

РАЗДЕЛ 6.

ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ПРОИЗВОДСТВ

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ
МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

При разработке мероприятий по снижению загрязнения воздушной среды промышленными выбросами необходимо учитывать:

- взаимодействие выбросов (технологических и вентиляционных, организованных и неорганизованных и др.);
- фон загрязнения, создаваемый соседними предприятиями;
- природно-климатические и атмосферные условия;
- рельеф местности;
- условия проветривания, связанные с планировкой и застройкой площадки;
- перспективу развития предприятия или промышленного узла.

При проектировании и эксплуатации предприятий нужно обеспечивать соблюдение нормативов качества атмосферного воздуха. Для этого должны предусматриваться мало- или безотходные технологические процессы, улавливание, обезвреживание, обеззараживание, дезодорация, утилизация.

Запрещается выброс в атмосферный воздух вредных веществ, на которые не установлены ПДК или ОБУВ.

Нельзя размещать и вводить в эксплуатацию объекты, являющиеся источниками загрязнения атмосферы, на территориях с уровнем загрязнения, превышающим установленные нормативы.

Прежде чем выбрать оборудование для очистки промышленных выбросов, необходимо осуществить все возможные организационно-технические мероприятия для снижения валовых выбросов вредных веществ в атмосферу:

1. **Совершенствование** технологических процессов и оборудования;
2. **Замена** источников энергии;
3. **Комплексное** использование сырья и продуктов;
4. **Многократное** использование энергии в процессах производства;
5. Организация **непрерывных** технологических процессов;

6. Повышение **коэффициента** полезного **использования** топлива и тепла;
7. Более полное использование **вторичных** энергоресурсов;
8. **Облагораживание** топлива (например, снижение содержания в нем серы, азота и механических примесей, добавление присадок, улучшающих условия горения и экономию расхода топлива);
9. Использование экологически **чистого** топлива;

10. **Организация процесса** сжигания топлива с минимальным образованием продуктов, загрязняющих атмосферу (рециркуляция газов в зону горения или в дутьевой воздух, двухстадийное сжигание, добавление «связующих»);
11. Слежение за **герметичностью** оборудования, его правильной эксплуатацией;
12. Соблюдение технологического **режима** работы (например, контроль качества процесса горения);
13. Своевременное **удаление** нефтепродуктов с зеркала прудов-накопителей и нефтеловушек;

14. Создание **резервных** емкостей для сбора факельного газа с последующей его переработкой или сжиганием в котлах ТЭЦ и технологических печах;
15. Замыкание газоздушных потоков в **циклы**, что позволит не только решить экологические проблемы, но и снизить расход тепловой и электрической энергии, утилизировать ценные компоненты, сократить потери товарной продукции;
16. **Замена** сухих способов переработки пылящих материалов новыми (мокрый помол);

17. Замена пламенного нагрева электрическим;

18. Доставка сырья любым видом транспорта способами, исключающими загрязнение почвы и воздуха территории завода вредными веществами. Для транспортировки жидких и сжиженных токсических веществ и газов в больших количествах следует использовать специальные железнодорожные и автомобильные цистерны. Перевозка в баллонах и бутылках должна быть ограничена.

Если окажется, что совершенствование технологических процессов и оборудования не может обеспечить необходимое качество отходящих газов, то в этом случае следует использовать установки очистки газов.

Установки очистки газа - это комплекс сооружений, оборудования и аппаратуры, предназначенный для отделения от выбросного газа или превращения в безвредное состояние веществ, загрязняющих атмосферу.

Различают промышленную и санитарную очистку выбросных газов.

Промышленная очистка - это очистка газа с целью последующей утилизации или возврата в производство отделённого от газа или превращённого в безвредное состояние продукта.

Санитарная очистка - это очистка газа от остаточного содержания в нём загрязняющего вещества, при которой обеспечивается соблюдение установленных ПДК вещества в воздухе населенных мест или производственных помещений.

