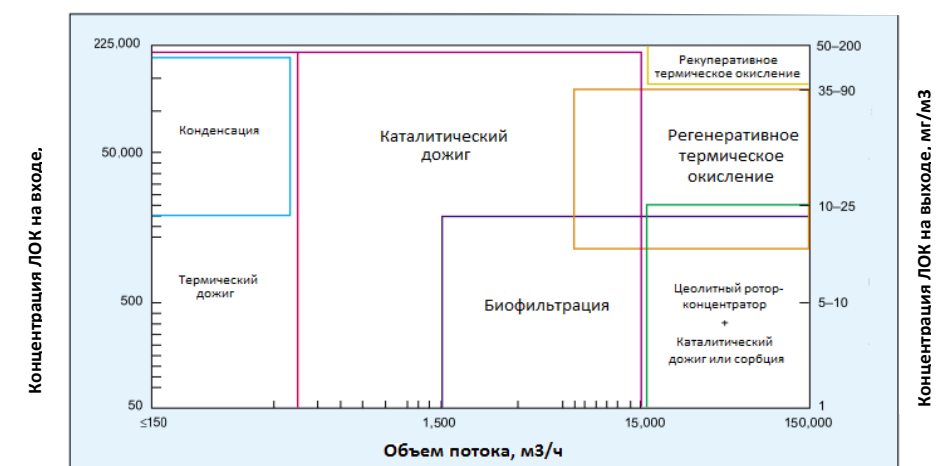
На сегодняшний день в мировой практике применяются различные технологии для удаления летучих органических компонентов (ЛОК) из газового потока (рис.1)

Рис.1 Технологии удаления ЛОК



Целесообразность применения того или иного решения определяется несколькими параметрами. Основные из них – объем выброса, концентрации загрязняющих веществ на входе и требуемая эффективность очистки. На рис.2 представлены рекомендуемые диапазоны применения различных технологий.

Рис.2 Диапазоны применения технологий



2.1. РЕГЕНЕРАТИВНОЕ ТЕРМИЧЕСКОЕ ОКИЛЕНИЕ РТО



В настоящее время РТО является наиболее широко применяемым методом окисления ЛОК.

В широком смысле, термическое окисление (термическое сжигание) представляет собой процесс окисления загрязняющих веществ путем повышения их температуры выше точки самовоспламенения в присутствии кислорода и поддержания высокой температуры газа в течение времени, достаточного для полного сгорания вредных выбросов до CO_2 и воды. Время, температура и количество кислорода влияет на скорость и эффективность процесса сгорания.

По соображениям безопасности, максимальная концентрация загрязняющих веществ в отходящих газах, должны быть существенно ниже нижнего предела взрываемости (не менее 25%). РТО состоит из нескольких вертикальных башен (как правило, трех) с одной камерой сгорания, в которой расположены газовые горелки. Внутри каждой башни уложены керамические сотовые, задача которых сохранить температуру и, как следствие, оптимизировать энергетические затраты для процесса окисления. При помощи системы клапанов, расположенной в нижней части оборудования, поток газа поступает поочередно в каждую башню и через керамический слой идет до камеры сгорания (верхняя часть установки). Камера сгорания работает при температурах 750°C - 850°C , достаточной для полного окисления ЛОК и до CO_2 воды.

Рис.3 Укладка керамических сотовых блоков внутри вертикальной башни



Рис.4 Внешний вид клапана (без изоляции)



После окисления очищенный газ проходит керамический слой и через клапаны выхода выбрасывается в атмосферу. Вход и выход загрязненного и чистого воздуха через керамический слой способствует температурному равновесию внутри оборудования, нагревает керамический слой и уменьшает потребления газа (рис.6).