Выбор метода очистки отходящих газов зависит от конкретных условий производства и определяется рядом основных факторов:

- объёмом и температурой отходящих газов;
- физико-химическими свойствами примесей;
- концентрацией и составом примесей;
- необходимостью рекуперации или возвращения их в технологический процесс;
- капитальными и эксплуатационными затратами;
- экологической обстановкой в регионе.

В зависимости от агрегатного состояния улавливаемого или обезвреживаемого вещества установки подразделяются на газоочистные и пылеулавливающие.

Аппарат очистки газа - элемент установки, в котором непосредственно осуществляется избирательный процесс улавливания или обезвреживания веществ, загрязняющих атмосферу.

В зависимости от метода очистки газоочистные аппараты подразделяются на семь групп:

- первая группа - сухие механические пылеуловители (гравитационные, инерционные и ротационные);
- вторая группа - мокрые пылеуловители (инерционные, конденсационные), скрубберы;
- третья группа - промышленные фильтры (рукавные, волокнистые, карманные, зернистые);
- четвертая группа - электрические пылеуловители (сухие, мокрые);

- пятая группа - аппараты химической очистки газа от газообразных примесей (адсорберы, абсорберы);
- шестая группа - аппараты термической и термокаталитической очистки газов от газообразных примесей (печи сжигания, каталитические реакторы);
- седьмая группа - аппараты других методов очистки (дезодорация и обеззараживание).

Средняя эксплуатационная степень очистки газовых выбросов в различных аппаратах и установках

Аппарат, установка	Эффективность	
	твердых и жидких	газообразных и
1	2	3
<u>Газовые выбросы котельных</u>		
Электрофильтры	85-95	—
Золоуловители ВТИ	88-90	—
Жалюзийные золоуловители	75-85	—
Групповые циклоны ЦН-15	85-90	—
<u>Аспирационный воздух от оборудования механической обработки материалов</u>		
а) Сухая очистка		

Аппарат, установка	Эффективность	
	твердых и жидких	газообразных и
1	2	3
Пылеосадочная камера	45-55	—
Циклоны ЦН-11	81-87	—
Конические циклоны СИОТ	60-70	—
Рукавные фильтры	98-99	—
Сетчатые фильтры (для волокнистой пыли)	93-96	—
б) Мокрая очистка		
Циклоны с водяной пленкой ЦВП, СИОТ	80-90	—
Пенные скрубберы	75-90	—
Низконапорные скрубберы Вентури	92-95	—

Аппарат, установка	Эффективность	
	твердых и жидких	газообразных и
1	2	3
<u>Вентиляционные выбросы при окраске изделий</u>		
Гидрофилтры	86-98	20-30
Адсорбция	—	92-95
Термическое дожигание паров растворителя	—	92-99
Каталитическое дожигание паров растворителя	—	90-99
<u>Вентиляционные выбросы при нанесении гальванопокрытий</u>		
Очистка от аэрозоля хромового ангидрида:		
Насадочные скрубберы с горизонтальным	90-95	—

Аппарат, установка	Эффективность	
	твердых и жидких	газообразных и
1	2	3
ходом газа		
Волокнистые туманоуловители ФВГ-Т	96-99	—
Волокнистый гидрофильтр «Сантехпроект»	87-90	—
Пенные аппараты ПГП-И	80-87	—
Очистка от паров кислот и щелочей:		
Пенные аппараты ПГП-И	—	80-95
Форсуночно-насадочные скрубберы	—	55-60
Встроенные в бортовые отсосы волокнистые	94-95	—

Аппарат, установка	Эффективность	
	твердых и жидких	газообразных и
1	2	3
фильтры		
Прочие аппараты химической очистки:		
Абсорбционный волокнистый фильтр	—	99
Волокнистый фильтр ФВГ-С-Ц	98	95

Область применения *циклонов* как самостоятельного средства санитарной очистки дисперсных выбросов в связи с усилением экологических требований постоянно сужается. В настоящее время их рекомендуется **использовать для предварительной очистки** и устанавливать перед устройствами с высокой степенью очистки – тканевыми или электрофильтрами. Весьма удачно использование циклонов **и в качестве брызгоуловителей** для некоторых способов мокрой очистки газовых выбросов.

Самостоятельно циклоны следует применять лишь в условиях, не допускающих использования устройств с высокой степенью очистки – для высокотемпературных сред, при возможности реакций в электрическом поле с образованием вторичных загрязнителей.

Не допускается применение циклонов типа ЦН в обычном исполнении для очистки взрывоопасных сред. Они не рекомендуются также для улавливания сильнослипающихся пылей.

Фильтры различают по типу структурных элементов пористого слоя. По этому признаку они классифицируются на волокнистые, тканевые и зернистые.

Волокнистые фильтры тонкой очистки используются для улавливания опасных тонкодисперсных (высокотоксичных, радиоактивных, бактериологически зараженных и др.) аэрозолей с последующим уничтожением или захоронением; в качестве туманоуловителей.

В качестве фильтрующей среды при этом применяют синтетические и металлические сетки или волокна, стекловолокно, полипропилен.

Различают

высокоскоростные грубоволокнистые фильтры, предназначенные для улавливания частиц крупнее 1 мкм,

низкоскоростные – для улавливания субмикронных частиц влаги. Максимальная допустимая температура очищаемой среды может достигать до 400°C.

В настоящее время выпускается множество конструкций тканевых фильтров. По форме фильтровальных элементов и тканей они могут быть рукавные и плоские, по числу секций – одно- и многосекционные.

Зернистые фильтры используют в газоочистке при невозможности применения тканевых из-за высокой температуры среды. Зернистые фильтры находят применение при обработке запыленных выбросов производства строительных материалов, предприятий химической промышленности, при получении редких металлов.

Для очистки выбросов от газообразных загрязнителей чаще всего применяют методы *конденсации, абсорбции, адсорбции и термообезвреживания*.

Посредством *конденсации* улавливают и возвращают в технологический процесс пары растворителей. Иногда конденсацию применяют для извлечения из газового потока ценных (дорогостоящих) или особо опасных веществ.

При экономически и технически приемлемых параметрах рабочей среды можно перевести в конденсированное состояние пары легкокипящих соединений (растворителей) с концентрациями не ниже $5...10 \text{ г/м}^3$. Конденсация более разбавленных загрязнителей представляет технически сложную задачу и требует значительных затрат.

Степень улавливания (глубина извлечения) загрязнителя зависит от степени охлаждения и сжатия газовых выбросов. В производственных условиях температуру и давление принимают такими, чтобы энергозатраты на конденсацию составляли незначительную долю общих затрат на технологию.

Поэтому степень извлечения даже дорогостоящих продуктов назначают невысокой, как правило, в пределах 70...80%. По этой же причине использовать конденсацию в качестве самостоятельного средства санитарной очистки (т.е. с глубиной извлечения до санитарных норм) неприемлемо.

Конденсационная обработка может успешно применяться в многоступенчатых схемах очистки выбросов.

Три направления в области газоочистки, где конденсация необходима:

1. Предварительное осаждение основной массы паров загрязнителей **перед адсорберами** при высокой степени загрязнения выбросов;
2. Извлечение паров, содержащих соединения фосфора, мышьяка, тяжелых металлов, галогенов **перед термообезвреживанием** смеси загрязнителей;
3. Конденсация загрязнителей после химической обработки с целью перевода в легкоконденсируемые соединения, например, **после хемосорбционных аппаратов**.

Абсорбционной обработке могут быть подвергнуты выбросы, загрязнители которых (CO_2 , H_2S , SO_2 , HCl , HF , NH_3 , NO_x , C_mH_n) хорошо растворяются в абсорбенте.