Рис. 5 Принципиальная схема очистки воздуха на примере РТО с двумя башнями

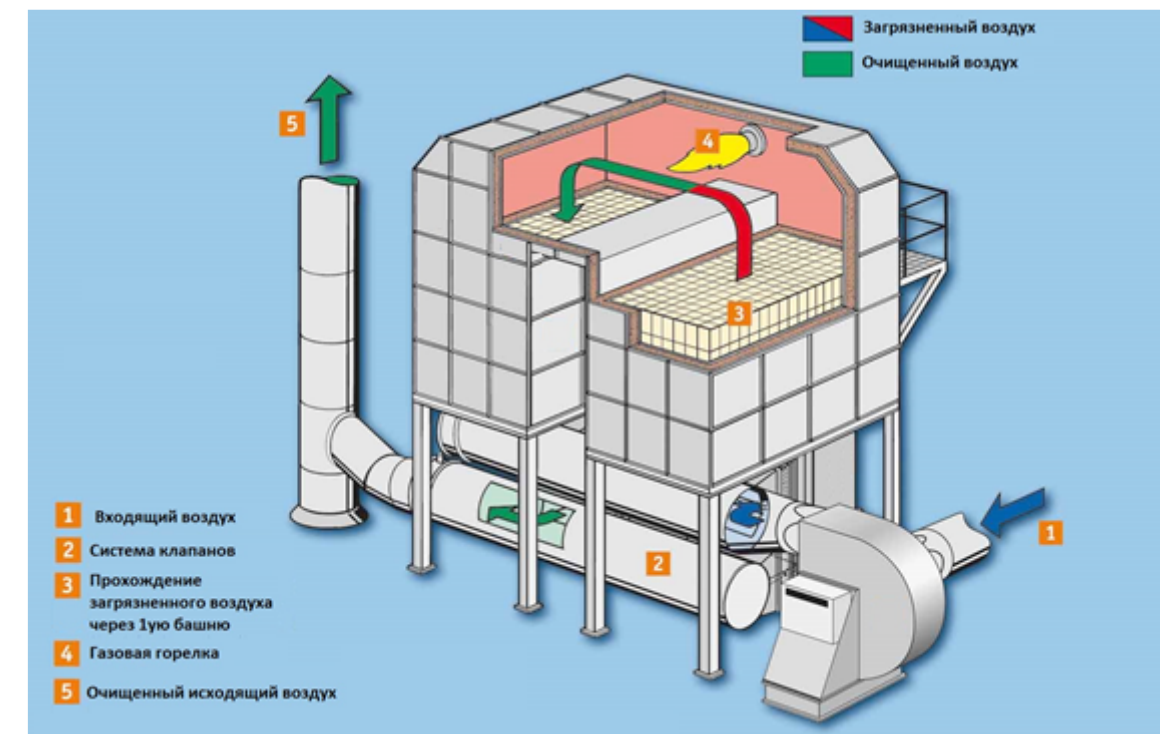


Табл.1 Плюсы и минусы РТО

Плюсы технологии	Минусы технологии
Средняя степень очистки составляет от 95% до 99,9%	Высокие капитальные затраты
Низкие эксплуатационные затраты (практически нет сменных элементов, замена керамических носителей не чаще, чем через 5-6 лет)	Не подходит для выбросов с высоким значением нижнего предела взрываемости
Может использоваться при высоких температурах входящего выброса и при больших объемах выброса ($100\,000\text{ м}^3/\text{час}$ и выше)	Способен очищать только ЛОК
Устойчивость к пыли и катализаторным ядам	При наличии определенных веществ в выбросе может генерировать NO_x
Устойчивость к изменению параметров выброса (объем, концентрация)	

2.2. ТЕРМОКАТАЛИЗ РКО

Термокаталитические установки работают по аналогии с термическими системами очистки. Основное отличие заключается в том, что газ после нагрева проходит через слой катализатора. Катализатор служит для увеличения скорости реакции окисления, благодаря чему очистка выброса происходит при более низкой температуре. Газовый выброс, нагревают с помощью ТЭНов или газовых горелок до температур 320°C - 430°C (600-800°F). Для большинства установок такого типа максимальная температура выброса не должна превышать 540°C-675°C (1 000-1 250°F). Катализаторы, используемые для очистки загрязняющих веществ, изготавливаются на основе оксидов металлов или драгоценных металлов (платина и палладий). Как правило, платино-палладиевые катализаторы имеют более продолжительный срок службы и более устойчивы к отравлению «каталитическими ядами» (сера, кремний, фосфор, мышьяк или тяжелые металлы). Сложно-окисные катализаторы, в свою очередь, дешевле.

Платино-палладиевые катализаторы имеют более продолжительный срок службы и более устойчивы к отравлению «каталитическими ядами»

При каталитическом окислении газовый выброс направляется в камеру (модуль) нагрева. Как правило, перед этим выброс проходит через рекуперативный теплообменник, для предварительного нагрева с помощью тепла очищенного газа. Нагретый газ проходит через слой катализатора, где происходит процесс очистки.

Со временем твердые частицы (пыль, сажа), находящиеся в выбросе, могут разрушить активный слой катализатора, поэтому, в определенных случаях, необходима предварительная фильтрация газового потока. Общих руководящих принципов в отношении концентрации и размера твердых частиц, которые могут быть опасны для катализатора, не существует, так как ассортимент катализаторов на сегодняшний день очень велик и все зависит от гарантий конкретного производителя.

Тем не менее, выбор каталитической системы очистки должен быть тщательно продуман, так как чувствительность катализатора к «ядам» и объем входящего выброса ограничивает их применимость для многих промышленных процессов.