В качестве абсорбента чаще всего используются вода или органические жидкости, кипящие при высокой температуре (этанол, метанол).

В аппаратах с органическими абсорбентами можно **обрабатывать выбросы, не содержащие твердых примесей, которые практически не поддаются отделению** от поглотительной жидкости.

Для некоторых газовых загрязнителей можно применить химическую абсорбцию (*хемосорбцию*) – процесс, в котором подлежащий удалению загрязнитель (кислоты, NO_x) вступает в химическую реакцию с поглотителем и образует нейтральное или легко удаляемое из процесса соединение.

Такие процессы специфичны и разрабатываются конкретно для каждого вида выбросов и набора загрязнителей.

Самым универсальным средством очистки выбросов от газообразных загрязнителей в настоящее время остается *адсорбция*, а наиболее универсальным адсорбентом – активированный уголь.

Посредством адсорбции принципиально возможно извлечь из выбросов любой загрязнитель в широком диапазоне концентраций.

Однако высококонцентрированные загрязнители (с концентрациями более 5 г/м^3) **необходимо** подвергать **предварительной** обработке (конденсацией, абсорбцией) для **снижения их концентраций**.

Необходима также **предварительная** обработка (**осушка**) сильно увлажненных газов.

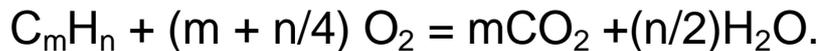
Перспективны к применению адсорбционные аппараты с возможностью рекуперации уловленных органических растворителей (сероуглерода, бензина, ацетона, толуола, ксилола, бутилацетата и др.).

Часто в качестве универсального средства очистки выбросов рассматривается *термообезвреживание*... каковым оно на самом деле не является.

Сущность термического способа очистки выбросов, содержащих газовые и твёрдые примеси органического происхождения (сажу, частицы углерода, древесную пыль и др.), заключается в **нагреве их до температур, превышающих температуру самовоспламенения токсичных компонентов** и выдержке их в присутствии кислорода.

При этом горючие компоненты выбросов переходят в менее токсичные или нейтральные вещества.

Например, реакция окисления углеводородов происходит с образованием углекислого газа и паров воды



Однако в термоокислительных процессах продукты окисления, выбрасываемые в атмосферу, содержат некоторое количество новых токсичных веществ – монооксид углерода CO и оксиды азота NO_x.

Вообще область применения термообезвреживания ограничена только соединениями, в молекулах которых нет других элементов, кроме углерода, водорода и кислорода. Получить нетоксичные продукты реакции любых других соединений с кислородом принципиально невозможно.

Термоокислительная обработка выбросов, загрязненных углеводородами или кислородными производными углеводородов, **ограничивается также по затратам топлива** на создание требуемых температур в зоне реакции (400...550°C для термokatалитической обработки и 800...1200°C для непосредственного термоокисления, т.е. сжигания в пламени).

Каталитическое дожигание беспламенно. В общем виде кинетику процесса каталитического окисления можно представить в виде пяти элементарных стадий:

1. Диффузия исходных веществ к поверхности катализатора
2. Адсорбция на катализаторе
3. Химическая реакция
4. Десорбция
5. Диффузия полученных веществ в свободное газовое пространство.

Каталитическое дожигание **применяется** для обезвреживания газоздушных выбросов, содержащих небольшие концентрации (не более 25% нижнего предела самовоспламенения) органических соединений, диоксида азота, оксида углерода, неприятнопахнущих веществ с окислением их на поверхности катализатора до элементарного состояния с попутным образованием углекислого газа и воды.

Каталитическое дожигание **неприменимо** для высококипящих соединений вследствие неполного сгорания и забивания поверхности катализатора. Катализаторы чувствительны к составу обезвреживаемых газов.

Так, некоторые элементы (фосфор, мышьяк, железо, ванадий, кремний, свинец, сера, галогены) даже в небольших количествах могут «отравлять» катализатор.

Аппарат каталитической очистки состоит из

- вентилятора для забора газовых выбросов,
- подогревателя до температур реакции начала каталитического окисления,
- реактора (катализатора),
- теплообменника для утилизации тепла очищенных газов. Теплота может быть использована для получения горячей воды, пара, или в балансе источника выделения вредности (например, для сушки окрашенных изделий).

Температура реакции окисления колеблется для различного типа катализаторов от 200 до 430 °С.

ПОНЯТИЕ МАЛООТХОДНОГО И БЕЗОТХОДНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Основным направлением рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды от загрязнений является создание мало- и безотходных технологических процессов.

Безотходное производство – форма организации технологических процессов, при которой отходы производства сведены к минимуму или полностью перерабатываются во вторичные материальные ресурсы. При безотходном производстве необходимо использование сбалансированных технологических схем с замкнутыми материальными и энергетическими потоками.

Создание безотходных производств является длительным процессом. Поэтому на пути к безотходному вводится понятие малоотходного производства. Под **малоотходным** понимается такой способ производства продукции, при котором вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарно-гигиеническими нормами, а часть сырья и материалов переходит в неиспользуемые отходы и направляется на длительное хранение или захоронение.

Важнейшим условием существования малоотходного производства является необходимость обезвреживания неиспользуемых отходов и в первую очередь токсичных.

При организации безотходного производства необходимо выполнить следующие требования.

1) К технологическим процессам:

- разработка технологических процессов, при внедрении которых снижается или практически исключается отрицательное воздействие на окружающую среду;
- комплексное использование сырья;
- использование непрерывных процессов;
- автоматизация производства.

2) К аппаратному оформлению:

- **оптимизация** размеров и **производительности** аппаратов;
- герметизация;
- использование новых конструкционных материалов и т.д.

3) К сырьевым и энергоресурсам:

- использование **качественного сырья**;
- **возможность замены сырья** и энергоресурсов на нетрадиционные, местные, попутно добываемые виды или отходы и т.п.

4) К использованию вторичных ресурсов:

- **возможность замены** первичных ресурсов **на вторичные** или отходы других производств.

5) К готовой продукции:

- **возможность возвращения** продукции в производственный цикл после ее физического и морального старения.

6) К обезвреживанию и ликвидации не утилизируемых отходов:

- **обоснование способов** обезвреживания и ликвидации, включая **конструкции** установок и сооружений;
- **оценка воздействия** на окружающую среду в зависимости от способа обезвреживания и ликвидации.

7) К организации производства:

- **цикличность** потоков;
- **обоснованность** района и **площадки строительства** с учетом фонового загрязнения окружающей среды, перспектив развития данного и других производств в регионе;
- **разработка нормативов**, ограничивающих воздействие на природную среду (ПДВ, ПДС, ПДЭН);
- учёт неорганизованных, залповых и других кратковременных выбросов;
- разработка мероприятий на случай неблагоприятных метеорологических условий;
- совершенствование экологической службы.

8) К комбинированию и кооперации предприятий (принцип системности):

- возможность комбинирования производств на основе **комплексного использования сырья** и энергоресурсов;
- возможность межотраслевой кооперации производств на основе переработки и **утилизации отходов** и вторичных ресурсов.

9) К экономике производства:

- расчет эффективности производства с учетом стоимости сэкономленных природных ресурсов и предотвращение экологического ущерба.

Оценку степени безотходности производства можно произвести по:

- а) степени использования природных ресурсов;
- б) отношению выхода конечной продукции к массе поступившего сырья и полуфабрикатов;
- в) количеству отходов, образующихся на единицу продукции.

Например, в угледобывающей промышленности применяется следующий расчет степени безотходности:

$$K = K_{ТВ} + K_{В} + K_{Г}, \%$$

где $K_{ТВ}$ – коэффициент использования породы, добываемой в результате горных работ;

$K_{В}$ – коэффициент использования попутно забираемой воды;

$K_{Г}$ – коэффициент использования отходов пылегазоочистки.