Табл.2 Плюсы и минусы РКО

Плюсы технологии	Минусы технологии
Обезвреживание широкого спектра выбросов при различных концентрациях	Предельный объем очищаемых газов для одной установки – 50 000 м³/час (рекомендуется не больше 25 000 м³/час). В случае больших объемов необходимо использование нескольких установок
Высокая степень адаптации к быстроизменяющимся параметрам выбросов и быстрый выход на режим	Потребность в замене катализатора (раз в 3 года)

Плюсы технологии	Минусы технологии
Коррозионная стойкость	Стоимость расходных материалов
Возможность использования вторичного тепла	Чувствительность к пыли и каталитическим ядам
Степень обезвреживания может быть приближена к 100%	Для некоторых типов катализатора возможно образование вторичных выбросов (альдегиды)
Взрывопожаробезопасность можно обеспечить конструкцией	
Возможность работы без потребления энергии при высоких концентрациях ЛОК в очищаемых газах (более 3 000 мг/м³)	

2.3. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА

Технология биологической очистки воздуха представляет собой процесс биологического окисления водорастворимых загрязнителей воздуха, разлагающихся на микробиологическом уровне. Загрязненный воздух проходит через матрицу, заселенную микроорганизмами, которые поглощают опасные загрязнения и окисляют их через метаболические процессы.

Интеллектуальная система распыления воды увлажняет микроорганизмы и снабжает их питательными веществами и минеральными компонентами.

Стабильные благоприятные условия разложения вредных веществ гарантируют высокую степень очистки. По сравнению с другими системами, капитальные затраты и, что важно, эксплуатационные расходы остаются очень низкими.

Соединения с низкой молекулярной массой, которые растворимы в воде и содержат атомы кислорода, хорошо подходят для биологической очистки. Альдегиды, кетоны, спирты, простые эфиры, сложные эфиры и органические кислоты быстро разлагаются с помощью микроорганизмов, но галогенные и полиароматические углеводороды не поддаются такой очистке.

Очистка выброса от серо-, азот- или галогенсодержащих соединений приводит к образованию кислот, которые снижают pH водного слоя в системе очистки. Для контроля этого показателя в состав матрицы добавляют щелочные соединения (известь). Однако, после определенного периода времени в матрице накапливаются критическое количество соли, мешающее свободному прохождению выброса через нее. Срок службы матрицы составляет от двух до пяти лет. В некоторых случаях, промывка матрицы может продлить срок ее службы.

Табл.3 Плюсы и минусы РКО

Плюсы технологии	Минусы технологии
Низкая, по сравнению с другими методами, стоимость установки	Резкое падение эффективности при изменении температур и концентрации газового потока
Практическое отсутствие опасных побочных продуктов (кроме избыточной биомассы)	Длительный выход на режим очистки (2-4 недели) и высокая инерция к изменениям газового потока (несколько дней)
Степень обезвреживания по некоторым компонентам может достигать 80-95%	Необходимость непрерывной работы вне зависимости от наличия или отсутствия выбросов
Возможность очистки воздуха до 60 000 м³/час	Очень большие габариты
Установка эффективна для низкоконцентрированных выбросов	Для высокой эффективности очистки необходим строгий контроль температуры газа, содержания питательных элементов, pH и гН раствора
Возможность очистки выбросов при комнатных температурах	При высоких температурах газа необходимо либо разбавление воздухом, либо охлаждение водой
Небольшое, по сравнению с другими методами, энергопотребление	Суммарная концентрация ЛОК в очищаемых газах должна находиться в пределах от 400 до 2000 мг/м³, при высоких концентрациях возможен неконтролируемый рост биомассы
Взрывопожаробезопасность и коррозионная стойкость	Потребность в замене биофильтра

2.4. ПЛАЗМОКАТАЛИЗ

Принцип действия плазмокаталитической установки основан на комбинированном воздействии озона, атмосферного кислорода и катализатора (или сорбента) на молекулы газообразных загрязнений. Вследствие воздействия этого и других физико-химических факторов происходит разрушение молекул запахов и их окисление. Озон частично разлагает молекулы загрязняющих веществ, после чего недоокисленные вещества попадают на катализатор (или сорбент).

В случае использования сорбента, загрязняющие вещества поглощаются им. После насыщения сорбент утилизируется и заменяется на новый. Частота замены сорбента зависит от его количества в установке. Увеличение размера сорбционного модуля приведет к росту капитальных затрат.

В случае использования катализатора, происходит химическая реакция окисления загрязняющих веществ. Как правило, катализаторы начинают эффективно работать при температурах газо-воздушной смеси (ГВС) от 120°C. Таким образом, для того, чтобы каталитическая реакция началась, ГВС придется дополнительно нагревать, т.к. температура ГВС в предыдущем блоке с плазмохимическим реактором не должна превышать 70°C (взрывоопасно).