Коэффициент $K_{ТВ}$ (%) рассчитывают по формуле

$$K_{ТВ} = (M_1 + M_2) 100 / Q$$

где Q - общее количество пород, образующихся в результате ведения горных работ;

M_1 - количество пород, оставляемых в шахте для дальнейшего использования;

M_2 - количество пород, извлечённых на поверхность и использованных для тех или иных целей.

Коэффициент K_B (%) рассчитывают по формуле

$$K_B = (V_1 + V_2 + V_3) 100 / V$$

где V - общий объем забираемой воды;

V_1 - объем воды, используемой на собственные нужды;

V_2 - объем воды, забираемой для сельскохозяйственных работ;

V_3 - объем воды, сбрасываемой с очистных сооружений.

Расчет коэффициента K_r (%) проводят по формуле

$$K_r = M_{\text{ут}} 100 / M_{\text{об}}$$

где $M_{\text{ут}}$ - количество утилизированных отходов пылегазоочистки;
 $M_{\text{об}}$ - общее количество образующихся вредных веществ.

Министерство угледобывающей промышленности установило, что предприятие является безотходным (малоотходным), если $K > 75\%$.

Другой подход в оценке степени экологичности производства подразумевает расчёт его критерия экологичности.

Критерий экологичности $K_{\text{ЭК}}$ предлагается считать по формуле

$$K_{\text{ЭК}} = \sum m_i^{\text{Ж}} \frac{C_i^{\text{Ж}}}{\text{ПДК}_i^{\text{Ж}}} + \sum m_i^{\text{Г}} \frac{C_i^{\text{Г}}}{\text{ПДК}_i^{\text{Г}}} + \sum m_i^{\text{Т}} \frac{C_i^{\text{Т}}}{\text{ПДК}_i^{\text{Ж}}},$$

где $m_i^{\text{Ж}}$, $m_i^{\text{Г}}$, $m_i^{\text{Т}}$ – количество i -го токсичного компонента жидких, газообразных и твердых отходов соответственно;

$$K_{\text{эк}} = \sum m_i^{\text{ж}} \frac{C_i^{\text{ж}}}{\text{ПДК}_i^{\text{ж}}} + \sum m_i^{\text{г}} \frac{C_i^{\text{г}}}{\text{ПДК}_i^{\text{г}}} + \sum m_i^{\text{т}} \frac{C_i^{\text{т}}}{\text{ПДК}_i^{\text{ж}}}$$

$C_i^{\text{ж}}$, $C_i^{\text{г}}$, $C_i^{\text{т}}$ – концентрация i -го компонента в жидких, твердых, мг/дм³, и газообразных, мг/м³, отходах;

$\text{ПДК}_i^{\text{ж}}$ – предельно допустимая концентрация i -го компонента в воде рыбохозяйственных водоемов, мг/дм³;

$\text{ПДК}_i^{\text{г}}$ – предельно допустимая концентрация i -го компонента в воздухе населенных мест, мг/м³.

Для оценки токсичности твердых отходов предполагается использование ПДК^ж, т. к. при хранении твердых отходов возможно их растворение в атмосферных осадках, сточных и грунтовых водах.

Как видно из формулы, критерий экологичности учитывает жидкие, газообразные, твердые отходы.

В идеале, т.е. при безотходной технологии, коэффициент $K_{\text{ЭК}}$ равен нулю.

Предложенный критерий имеет четкую экологическую значимость, так как его значение зависит от количества отходов и от их токсичности, определяющих воздействие технологического процесса на окружающую среду. Следовательно, он может быть использован для сравнения традиционных технологических процессов получения товарной продукции с перспективными безотходными и малоотходными технологиями, что существенно облегчает оценку безотходности.