Табл.4 Плюсы и минусы плазмокатализа

Плюсы технологии	Минусы технологии
Возможность очистки больших объемов (до 250 000 м³/час)	Эффективно работает в диапазоне температур от 10 до 500°C, температуры превышающие 700°C, недопустимы (в случае высоких температур, необходимо разбавление воздухом, что приведет к увеличению размеров установки и росту капитальных затрат)
Небольшое (по сравнению с др.методами) энергопотребление	Потребность замены катализатора и газоразрядных ячеек
Возможность очистки выбросов при комнатных температурах	При запыленности очищаемых выбросов более 5 мг/м³ необходима установка предочистки от пыли
Эффективная очистка от запахов (пищевая промышленность)	Суммарная концентрация ЛОК в очищаемых газах не должна превышать 10 000 мг/м³
	Образование вторичных выбросов (особенно, NOx) и взрывоопасность при высоких концентрациях выброса
	Высокая влажность более 75% ГВС, поступающей на систему очистки, приведет к выходу ее из строя, как следствие, к необходимости частой замены газоразрядных ячеек

2.5 ПРОЧИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Конструкция сорбционной установки зависит от химических характеристик загрязняющих веществ, физических свойств входного потока (температура, давление и объем) и физических свойств используемого сорбента. При определенных условиях эта технология является наиболее эффективной в использовании.

В некоторых случаях загрязненный газ перед входом в сорбционную установку должен быть очищен от сажи, капель смолы и крупных частиц. Также газ должен быть до определенных температур для избегания процесса десорбции (выделения поглощенного сорбентом ве-

щества обратно в атмосферу). После насыщения сорбента эффективность очистки снижается, поэтому он должен быть заменен или регенерирован.

Производители таких систем часто используют активированный уголь, цеолиты и полимерные сорбенты. Активированный уголь, который не является полностью гидрофобным, не может быть использован в условиях высокой влажности. Полимеры и гидрофобный цеолит, как правило, гораздо менее чувствительны к влажности, высоким температурам или физическому воздействию. Таким образом, их приходится менять реже активированного угля. Тем не менее, активированный уголь имеет более низкую стоимость.

При правильной эксплуатации и грамотно разработанной системе очистки можно достигнуть 95%-ной эффективности очистки.

Сорбция успешно зарекомендовала себя в применении для залповых (аварийных) выбросов. Системам очистки такого типа не требуется время для выхода на режим, они могут поглощать выброс сразу при его поступлении. Несмотря на то, что сорбция может применяться в больших диапазонах концентраций, применение ее при постоянном режиме работы при высоких концентрациях ЛОК не является рациональным в связи с большим расходом сорбента. Есть определенный круг задач, при которых специалисты не рекомендуют применять сорбционные системы очистки. Во-первых, высокие концентрации ЛОК и других загрязнителей могут привести к чрезмерному повышению температуры выброса во время процесса очистки. Таким образом, входные концентрации загрязняющих веществ должны составлять менее 25% от нижнего предела взрываемости (НПВ). Для решения этой проблемы входящий поток может быть разбавлен воздухом или инертными газами. Во-вторых, не все соединения хорошо поглощаются сорбентом, в некоторых случаях приходится предусматривать доочистку с помощью других систем. В-третьих, при правильной эксплуатации сорбционная система может быть очень эффективна при работе газовым выбросом с однородными загрязняющими веществами. Если в газовом потоке содержатся вещества с разной молекулярной массой, эффективность системы заметно снижается. Наконец, уровень влажности газового потока свыше 50% может повлиять на работу сорбционной системы. Относительная влажность может быть снижена разбавлением потока сухим воздухом или нагревом газа с помощью теплообменника.

Сорбционная система может быть очень эффективна при работе газовым выбросом с однородными загрязняющими веществами.

Концентрирование выброса

Концентрирование выбросов применяется для больших объемов потока с низким содержанием загрязняющих веществ. Наибольшее распространение получили ротор-концентраторы (рис.6).

В этой системе один сектор используется для сорбции, а другой сектор регенерируется (десорбируется) горячим газом. Благодаря вращению каждая секция ротор-концентратора сначала адсорбирует ЛОК из отходящего газа, а затем регенерируется.

В качестве сорбента используется цеолит, смесь цеолита и активированного угля или смесь цеолита и полимерных сорбентов. Самым известным производителем цеолитов и систем такого типа является компания Munters (США)

С помощью такого решения можно значительно повысить концентрацию загрязняющих веществ в выбросе и отправить гораздо меньший по объему выброс в систему очистки (РТО, катализ, сорбция), что значительно сократит стоимость конечного решения.

Рис.6 Внешний вид ротор-концентратора





Производим чистый воздух

 Пермь, Профессора Дедюкина, 27

 info@ekokataliz.ru

 +7 (342) 255-44-39

 www.ekokataliz.ru